

C_nS

LA CHIMICA NELLA SCUOLA



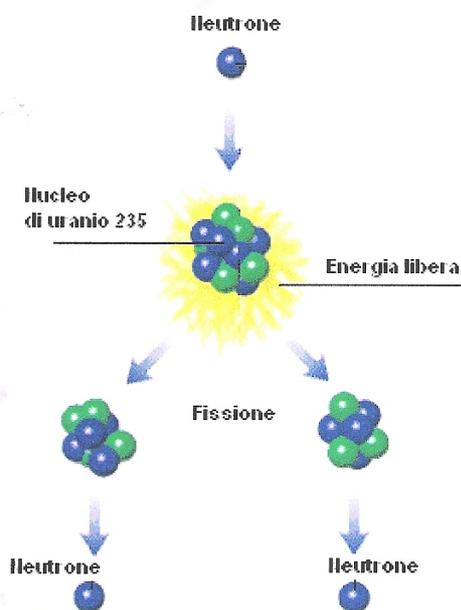
International Year of
CHEMISTRY
2011



*Tutto è difficile prima di essere semplice.
Un libro chiuso non è che un ceppo.
La cultura ha guadagnato soprattutto da
quei libri con cui gli editori hanno perso.*
(Thomas Fuller)



Lise Meitner



International Union of
Pure and Applied
Chemistry

**STORIA E DIDATTICA DELLE SCIENZE
CHIMICA E COMUNICAZIONE
DIDATTICA
EPISTEMOLOGIA
MUSEOLOGIA**

273

EDITORIALE

di Vincenzo Barone e Luigi Campanella

274

22nd ICCE e 11th ECRICE – Roma 15-20 luglio 2012

DALLA COPERTINA

275

Lise Meitner

di Gianmarco Ieluzzi

277

Paolo Mirone

di Pasquale Fetto

278

Premio James Flack Morris 2011

Ridefinire il legame idrogeno

I finanziamenti della IUPAC

Bureau international des poids et mesures (BIPM)

Il laboratorio di Jacob Berzelius a Stoccolma

di Luigi Campanella

279

Giochi e Olimpiadi della Chimica 2012: il calendario

280

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

Ricostruzione storica e analisi della grande stampa quotidiana

di Erminio Mostacci, Luigi Cerruti

297

“Chimica Ambiente”: esperimento riuscito.

Piria e i chimici pisani

di Valentina Domenici

298

Viaggio tra gli elementi della tavola periodica

Corrado Di Nicola, Ivan Timokhin, Fabio Marchetti, Riccardo Pettinari, Claudio Pettinari

319

Eupolos

di Luigi Campanella

Unioncamere

di Luigi Campanella

320

Conduttanza molare di soluzioni elettrolitiche: le acque minerali - Parte I.

Relazioni chimico-fisiche fondamentali nello studio della conduttanza

molare di soluzioni elettrolitiche

di Franco Calascibetta, Giuliano Moretti

TRA PASSATO E FUTURO

331

Vladimir Ivanovič Vernadsky: Biosfera e Noosfera

di Carlotta Zilioli

337

La fiamma: una fucina di idee

di Riccardo Carlini, Maria Maddalena Carnasciali

S

O

M

M

A

R

I

O

Cari Amici e Lettori di CnS,

Con questo numero, l'ultimo del 2011, il nostro giornale cessa di essere prodotto in formato cartaceo, mentre resta disponibile in formato elettronico. In effetti un ridotto numero di copie cartacee sarà mantenuto e messo a disposizione degli abbonati (stimati tra 120 e 150) non iscritti alla SCI, mentre tutti i soci SCI potranno fruire del giornale nel suo formato elettronico. Questa modifica non inciderà assolutamente sulla qualità dei contenuti: essa infatti risponde soltanto a precise esigenze di bilancio.

Anzi è nostra intenzione -proprio per dimostrare che questo cambiamento non ha altre motivazioni che quelle economiche- cercare di migliorare ulteriormente il contenuto di CnS, integrando in esso le parti più strettamente legate alla scienza dell'educazione chimica con quelle più pratiche ed operative, anche correlate alle attività di laboratorio, veri supporti e guide per gli insegnanti di chimica delle scuole di ogni ordine e grado (primarie e secondarie).

Cogliamo l'occasione di questo messaggio anche per segnalarvi l'esistenza nel giornale - ormai da qualche numero - di rubriche "leggere" che hanno riscosso un generale interesse, ma che, basandosi su notizie flash non possono prescindere dall'aiuto e dalla collaborazione di tutti.

L'anno che è da poco iniziato è molto importante: infatti celebreremo nel prossimo luglio a Roma il doppio evento IUPAC - ECUCHEMS ICCE/ECRICE 2012 dedicato alla 'Chemical Education'.

Sarebbe utile ed oltremodo opportuno che tutti ci impegnassimo per il massimo successo dell'iniziativa e soprattutto per una partecipazione la più ampia e qualificata possibile, a dimostrazione del grande impegno nel panorama e nella comunità chimica di docenti ed educatori.

Si tratta di formare ed educare esaltando nel percorso formativo, sino dalla alfabetizzazione chimica, le tre caratteristiche principali della nostra disciplina, che sono la flessibilità (filoecologia vs filotecnologia), la creatività (innovazione di prodotto e di processo), il carattere induttivo della conoscenza (sperimentare sempre!).

Vincenzo Barone Presidente SCI**Luigi Campanella Direttore CnS**

22nd ICCE e 11th ECRICE
Roma 15 - 20 luglio 2012



**L' International Conference on Chemistry Education (ICCE) e
l' European Conference on Research In Chemical Education (ECRICE) si
svolgeranno, per la prima volta, congiuntamente a Roma.**

L'evento è organizzato dalla Società Chimica Italiana.

Presidente della Conferenza

Prof. Luigi Campanella - Past President SCI

Tutti i dettagli all'indirizzo: www.iccecrice2012.org

Lise Meitner

(Vienna 1878-Cambridge 1968)

di
Gianmarco Ieluzzi



Parlare della vita e dell'imponente lavoro di ricerca di Lise Meitner implica affacciarsi in un periodo d'oro per la storia della scienza e in tempi bui e deliranti per la storia dell'Europa. Il rigore morale e scientifico della Meitner, infatti, si incardinano all'interno delle mirabolanti scoperte della fisica atomica del XX secolo, scontrandosi tuttavia con un mondo scientifico maschilista che guardava con diffidenza, se non con fastidio, il nuovo ruolo delle donne nella ricerca scientifica, e con le deliranti politiche nazionaliste che squassarono buona parte del mondo. Ella fu la terza di otto figli di Philipp Meitner e Hedwig Skovran, di origine ebraico-galiziana, i quali educarono la loro prole in un clima di libertà religiosa, all'interno del contesto di una Vienna che viveva i fasti e lo splendore dell'impero asburgico. Nonostante la predisposizione allo studio e i buoni risultati ottenuti, la Meitner fu costretta a interrompere la propria educazione scolastica a quattordici anni poiché la legislazione allora vigente all'interno dei confini dell'Impero austro-ungarico non consentiva un percorso scolastico femminile nelle scuole superiori, tantomeno per l'università. Sicché fu costretta a iscriversi all'unica possibile scuola con accesso consentito alle ragazze, finalizzata in modo preminente allo studio della lingua francese, viatico necessario per il lavoro di istitutrice. A diciotto anni, nel 1896, si diplomò nell'unico istituto femminile, ottenendo la possibilità di insegnare francese. Un paio di anni dopo, la legislazione in materia di educazione femminile cambiò e così la Meitner fu in grado di sostenere gli esami finali di profitto al liceo, avendo avuto la possibilità di studiare privatamente. Il padre della Meitner era un avvocato, stimato e benestante e permise alla figlia di portare avanti il proprio progetto di studi, benché non le nascondesse le difficoltà che la società di allora le avrebbe riservato e benché nutrisse per la vita della figlia altre aspirazioni. Ottenne il diploma nel 1901 e nello stesso anno poté iscriversi all'Università. Furono soltanto due le studentesse a seguire il corso di studi in Fisica: Lise Meitner e Selma Freud. Va detto che la loro presenza non era certamente favorita, sia poiché in molti docenti era profondamente radicato il convincimento di una connaturata non predisposizione femminile per la scienza (come risulta dal lavoro di Kirschhoff, *Die Akademische Frau*, Berlin, Hugo Steinik Verlag, 1897, in cui intervista un centinaio di intellettuali e accademici per conoscerne il parere al riguardo), sia poiché la presenza delle donne creava problemi reali che per l'epoca sembravano irrisolvibili, problemi come la compresenza dei due sessi all'interno delle strutture dei laboratori e la mancanza totale di servizi igienici per le donne. Ciò nonostante nel 1906 discusse la tesi di dottorato con Ludwig Boltzmann concernente il tema della conduzione del calore nei materiali disomogenei. La prematura morte del fisico, avvenuta nel medesimo anno, la privò della sua guida intellettuale e così l'anno seguente si recò a Berlino, il centro culturale dell'impero, a studiare con Max Planck. Costui non fu subito persuaso a prendere la giovane fisica presso di lui, sia perché donna sia per il suo dichiarato impegno ontologico a favore della nascente fisica quantistica. Tuttavia la Meitner poté seguire le lezioni del fisico berlinese e dopo un anno ne divenne assistente, facendo radicalmente cambiare a Planck il giudizio su di essa. Arrivò a Berlino come una perfetta sconosciuta (aveva a suo carico pochissime pubblicazioni) ma le fu possibile inserirsi in una delle comunità scientifiche di spicco in quegli anni. Lei stessa ricorderà che l'occasione di lavorare con Planck fu «il passaporto per l'attività scientifica agli occhi della maggior parte degli scienziati, e una grande spinta per superare i pregiudizi diffusi nei confronti delle donne universitarie.»

Fu in questo ambiente che conobbe Otto Hahn, un chimico e fisico che insegnava nell'istituto del famoso chimico Emil Fischer, e in questo istituto la Meitner ottenne un posto grazie all'interessamento di Planck. Quando Hahn ebbe finalmente a disposizione un dipartimento di radiochimica presso il Kaiser Wilhelm Institut poté chiamare la Meitner a collaborare, inizialmente solo come 'ospite', e successivamente, nel 1913, ottenne dall'amministrazione che le fosse corrisposto un regolare stipendio.

Lavorarono insieme iniziando una lunga collaborazione scientifica e una forte amicizia; si occuparono dell'assorbimento della radiazione beta, di nuove sorgenti beta-emittenti, e anche di un metodo di analisi per preparazioni radioattive. Le loro ricerche furono possibili grazie al fatto di aver essi stessi interpretato correttamente il fenomeno del rinculo atomico (osservato per la prima volta nel 1904 dalla fisica Harriet Brooks) nella trasformazione dei raggi alfa. Pubblicarono i lavori con i nomi di entrambi, anche quando il grosso del lavoro fu portato avanti dalla Meitner, perché, come ella stessa affermò, era necessario: « noi firmammo insieme a quel tempo, perché egli era molto più conosciuto di me ».



Lise Meitner in laboratorio con Otto Hahn

Lo scoppio della Prima Guerra la indusse ad arruolarsi come infermiera nell'esercito della sua patria, mentre Hahn fu chiamato alle armi. Le fu concesso di trascorrere molto tempo in laboratorio e così fu in grado di portare avanti le sue ricerche con ottimi risultati, tanto che, quando il dipartimento di radiochimica fu diviso nella sezioni radioattività chimica e radioattività fisica, le fu affidata la gestione della sezione fisica. Nel 1917 insieme a Hahn scoprirono il protoattinio e pochi anni dopo le venne conferito il titolo di professore, anche se i contrasti e il sarcasmo nel mondo accademico furono ancora molto presenti, come testimonia il famoso episodio di una rivista che nel 1926 scrive «l'Esimia Professoressa Meitner ha inaugurato l'anno accademico con una lezione di fisica cosmetica» invece che cosmologica. Durante quegli anni dimostra invece una grande creatività scientifica, occupandosi di molte questioni: scopre l'effetto che un paio d'anni dopo sarà chiamato Auger, dal nome del fisico che lo misurò sperimentalmente, osserva l'emissione gamma nei decadimenti radioattivi, si occupa del neutrino quando ancora questa particella non ha il nome con cui lo conosciamo, osserva in una camera a nebbia l'accoppiamento positrone-elettrone. Inoltre la sua affermata autorevolezza è attestata dagli inviti che le vennero rivolti per parlare alle conferenze Solvay. E poi però arrivarono gli anni bui e tremendi: Hitler salì al potere, gli accademici di origine ebraica vennero allontanati, le donne dovettero avere solo incarichi domestici. La Meitner, che si era convertita al protestantesimo, e avendo cittadinanza austriaca, non si preoccupò della situazione, tanto più che l'Istituto per cui lavorava non era statale. Rifiutò sia l'invito di Otto Frisch, il quale era con Niels Bohr a Copenaghen, di trasferirsi nei loro laboratori sia l'invito di Einstein, che come è noto la chiamava la nostra Madame Curie, a raggiungerlo negli Stati Uniti. Insieme con il giovane Fritz Strassmann, riprese a collaborare con Hahn dopo un lungo periodo di lavoro indipendente. Si occuparono dello studio degli elementi transuranici prodotti dal bombardamento con neutroni di uranio e torio, all'interno di un serrata competizione con il gruppo francese di Joliot-Curie e altri gruppi. Alla fine del 1938 furono però i berlinesi ad annunciare di avere scoperto la fissione nucleare, attraverso cui nuclei bombardati con neutroni si spezzano in parti quasi uguali, e liberano una enorme energia. Tutto però precipita con l'Anschluss, l'annessione dell'Austria da parte della Germania. La Meitner dovette ripartire precipitosamente in Svezia. In territorio svedese, la fisica austriaca insieme al nipote Otto Frisch interpretò correttamente il fenomeno e lo chiamò appunto fissione; in territorio tedesco Hahn e Strassmann si apprestarono a pubblicare il lavoro, che apparve su Nature il 16 febbraio 1939 e che era stato preceduto da un'indiscrezione di Niels Bohr durante una conferenza internazionale di fisica negli Stati Uniti. La fisica nucleare in quegli anni passò in buona misura nelle mani militari, la tensione bellica crebbe per poi esplodere dando origine alla Seconda Guerra Mondiale. Nel 1946 Hahn ricevette il Premio Nobel per la Fisica attribuitogli nel 1944. Lo ricevette prigioniero, catturato dagli inglesi poiché fece parte (a onor del vero ricoprendo un ruolo marginale) del progetto tedesco per realizzare un ordigno atomico. Strassmann non ne fece parte perché fu ritenuto inaffidabile: nei primi anni del periodo nazista aveva protestato contro l'allontanamento degli ebrei dalle accademie; e fu così per sua fortuna che riuscì a evitare perquisizioni e controlli a casa propria, dove nascondeva un amico ebreo. Il nome di Strassmann è ricordato da un albero, sul Viale dei Giusti, presso lo Yad Vashem, il museo gerosolimitano, memoriale dell'Olocausto. Nessun riconoscimento venne conferito invece alla Meitner per il suo fondamentale contributo al lavoro sulla fissione, nonostante le rimostranze di alcuni conoscenti della fisica austriaca, la quale rimase, come è ovvio dal punto di vista umano e del percorso professionale, amareggiata e delusa. Quando nel 1943 venne avviato il Progetto Manhattan,

Oppenheimer le chiese di prenderne parte, ma ella rifiutò con fermezza. Lise Meitner e Fritz Strassmann dichiarano pubblicamente che Otto Hahn aveva indubbiamente meritato il Premio Nobel, e non solo per il risultato della fissione. La Meitner però rimproverò anche al compagno di più di trent'anni di ricerca scientifica e a Strassmann il suo essere stato tiepido nei confronti dell'opposizione alla barbarie nazista: «Avete lavorato tutti quanti per la Germania nazista, per placarvi la coscienza avete aiutato qua e là un perseguitato, ma avete lasciato che milioni di esseri umani fossero assassinati senza la minima protesta».

Dopo la Seconda Guerra Mondiale la Meitner dovette ricominciare il suo percorso scientifico, ripartendo da zero, e accontentandosi dell'incarico di assistente. Nel 1954 venne pensionata e nel 1960 si ritirò a vivere a Cambridge vicino al nipote. Continuò con affetto a scrivere all'amico di sempre, Otto Hahn, fino alla morte di questi avvenuta il 28 luglio 1968. Tre mesi dopo anche la Meitner morì e nel 1977 in suo onore venne battezzato un nuovo elemento con il nome di meitnerio.

Fonti

Ruth Lewin Sime: *Lise Meitner: a life in Physics*, University of California Press, Los Angeles 1996

<http://jwa.org/encyclopedia/article/meitner-lise>



Paolo Mirone

19 luglio 1926 – 9 gennaio 2012

“Una vita dedicata all'attività e alla ricerca nella didattica della Chimica”

Con questa motivazione la Divisione di Didattica gli conferì la **Medaglia Gabriello Illuminati** al Congresso SCI – Firenze 2006

Ricordare il prof. Paolo Mirone non come scienziato bensì come “Uomo” e delinearne la personalità in poche righe non è facile nonostante ho avuto il piacere di conoscerlo durante il periodo in cui, come redattore di CnS – la Chimica nella Scuola, collaboravo con Paolo che ne era il Direttore. Per me era un amico sincero. Uomo modesto, schivo con una grande bontà d'animo. Cosa dire! Ero affascinato dalla sua semplicità che incuteva rispetto e ammirazione. Imparai ad apprezzarlo come Uomo di Scienza acuto ed appassionato. Allo scienziato si univa il cultore per le scienze umanistiche che traspariva in ogni istante della sua attività editoriale. Alla rigidità del linguaggio univa la correttezza scientifica che era alla base della sua attività di docente. La sua attività di ricerca a partire dagli anni ottanta, in cui è stato coordinatore del progetto di ricerca nazionale “Insegnamento e apprendimento della Chimica in Italia”, si è sempre più rivolta alle problematiche connesse alla didattica della Chimica sia a livello Universitario che di Scuola Superiore. Questa attività è documentata in numerosi lavori pubblicati su CnS-La Chimica nella Scuola.

Pasquale Fetto



Premio James Flack Norris 2011
Ridefinire il legame idrogeno
I finanziamenti della IUPAC
Bureau international des poids et mesures (BIPM)
Il laboratorio di Jacob Berzelius a Stoccolma



Peter Mahaffy

Peter Mahaffy, uno dei membri del Comitato Scientifico Internazionale di ICCE-ECRICE 2012, (il doppio prestigioso evento IUPAC-EUCHEMS dedicato alla didattica della chimica che si svolgerà a Roma nel luglio del 2012) è stato insignito del premio James Flack Norris 2011 per i risultati conseguiti nell'insegnamento della chimica con metodi innovativi capaci di aiutare educatori, studenti, scienziati e comuni cittadini nella comprensione degli stretti legami fra chimica e vita di tutti i giorni. Mahaffy all'interno del Centro per la visualizzazione della scienza ha creato e continuamente implementa risorse digitali di insegnamento in un sito visitato ogni mese da oltre 10.000 utilizzatori provenienti da 70 Paesi nel mondo per comprendere differenti aspetti della chimica ambientale e alimentare, ma anche della fisica, delle meteorologia attraverso lo sforzo di visualizzare quanto più possibile i fenomeni e processi descritti (vedere è meglio di leggere).

Il termine legame idrogeno è stato usato nella letteratura da quasi un secolo. Mentre la sua importanza è stata compresa dai fisici, da chimici, dai biologi, dagli scienziati della materia c'è sempre stato un dibattito per stabilire cosa questo termine significhi. Questo dibattito ha intensificato alcuni risultati sperimentali dell'ultimo decennio, che hanno contribuito significativamente a chiarire il concetto di legame idrogeno. I più importanti fra questi risultati sono la diretta evidenza sperimentale per una natura parzialmente covalente e l'osservazione di uno spostamento nella frequenza di stretching seguente alla formazione del legame idrogeno, sulla base dei quali l'IUPAC considera indispensabile, anche in relazione agli avanzamenti teorici, una ridefinizione di questo legame.

Il 2011 è stato per la chimica un anno a 2 facce: da un lato l'Anno Internazionale della Chimica con le sue moltissime iniziative finalizzate a "comunicare la chimica" come disciplina creativa e flessibile capace di influenzare positivamente la qualità della vita nei suoi principali aspetti di salute, alimentazione sicura, ambiente protetto; dall'altro la crisi economica mondiale che ovviamente ha condizionato le risorse a disposizione. Per fortuna la sensibilizzazione verso la chimica ha consentito di ridurre al minimo quest'ultimo riflesso negativo, tanto che IUPAC aveva preventivamente messo in bilancio 500.000 dollari americani, ma ne ha poi potuto spendere oltre un milione grazie alle sponsorizzazioni.



**Bureau International
des Poids et Mesures**

L'ufficio Internazionale di Pesì e Misure da tempo medita alla ridefinizione del chilogrammo che è la sola unità di base ancora legata ad un artefatto, tanto che in un recente convegno dell'Ufficio è stata formalizzata la decisione di pervenire ad una ridefinizione di chilogrammo, ampere, kelvin e mole in termini di invarianti naturali (costante di Planck, carica elementare, costante di Boltzmann). A corredo un po' di storia. Il sistema metrico di misura è al servizio della comunità scientifica internazionale da metà del diciannovesimo secolo. Tre furono le unità di base considerate per misurare distanze, massa, tempo, (centimetro, grammo, secondo: sistema CGS evoluto poi in metro, kilogrammo secondo: sistema MKS). L'Ampere è divenuta la quarta unità nel 1946 alla quale nel 1954 si aggiunsero due altre unità, la candela ed il Kelvin e nel 1971 la mole. La definizione di ciascuna unità di base ha subito un'evoluzione continua in corrispondenza di miglioramenti nella misura e di abbreviamenti delle precedenti definizioni. Il sistema è cioè dinamico nel senso di evolversi per rispondere alle richieste crescenti di misura da parte di tutto il mondo.



Jöns Jacob Berzelius

La Svezia ha una lunga tradizione nello studio ed analisi dei minerali. La ricerca svedese ha da sempre prodotto risultati utili a tale tradizione. Durante la prima decade del 19° secolo il laboratorio di Jacob Berzelius a Stoccolma divenne il centro di questa attività. Dal 1803 al 1843 Berzelius ed i suoi allievi scoprirono non meno di 10 elementi, molti di essi con una tecnica molto semplice, la distillazione e li caratterizzarono. Alcuni degli elementi scoperti da chimici svedesi sono cobalto, nichel manganese, molibdeno, ossigeno, tantalio, ceno, selenio, zirconio, silicio, vanadio, litio, lantanio, olmio.

Giochi della Chimica e Olimpiadi Internazionali 2012

Il calendario

Scadena iscrizioni: 14 aprile 2012

Finali regionali: 21 Aprile 2012, ore 10:00 (tutte le sedi)

Premiazioni regionali: 5 maggio 2012 (nelle sedi)

Finale nazionale: 18 Maggio 2012, (17-19 Maggio 2012) Frascati (Roma)

Selezione Olimpica: 19 Maggio 2012

Allenamento squadra italiana: 11-16 Giugno e 16-21 Luglio 2012

Collegio “Plinio Fraccaro”, Pavia

XLIV IChO (Olimpiadi della Chimica)

21-30 Luglio 2012, Washington, DC (USA)

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

Ricostruzione storica e analisi della grande stampa quotidiana

Erminio Mostacci, Luigi Cerruti

Dipartimento di chimica Generale e Chimica Organica, Università di Torino
erminio.mostacci@unito.it - luigi.cerruti@unito.it

Riassunto

La tragedia di Bhopal rappresenta ancora oggi il più immane disastro chimico della storia, per gravità, estensione territoriale e temporale degli effetti. Lo studio del contesto e delle molte cause concomitanti rendono conto di uno scenario quasi allucinante. Quanto accaduto è in massima parte imputabile a una gestione del tutto sconsiderata ed orientata alla mera riduzione delle spese di manutenzione e controllo, a prezzo di una totale colpevole carenza nella salvaguardia della sicurezza, della salute e in definitiva nella tutela di tutto l'ecosistema circostante.

La stampa quotidiana nazionale ebbe un certo ruolo nell'informare su quanto accaduto solamente nel brevissimo periodo. Nonostante le cifre del disastro dimostrassero quanto fosse terribile l'impatto sociale, economico ed ambientale, sin dai primi giorni, la notizia di Bhopal, a causa di un marcato effetto "distanza" fu confinata nelle pagine interne di approfondimento tematico. In ogni caso, come per il disastro di Seveso, l'analisi dei testi giornalistici attraverso lo studio per campi semantici permette la valutazione del processo informativo nel suo complesso.

Abstract

The tragedy of Bhopal is still in severity, spatial and temporal extent of effects the most appalling chemical disaster in history. The thorough study of the context and of the many concurrent causes realize a scenario almost hallucinatory. What happened is largely attributable to a management-oriented and economic entirely bad idea simply to reduce the costs of maintenance and supervision to total price of a guilty weakness in the protection of safety, health and ultimately the entire surrounding ecosystem.

The national daily press had a role in informing about what happened only in the short term. Despite the figures showing how terrible the disaster was the social, economic and environmental impacts, since the early days, news of Bhopal, for a marked effect due to "distance" was confined to the inside pages of thematic investigation.

In any case, as the Seveso disaster, it is considered necessary to an analytical process through the study of semantic fields in order to evaluate the evolution of the information process as a whole.

Il disastro verificatosi a Bhopal in India nel dicembre 1984 è stato il più tragico nella storia dell'industria chimica [1], e malgrado la grande distanza geografica colpì fortemente l'opinione pubblica italiana. La nostra indagine sui drammatici eventi di Bhopal si inserisce in una ricerca più ampia sulla comunicazione giornalistica nei riguardi della chimica negli ultimi decenni, ricerca che finora è stata condotta in riferimento a *tempi di crisi d'immagine della chimica* e che successivamente riguarderà *tempi favorevoli* all'immagine della nostra disciplina, come al momento del lancio in Italia di *Responsible Care*. È evidente che l'analisi della comunicazione sui quotidiani deve essere preceduta dallo studio degli eventi dal punto di vista storico e da quello scientifico-tecnologico, così che si abbiano tutti gli strumenti conoscitivi per definire al meglio sia lo stretto rapporto tra chimica e sicurezza ambientale, sia l'intreccio nella comunicazione delle più diverse tematiche, dalla sanità alle ricadute economiche. Il presente contributo prosegue il discorso iniziato con due articoli di analisi dell'incidente di Seveso [2,3]. Le finalità generali che intendiamo perseguire sono le stesse già poste in evidenza nei contributi appena citati, con l'intenzione di costruire e fornire mezzi adeguati per un'interpretazione critica dei fatti esaminati, facendo comunque riferimento ad adeguate nozioni scientifiche di base per intervenire con l'autorevolezza necessaria negli importanti processi formativi dei nostri studenti.

La nostra analisi consta di due parti fortemente connesse. Nelle prime sezioni consideriamo in dettaglio quanto accaduto, esponendo le situazioni di contesto dell'insediamento produttivo di Bhopal e le cause effettive, tecniche e di *management* aziendale che hanno portato al disastro. Il successivo filone della nostra ricerca è dedicato ai modi e ai tempi della comunicazione così come si è attuata in tre importanti quotidiani nazionali: *La Stampa*, *La Stampa Sera* e *La Repubblica*. Per ricomporre il difficile mosaico della comunicazione a mezzo stampa quotidiana affronteremo lo studio con un metodo sostanzialmente analogo al nostro secondo contributo, esaminando prima gli aspetti quantitativi inerenti il numero e l'impaginazione degli articoli e la loro evoluzione nel tempo, e poi procedendo a un'analisi di carattere semantico, utilizzando parole chiave ed impostazioni metodologiche già messe a punto in precedenza. Si raffronteranno le politiche editoriali delle diverse testate rispetto al caso esaminato, così come si tenterà d'individuare analogie e differenze con quanto le nostre precedenti analisi hanno riscontrato nello studio del caso Seveso.

Per procedere sul versante storico e valutativo, e per esporre considerazioni di sicuro valore tecnico-scientifico ci si è avvalsi di articoli e contributi importanti apparsi su riviste professionali italiane e straniere quali *La Chimica e l'Industria* [4,5] e *Nature* [6], delle quali riportiamo in nota gli articoli maggiormente significativi. Abbiamo ritenuto ne-

cessario aggiungere come fonti anche le molte risorse di diverso genere reperibili in Internet, quali, ad esempio quelle tratte da Wikipedia nella versione inglese [7] e italiana [8] per informazioni di carattere generale, dai siti di Greenpeace [9], dell'Union Carbide [10], dell'Environmental Protection Agency (EPA) [11] e del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [12].

Per completare il quadro della sezione tecnica del nostro studio, abbiamo fatto riferimento costante anche ad alcune pubblicazioni di grande valore per completezza dei dati e per profondità degli approcci d'indagine impiegati. Pertanto ne riportiamo in nota i riferimenti principali [13,14,15].

Introduzione storica [16]

Nella notte del 3 dicembre 1984 avvenne un gravissimo incidente all'interno dello stabilimento della azienda indiana UCIL (Union Carbide of India Limited) consociata della multinazionale americana Union Carbide. Gli impianti della UCIL si trovavano in India, nella regione centrale del Madhya Pradesh, e precisamente nella città di Bhopal.



Figura 1. Mappa politica dell'India

La UCIL deteneva una quota pari approssimativamente al 51% del capitale societario e lo stato indiano ne possedeva la parte restante. Ciò è di una certa rilevanza rispetto alla durissima opposizione da parte delle autorità di governo nei confronti dell'ipotesi di chiusura completa dello stabilimento di produzione già deliberata nel 1981 da parte della direzione della casa madre, a causa delle difficoltà economiche create dai cali di produzione e di redditività dell'impresa. A fronte della recisa opposizione delle autorità statali indiane, fu però deciso di continuare la produzione, ma di ridurre drasticamente tutte le spese destinate alla ricerca, alla formazione del personale, e soprattutto alla manutenzione dei sistemi di sicurezza e controllo. Nel 1984 lo stabilimento funzionava a circa un quarto della sua potenzialità produttiva, per una decrescita consistente della domanda del mercato e per l'agguerrita concorrenza di altri produttori di pesticidi.

Come considerazioni rilevanti per una valutazione adeguata dello scenario complessivo devono essere considerati sia la localizzazione dell'impianto in una zona ad elevata densità di popolazione, con un numero di abitanti di quasi un milione di persone, sia l'ubicazione del complesso produttivo in una zona centrale, prossima alla stazione ferroviaria, sia ancora la vicinanza ai quartieri più poveri e sovrappopolati.

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

Così, in un simile scenario urbano, si verificò il più immane disastro chimico della storia a causa della dispersione nell'ambiente di una quantità imprecisata, ma dell'ordine di grandezza delle decine di tonnellate, di isocianato di metile (MIC) e di altri sottoprodotti di degradazione e condensazione, estremamente tossici. Peraltro gli effetti del disastro dopo più di 25 anni non sono stati ancora risolti anche per il progredire di un inquinamento diffuso del terreno e delle falde acquifere [17,18] e per i complessi aspetti economici, giudiziari e penali.

Vi furono due esodi di massa dalla regione, anche con mezzi improvvisati e pericolosi, un primo di circa 400.000 persone e un secondo di 200.000, come è riportato nel rapporto contenuto nel volume di J.K. Mitchell:

Le crisi industriali sono processi caratterizzati da gravi distruzioni e danni che hanno origine nelle stesse attività industriali e negli impianti tecnologici. Essi colpiscono le persone, le proprietà, e l'ambiente naturale. Le comunità, le aziende e le agenzie governative a volte sono da ristrutturare a seguito di queste crisi [19].

Il dramma di centinaia di migliaia di 'profughi ambientali' testimonia una situazione di crisi generalizzata con effetti dirompenti sull'intera struttura sociale e produttiva indiana sotto moltissimi profili, fra i quali sono da ricordare quelli sanitari, ambientali, civili, sociali, economici che ebbero risvolti pesantissimi pure a lungo termine (Vedi anche l'inserito).

Aspetti sanitari ed effetti ambientali

Per avere un'idea anche solo approssimativa dei danni spaventosi provocati dalla dispersione della nuvola del gas proveniente da quella che venne subito definita come la "fabbrica della morte", possiamo segnalare alcuni dati sperimentali relativi a studi effettuati da agenzie *super partes* estremamente autorevoli. In particolare l'Environmental Protection Agency (EPA) e l'Occupational Safety Health Administration (OSHA) già all'epoca avevano stabilito che il livello massimo di esposizione al MIC negli ambienti di lavoro non poteva superare 0,02 parti per milione nell'arco di 8 ore [20].

Rispetto al dato quantitativo estremamente basso di esposizione per il MIC, ci sembra interessante richiamare le definizioni ufficiali di TLV-TWA [21]. Risulta chiaramente evidente che con la massiccia fuoriuscita avvenuta, tali livelli di guardia furono superati di svariati ordini di grandezza per cui gli effetti sulla popolazione, sugli animali, sulla vegetazione e sull'ambiente nel suo complesso furono letteralmente devastanti sia a breve, sia a medio-lungo termine.

Si ebbe l'avvelenamento di decine di migliaia di abitanti e la morte immediata di oltre 2200 persone. Purtroppo pochi giorni dopo il numero delle morti accertato dal governo locale salì a circa 3400, ma autorevoli agenzie, a posteriori, stimarono che esso fosse decisamente più elevato e almeno pari a 15000 vittime. Indagini svolte nel 2006 da parte di agenzie del governo indiano fanno ammontare a quasi 560.000 casi i danni rilevabili sulle persone con numeri variabili da 4000 a oltre 10000 per i casi di gravi invalidità permanenti e di cecità.

Da autorevoli studi recenti di Greenpeace e di altre associazioni di controllo ambientale, risulta conclamato che prodotti tossici siano tuttora presenti nel complesso industriale abbandonato, giacché non sono state intraprese significative e radicali opere di bonifica e contenimento, e che a tutt'oggi l'inquinamento delle zone circostanti stia ancora espandendosi, soprattutto a livello delle falde acquifere.

Sono in corso ancora svariati procedimenti civili e penali, sia presso le Corti di giustizia americana, sia in quelle indiane. Nel 2010 il tribunale di Bhopal ha pronunciato un'importante sentenza di colpevolezza per omicidio colposo e grave negligenza nei confronti di alcuni dirigenti indiani della consociata indiana della Union Carbide UCIL, ma la condanna a soli due anni di detenzione è ovviamente risultata assolutamente inconcepibile da parte della società civile e degli attivisti di tutte le organizzazioni ambientali.

Caratteristiche chimico-fisiche delle reazioni di sintesi e di quelle parassite

I motivi specifici per cui si verificò il disastro sono ancor oggi piuttosto controversi e certamente devono essere ascritti a tutta una sequela di concause strettamente interrelate, ma in gran parte riconducibili a scelte di carattere meramente economico piuttosto che tecnico, già descritte nei paragrafi introduttivi.

Il metil isocianato era ottenuto per reazione a due stadi fra fosgene e metilamina e veniva impiegato nell'impianto di Bhopal come intermedio per la produzione del Sevin o Carbaryl (1-naftil-N-meticarbammato) che si otteneva per reazione con l' α -naftolo. In Figura 2 è mostrato lo schema dell'intero processo di sintesi [22].

La quantità massima tollerabile di fosgene presente nel prodotto finito doveva essere confinata attorno allo 0,02%, ma in realtà pare che fosse ben 100 volte più elevata. A causa dell'elevata quantità di fosgene residuo, si aveva nell'impianto un maggiore quantitativo di acido cloridrico che è da ritenersi responsabile dei diffusi processi corrosivi nei serbatoi e nelle tubazioni. Sempre all'acido cloridrico può essere imputata, almeno in parte, l'inefficienza generale della valvole e delle flange di tenuta.

È da rilevare che già la sola presenza di un'anormale ed elevata quantità di fosgene rappresentava comunque una sorta di spada di Damocle rispetto alla sicurezza dell'intero complesso produttivo, visto che tale gas, tristemente noto come iprite, fu impiegato come terribile gas asfissiante – vescicante nella prima guerra mondiale. In effetti, secondo autorevoli studi successivi effettuati a Bhopal, alcuni degli effetti più gravi riscontrati sono da imputare anche alla presenza di fosgene e acido cianidrico nella miscela dispersa nell'ambiente.

Il MIC è in fase liquida fino alla temperatura di 38° C, è caratterizzato da estrema tossicità, volatilità ed infiammabilità e deve essere necessariamente stoccato in serbatoi refrigerati, secondo procedure di sicurezza specificatamente previste che esamineremo nei dettagli essenziali dopo averne elencato le più importanti proprietà chimico-fisiche [23]. Esse sono le seguenti: punto di ebollizione 39,1° C, tensione di vapore di 348 mmHg a 20° C, peso specifico doppio rispetto all'aria, estrema reattività con acqua, a causa soprattutto dei due doppi legami cumulati [CH₃N=C=O].

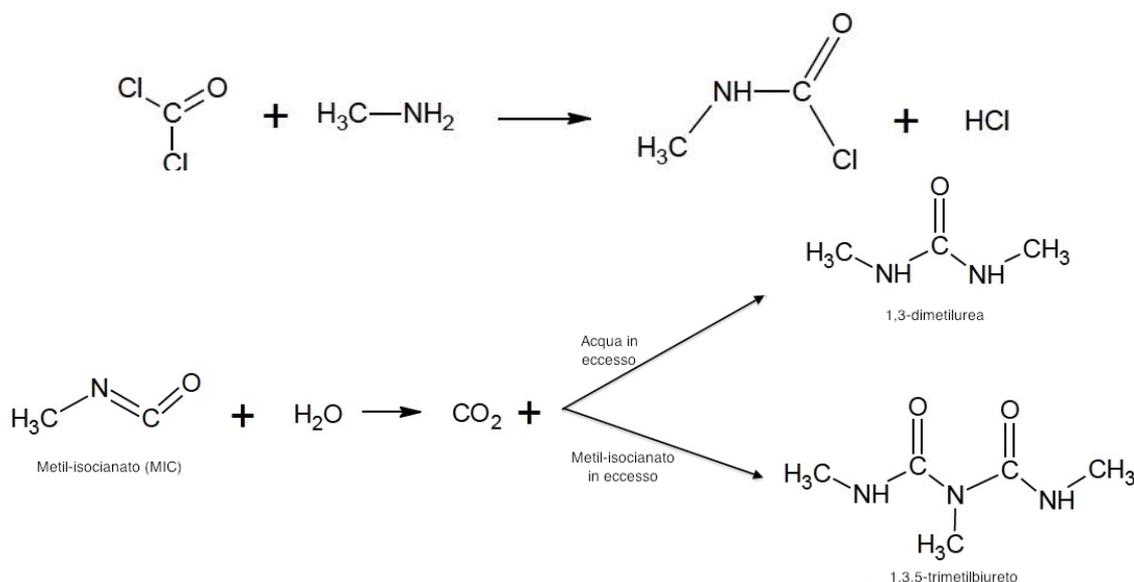


Figura 2. Sintesi del MIC e del Sevin

La reazione iniziale del metil-isocianato con acqua dà origine in un primo stadio ad anidride carbonica [CO₂] e metilammina [CH₃NH₂] e comporta lo svolgimento di circa 1260 kJ per ogni kg di MIC [24]. Nel secondo stadio si possono avere due reazioni, entrambe fortemente esotermiche che portano rispettivamente alla formazione di 1,3-dimetilurea [H₃CNHCONHCH₃] in eccesso di acqua e di 1,3,5-trimetilbiureto in eccesso di MIC, come mostrato in Figura 3.

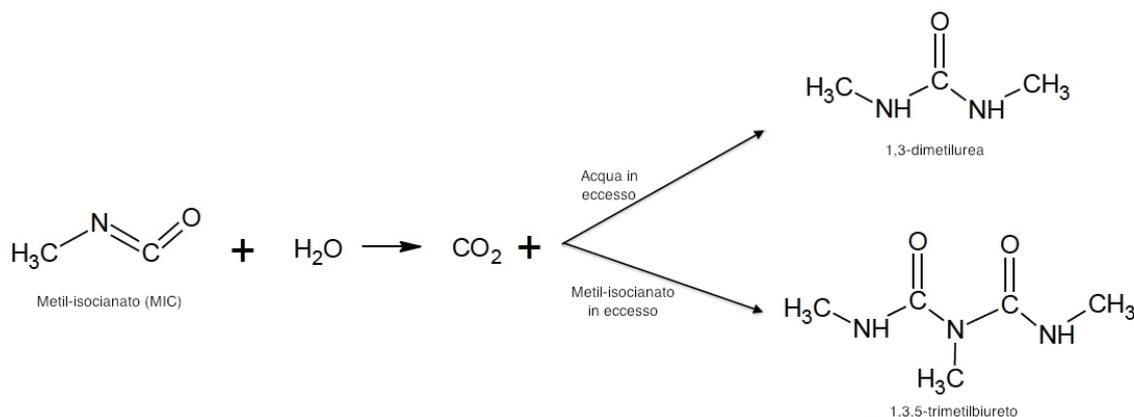


Figura 3. Reazioni esotermiche fra MIC e acqua

Nelle condizioni effettivamente verificatesi a Bhopal, fu assai probabile l'instaurarsi di reazioni successive, pericolosissime e fortemente esotermiche, a causa degli effetti catalitici dei composti di degradazione, con formazione di prodotti di polimerizzazione come il trimetilisocianato (Figura 4).

In definitiva si è verificato l'instaurarsi di veri e propri cicli di reazioni esotermiche auto-consistenti, poiché aumentando la quantità di calore generato dal primo stadio si ha un aumento della velocità di trasformazione, a cui corrisponde un ulteriore aumento del calore e così via.

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

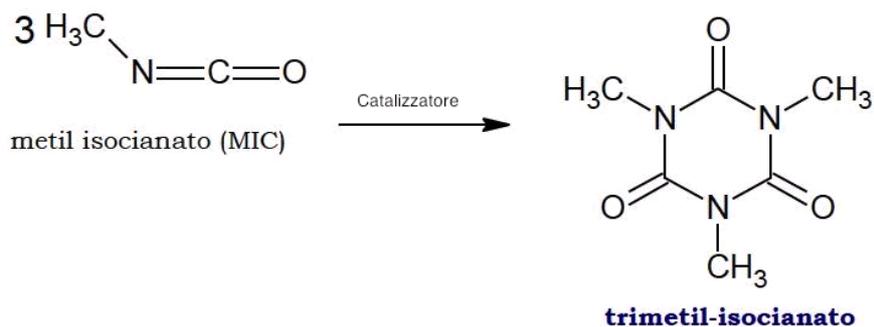


Figura 4. Formazione del trimero del MIC

Gli impianti e i sistemi di sicurezza e controllo

Dopo aver studiato gli aspetti chimico fisici della reazioni di processo e di quelle parassite, al fine di caratterizzare gli aspetti salienti delle responsabilità non soltanto gestionali, vogliamo esaminare con alcuni schemi il contesto prettamente ingegneristico e le scelte manageriali riguardo ai rischi nello stabilimento UCIL. Ricordiamo che nella progettazione di un qualsiasi impianto si deve tener conto della valutazione e prevenzione dei rischi connessi al suo funzionamento, e di conseguenza occorre inserire nel progetto tutte le misure necessarie a garantire la protezione dei lavoratori, dell'ambiente e delle stesse installazioni.

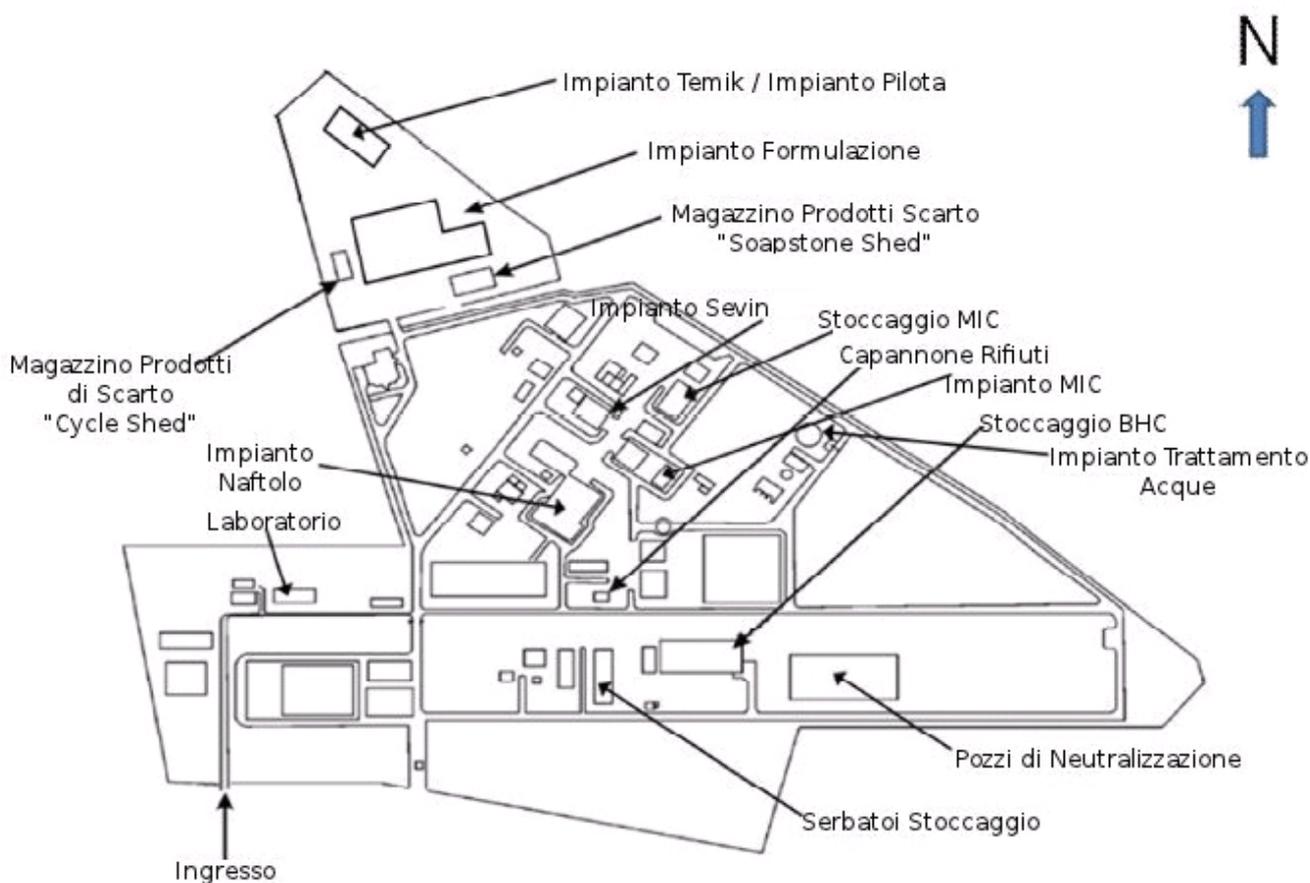


Figura 5. Gli impianti dell'UCIL a Bhopal

Nella Figura 5 [25] è mostrata la configurazione complessiva (il *layout*) della fabbrica e l'ubicazione dei componenti, degli impianti, dei magazzini delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti.

I tre serbatoi della capienza di circa 60 t, destinati all'immagazzinamento del metil-isocianato sono al centro della mappa triangolare e sono rappresentati nella figura dalla dicitura "Stoccaggio MIC". Proprio da uno di essi si ebbe la fuoriuscita di circa 40 t di metil-isocianato e dei prodotti derivanti dalle reazioni fortemente esotermiche esaminate nei paragrafi precedenti (vedi Figure 3 e 4).

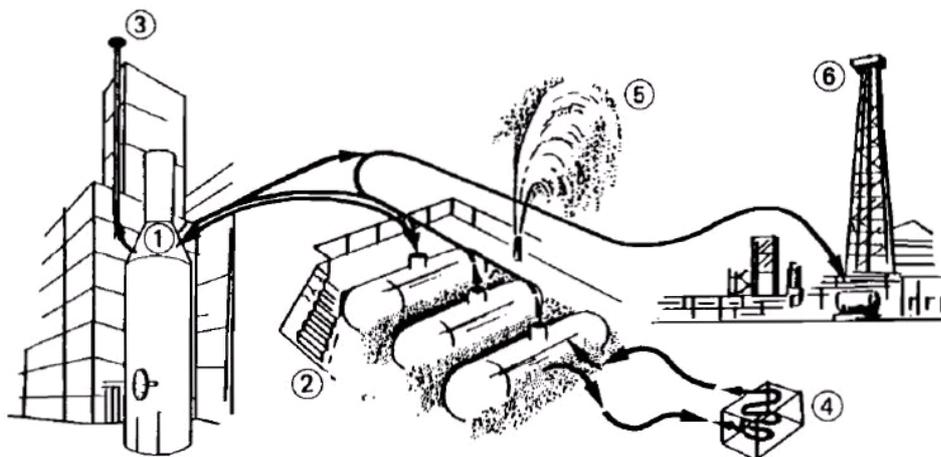


Figura 6. I serbatoi di stoccaggio del MIC e i sistemi di sicurezza.

[Didascalia] 1. Apparato di depurazione e neutralizzazione dei gas (*scrubber*). 2. Serbatoi di stoccaggio del MIC. 3. Tubazione di sfogo dei gas. 4. Sistema di refrigerazione. 5. Sistema di controllo anti-incendio e di sbarramento ad acqua, per ridurre la fuga accidentale del MIC. 6. Torre e torcia di combustione dei gas.

In Figura 6 [26] è rappresentato uno schema semplificato, ma assai significativo che attesta i criteri e l'orientamento di fondo seguiti nella predisposizione dei sistemi d'immagazzinamento. A tale riguardo, ci pare necessario rimarcare la presenza di importanti componenti espressamente deputati alla sicurezza e al controllo, quali l'impianto di refrigerazione (indicato con 4 in Figura 6), quello di lavaggio, abbattimento e neutralizzazione dei reflui gassosi (*scrubber*, indicato con 1) e la torre munita di torcia di combustione (indicata con 6). Il malfunzionamento di questi sistemi sarà descritto nella prossima sezione.

Come abbiamo avuto modo di osservare, si deve tenere ben presente, come aggravante a livello civile, penale ed etico, il fatto che nessuno dei sistemi e degli apparati anzidetti era operativo al momento del disastro, sostanzialmente per mere 'esigenze' di risparmio. Queste cosiddette esigenze colpivano la gestione del controllo dei processi, la manutenzione degli impianti e la formazione di tutti gli addetti. Quanto abbiamo affermato rimanda inequivocabilmente a scelte strategiche gravissime di politica aziendale, che purtroppo hanno posto in secondo piano importanti opzioni di carattere tecnico. Invece le scelte tecniche dovrebbero essere sempre assolutamente preponderanti, perché da esse dipendono la salvaguardia degli addetti, della popolazione, del territorio, del contesto generale economico e sociale, e – insistiamo – degli stessi impianti.

I principi guida di un consapevole e corretto *engineering* riguardano tutti i parametri costruttivi, il controllo in itinere dei materiali, la manutenzione, la sostituzione periodica di flange, tubazioni, valvole e di tutti i componenti maggiormente soggetti a usura e agli inevitabili fenomeni di corrosione [27].

Per la successiva discussione delle cause dell'esplosione in Figura 7 è riprodotto a un certo livello di dettaglio lo schema di un serbatoio, corredato delle pompe, degli altri componenti, delle linee di ingresso (IN) e uscita (OUT), dei sistemi di controllo e regolazione della pressione (PI, PIC), di livello (LIA) e di temperatura (TIA). Dall'analisi dello schema emerge piuttosto chiaramente che in effetti i serbatoi per lo stoccaggio del metil-isocianato erano forniti dei fondamentali mezzi per il monitoraggio e per la prevenzione del rischio, tuttavia questi mezzi non erano duplicati e soprattutto non erano presenti in alcuni punti critici che ne avrebbero avuto un particolare bisogno. Quindi, come risulta da diverse fonti assai autorevoli [28], i fattori aggravanti e scatenanti il disastro sono da ascrivere in prevalenza ad un *management* che si è comportato in modo irresponsabile su temi fondamentali di organizzazione del lavoro, di controllo dei processi, di formazione tecnica del personale. Risalta anche un vero disprezzo della Union Carbide nei confronti del Paese ospitante, data la mancanza d'informazione delle autorità locali e nazionali, dei responsabili sanitari e della popolazione. Da tutti questi punti di vista sono impressionanti le analogie con il comportamento della direzione dell'ICMESA e con le cause dell'incidente di Seveso.

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

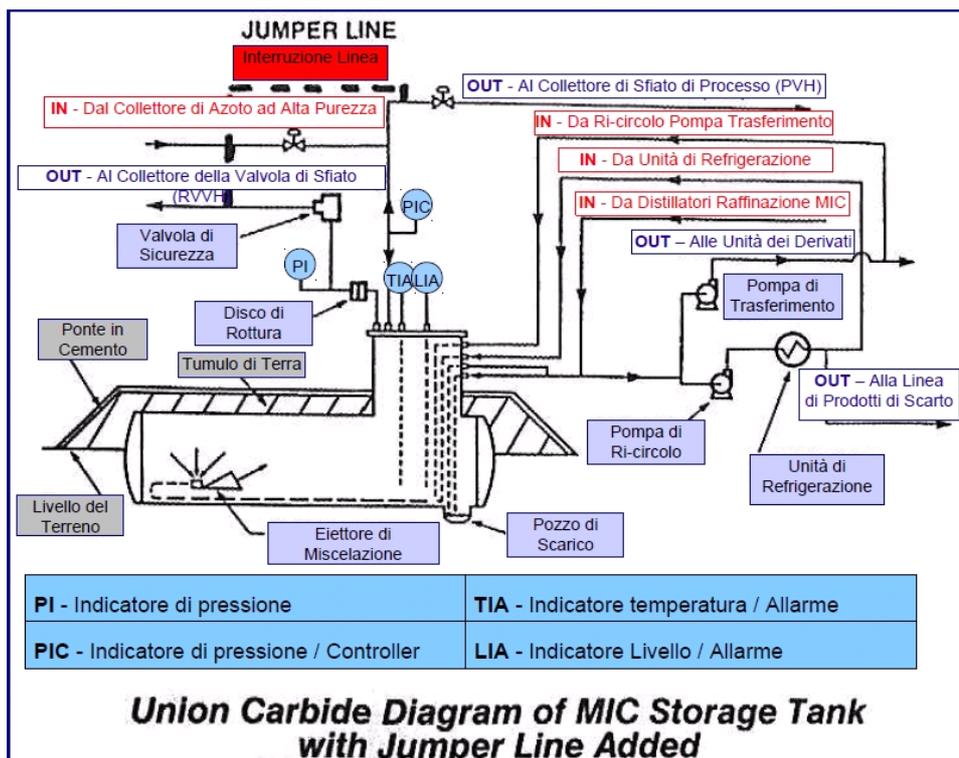


Figura 7. Sistemi di gestione e sicurezza di un serbatoio di stoccaggio

In Figura 8 è rappresentata graficamente in maniera incontrovertibile la totale colpevole irresponsabilità per la collocazione di una fabbrica così inquinante in una città di quasi un milione di abitanti. Nella medesima mappa viene mostrata la diffusione della nube tossica nel territorio di Bhopal. Anche in questo caso, così come in quello di Seveso deve essere fonte di un grande ripensamento critico lo studio delle scelte allocative ad opera dei responsabili aziendali, ma anche dei decisori della politica economica del Paese. Infatti, in entrambi i casi le scelte allocative sono direttamente conseguenti anche alle facilità di comunicazione garantite dalla vicinanza d'importanti infrastrutture stradali e ferroviarie.

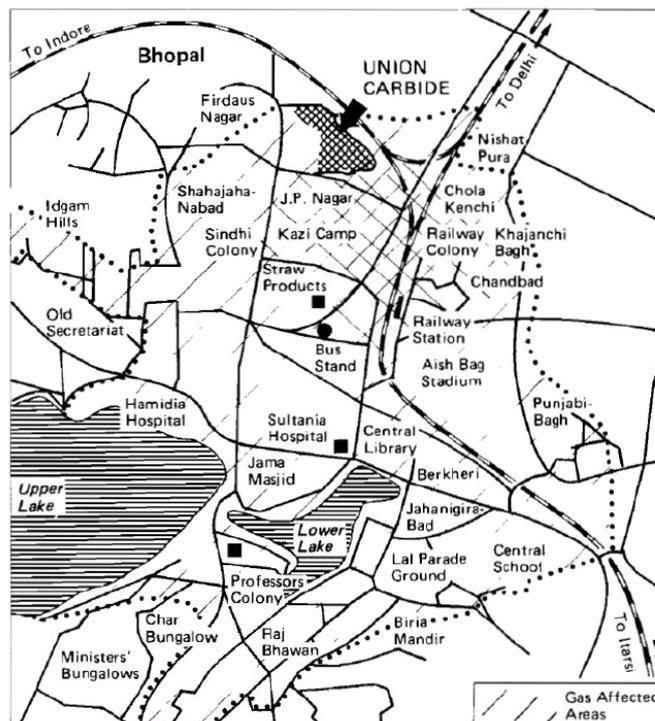


Figura 8. Localizzazione degli impianti UCIL ed estensione dell'area urbana colpita dai gas tossici

A conclusione di questo breve esame degli aspetti strutturali, vogliamo porre in risalto il grado di connessione profonda con quanto previsto dalla Direttiva Seveso e dagli affinamenti normativi prodotti successivamente a livello internazionale. In buona sostanza troviamo in azione sempre gli stessi fattori, derivanti da esigenze e deliberazioni effettuate in base a considerazioni prevalentemente economiche, che proprio a causa di una visione unidirezionale assai stretta hanno caratterizzato quel periodo, e hanno posto in secondo piano la necessità dello studio anche teorico di fenomeni complessi. Proprio le colpevoli sottovalutazioni, giustificate dall'assoluta necessità di mantenere quote ed aggressività nel mercato, anche a costo di risparmi di breve momento, hanno portato a catastrofi che con un termine abusato in altri casi, possiamo definire davvero epocali, soprattutto perché protratte nel futuro di tutto il pianeta (sul permanere dei pericoli nella zona di Bhopal vedi l'inserito).

La 'meccanica' del disastro

I sistemi di sicurezza previsti dalla Union Carbide nello stabilimento di Bhopal sono da reputarsi sostanzialmente adeguati rispetto alle conoscenze tecniche dell'epoca [29], pur se parecchie riserve possono e devono essere mosse rispetto alle scelte di economia di scala per l'abbattimento dei costi di produzione come quelle di uno stoccaggio sovradimensionato, del fatto di pre-produrre il MIC in quantità eccessive e di non trasformarlo immediatamente in un ciclo produttivo completo operante in continuum. Domenico Parisi, allora Direttore della nostra rivista *La Chimica e l'Industria*, prese posizione in questi termini:

“quanto è avvenuto a Bhopal lascia esterrefatti: mi domando se è legittimo che un prodotto di altissima tossicità e facilmente disperdibile nell'atmosfera venga immagazzinato in serbatoi da decine o centinaia di tonnellate; se cioè, l'economia di scala abbia preso il sopravvento su norme che dovevano consigliare di produrre e trasformare immediatamente, magari studiando sistemi continui, piccole quantità per volta e non quantità tali da ammazzare in un colpo solo migliaia e migliaia di persone e rovinarne centinaia di migliaia” [30].

In effetti l'immagazzinamento era attuato in tre distinti serbatoi interrati in acciaio inossidabile, come già illustrato nello schema di Figura 7. Ricordiamo che i dati specifici dei controlli di sicurezza sono i seguenti: i serbatoi erano muniti di impianti di refrigerazione tarati teoricamente a 0° C, di apparecchiature per il controllo della temperatura, della pressione, di un impianto specifico per mantenimento del materiale sotto atmosfera di azoto a circa 1,3 atm. di pressione. Inoltre erano presenti delle valvole di sicurezza con sfogo in una speciale camera di compensazione e lavaggio dei gas con una soluzione neutralizzante di idrossido di sodio. A sua volta la camera di lavaggio era collegata con tubazioni a una torcia di incenerimento dei gas residui eventualmente ancora presenti, a monte della valvola di uscita per l'emissione dei residui in atmosfera.

Nel pomeriggio precedente il disastro in uno dei tre serbatoi la temperatura s'innalzò progressivamente, generando un forte aumento della pressione che andò a sollecitare a valle il sistema di sicurezza. La pompa di ri-circolo della soluzione di idrossido di sodio, non controllata di recente, non era funzionante e la tubazione di trasferimento dei gas residui al bruciatore di emergenza era interrotta a causa di fenomeni corrosivi non adeguatamente controllati e rimediati.

La tragedia ebbe inizio con la reazione mostrata nella Figura 3 e la conseguente vaporizzazione della miscela MIC-acqua. In seguito una successione e combinazione di incredibili fattori concomitanti generarono una vera e propria situazione di non ritorno. Ai fini di una corretta pianificazione della sicurezza e, tenendo in debito la strutturazione della sezione d'immagazzinamento del metil-isocianato, era assolutamente necessario impedire l'ingresso di acqua nei serbatoi. Per le operazioni di lavaggio delle varie parti dell'impianto, la procedura corretta prevedeva che le diverse sezioni dovessero essere preventivamente isolate per impedire l'afflusso di acqua entro i comparti contenenti le sostanze più pericolose e reattive. Per motivi di risparmio tale procedura che richiede approssimativamente due ore non fu attuata e il lavaggio è stato condotto rapidamente, senza il pur necessario sezionamento delle tubazioni. Tuttavia, nonostante l'ingresso dell'acqua, il disastro avrebbe potuto ancora essere evitato, a patto che gli altri sistemi di confinamento e controllo fossero perfettamente funzionanti. Purtroppo i misuratori di pressione della valvola di collegamento dei tubi al serbatoio erano difettosi e – peggio ancora – la valvola era in posizione di svuotamento, per cui il gas stava fuoriuscendo. In tale situazione ovviamente l'acqua poteva penetrare, andandosi a miscelare con il MIC contenuto nel serbatoio.

Peraltro, questo era soltanto uno dei tanti punti di palese carenza degli impianti della Union Carbide. Nella realtà dei fatti l'impianto di refrigerazione era stato staccato, il personale deputato al controllo era stato drasticamente ridotto, il controllo degli indicatori di pressione e temperatura doveva essere effettuato sul posto e non mediante centrale computerizzata a distanza, in grado di apportare azioni correttive e di salvaguardia in tempo reale, come predisposto nella sede Usa a Institute. A tutto ciò si deve aggiungere che alcune flange di sbarramento dell'impianto erano assenti o completamente deteriorate per corrosione e che l'azoto avente funzioni di calmieramento, già da parecchi giorni era ad una pressione pari a soltanto un decimo di quella prevista di 1,3 atmosfere. Dal punto di vista preventivo era inoltre stata completamente disattesa un'importante norma di sicurezza, consistente nel lasciare sempre vuoto uno dei tre serbatoi, al fine di poterne usufruire come serbatoio tampone in eventuali situazioni di emergenza.

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

La comunicazione della tragedia sui quotidiani. Aspetti quantitativi

Nell'ambito della nostra ricerca sulla comunicazione della chimica riguardo a temi critici i *media* rappresentati dai quotidiani sono stati privilegiati per diversi motivi, che vanno dalla reperibilità e confrontabilità delle diverse testate giornalistiche, alla praticabilità e correttezza di una analisi linguistica che identifichi una unità compiuta di comunicazione in ogni singolo articolo. Negli ultimi anni si è accesa una vivace discussione sui modelli, possibili o attuali, di comunicazione della scienza, ed è naturale chiedersi quale di questi modelli possa aiutarci meglio ad interpretare i nostri dati – e ad arricchirne il significato (su questo si vedano le conclusioni). Nel contesto assai complesso dei rapporti fra scienza e società della conoscenza Andrea Cerroni ha elaborato un modello della comunicazione scientifica che articola diversi livelli dei fenomeni comunicativi. Un livello di base, destrutturato, è quello del rapporto quotidiano con oggetti e strumenti e del sentito dire delle conversazioni estemporanee. In questa sorta di "rumore di fondo" potremmo collocare anche l'occhiata di un momento ad una immagine o la lettura affrettata, quasi automatica di un titolo. Certamente pertinente è il primo livello strutturato indicato da Cerroni, "esemplificato dalle notizie che circolano tramite i media di massa". Le notizie "sono il risultato della *notiziazione*", un processo che non a caso Cerroni paragona a quello di "costruzione del *fatto scientifico*". Se così è la stessa 'confezione' della notizia carica i testi degli articoli di 'oggettività', automaticamente e al di là delle intenzioni degli autori. La quasi totalità degli articoli da noi censiti si colloca su questo livello, e tuttavia alcuni testi apparsi sui quotidiani che abbiamo analizzato appartengono ad un secondo livello strutturato: "quello della *divulgazione* vera e propria, cioè di quella comunicazione di *informazioni di merito*, con il corredo di conoscenza appropriato per un pubblico di non specialisti che, però, si presume sia interessato a farsi un'idea meno vaga e più consapevole di taluni argomenti scientifici". [31]

Nonostante l'immane tragedia, il caso di Bhopal ebbe un effetto piuttosto limitato sull'opinione pubblica italiana ed europea. Ciò può forse essere spiegato sia come un effetto conseguente alla grande distanza della località dell'incidente, sia con le minori e più frammentarie possibilità d'informazione. In ogni caso la strage di Bhopal ebbe una immediata eco sui giornali di tutto il mondo, ed anche in Italia la vicenda suscitò l'interesse dei quotidiani nazionali.

Per analizzare la quantità e la qualità della comunicazione abbiamo preso in considerazione tre dei principali quotidiani italiani, differenziati per il pubblico di riferimento. La *Stampa* pubblicava notizie più varie e articoli più approfonditi di *Stampa Sera*, mentre *La Repubblica* si rivolgeva a lettori più 'politicizzati' (in senso lato) dei lettori delle due testate torinesi. Per prima cosa abbiamo valutato l'andamento nel tempo dell'informazione su Bhopal fornita dai tre quotidiani. I dati raccolti nelle Tabelle 1 e 2 sono meramente quantitativi, ma permettono già qualche considerazione interessante.

Tabella 1
La Stampa, La Stampa Sera e La Repubblica
Numero di articoli su Bhopal e presenze in prima pagina

	<i>La Stampa</i>		<i>La Stampa Sera</i>		<i>La Repubblica</i>	
Numero articoli	Dicembre 1984	Gennaio 1985	Dicembre 1984	Gennaio 1985	Dicembre 1984	Gennaio 1985
	41	7	20	2	22	4
	Totale: 48		Totale: 22		Totale: 26	
Presenze in I pagina	Dicembre 1984	Gennaio 1985	Dicembre 1984	Gennaio 1985	Dicembre 1984	Gennaio 1985
	8	0	8	1	1	1

Il primo punto che emerge dalla Tabella 1 è la palese caduta di interesse dopo il primo mese dall'inizio della tragedia. Nel caso di Seveso i dati riferiti alle due testate milanesi *Corriere della Sera* e *Corriere d'Informazione* e alla *Stampa* avevano rilevato un forte impegno nella comunicazione sull'incidente e le sue conseguenze nei primi due-tre mesi, e quindi per un periodo più lungo che nel caso di Bhopal, ma già per l'incidente italiano si era potuto notare una sorta di 'effetto lontananza' con i giornali di Milano che offrivano più informazioni e per un tempo maggiore del giornale di Torino. Sembra che si possa dire che la lontananza geografica abbia giocato un ruolo ancora più rilevante nel caso di Bhopal, con una ulteriore accentuazione dovuta ad una grande distanza culturale fra Italia e India.

Tabella 2
La Stampa, La Stampa Sera e La Repubblica
 Numero di articoli su Bhopal nel 1985

Mesi del 1985	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totali
<i>La Stampa</i>	7	4	3	3	5	0	3	8	0	3	1	0	37
<i>La Stampa Sera</i>	2	0	0	4	1	1	4	5	0	2	2	4	25
<i>La Repubblica</i>	4	0	0	0	2	2	2	4	0	0	1	1	16

Un secondo dato risulta evidente, e sorprendente, dalle Tabelle 1 e 2: il minor interesse su Bhopal della testata più politica (*La Repubblica*) rispetto a quello mostrato dalle testate meno caratterizzate da questo punto di vista. Il diverso atteggiamento è già netto nel primo mese con 48 articoli sulla *Stampa* e 26 su *La Repubblica* (Tabella 1), e si conferma per tutta l'annata 1985, con 37 articoli apparsi sulla *Stampa* e 16 su *La Repubblica* (Tabella 2). Infine va segnalata una ripresa di interesse nel luglio-agosto 1985, dovuto ad eventi di varia natura accaduti negli Stati Uniti, eventi che ci è parso opportuno approfondire nell'appendice al presente articolo.

La comunicazione della tragedia sui quotidiani. Aspetti qualitativi

Possiamo ora passare dagli aspetti quantitativi a quelli qualitativi e di contenuto utilizzando l'analisi linguistica basata sui campi semantici. A questo scopo abbiamo impiegato il metodo già collaudato con profitto nel caso di Seveso, e, come vedremo, sono affiorate differenze così notevoli che ci hanno indotto ad un ritorno più approfondito sugli aspetti quantitativi della comunicazione. Per comodità di riferimento riportiamo in Tabella 3 i termini caratterizzanti i campi semantici [32] usati nell'analisi.

Tabella 3

	Campi semantici	Lenmi
CS1	Sanità	Sanità, Ricovero, Ospedale Salute Analisi cliniche Igiene, Profilassi
CS2	Inquinamento	Inquinamento Ecologia Ambiente, Vegetazione Alimentazione Tossico, Veleno
CS3	Chimica	Chimica Analisi chimica Laboratorio Industria chimica Industria, Fabbrica, Stabilimento
CS4	Scienza	Scienza Tecnica, Tecnologia
CS5	Legislazione	Leggi Ordinanze Divieti Allarme, Emergenza
CS6	Economia	Economia Lavoro
CS7	Giurisprudenza	Giudice Processo, Sentenza Inchiesta

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

I risultati dell'analisi semantica sono riportati nelle successive Tabelle 4-8. Innanzi tutto la Tabella 4, riferita alla *Stampa* conferma il crollo quantitativo della comunicazione nel passare dal primo al secondo mese dopo l'esplosione, con 302 occorrenze nel dicembre 1984 e appena 34 (un decimo!) nel gennaio 1985. Per i contenuti la Tabella 4 mette in evidenza l'appuntarsi iniziale dell'attenzione giornalistica sugli aspetti chimici (quasi metà delle occorrenze) e dell'inquinamento (28,1% delle occorrenze). Il numero limitato di occorrenze a gennaio permette comunque di avvertire delle tendenze significative: gli aspetti chimici rimangono assolutamente preminenti, ma diventano notevoli anche quelli tecnologici del campo CS4. Un dato che fa riflettere è lo scarso interesse verso gli aspetti sanitari della tragedia di Bhopal. Già rare a dicembre, a gennaio non compaiono più le parole |Sanità|, |Ricovero|, |Ospedale|, |Salute|, |Analisi cliniche|, |Igiene|, |Profilassi|. Verrebbe spontaneo dire che terminato il conteggio dei morti il destino sanitario delle migliaia di cittadini indiani non sia più un argomento da trattare per i lettori della *Stampa*.

Tabella 4
La Stampa, 4-31 dicembre 1984, 1-31 gennaio 1985
Campi semantici con riferimento a Bhopal2

Campi semantici	Occorrenze 4-31 dicembre	%	Occorrenze 1-31 gennaio	%	Variazione %
CS1[Sanità]	21	7,0	0	0,0	-7,0
CS2[Inquinamento]	85	28,1	9	26,5	-1,6
CS3[Chimica]	138	45,7	18	52,9	+7,2
CS4[Scienza]	19	6,3	6	17,6	+11,3
CS5[Legislazione]	11	3,6	0	0,0	-3,6
CS6[Economia]	8	2,6	0	0,0	-2,6
CS7[Giurisprudenza]	20	6,6	1	2,9	-3,7
Totale delle occorrenze	302		34		

I dati della Tabella 5 riferiti a *Stampa Sera* radicalizzano quanto detto a proposito della testata torinese del mattino. I due soli articoli apparsi sul quotidiano del pomeriggio parlarono esclusivamente di inquinamento e di chimica. Le percentuali delle occorrenze di gennaio sono così nette che convalidano in modo inequivocabile la funzionalità analitica dei campi semantici di Tabella 3.

Tabella 5
La Stampa Sera, 4-31 dicembre 1984, 1-31 gennaio 1985
Campi semantici con riferimento a Bhopal

Campi semantici	Occorrenze 4-31 dicembre	%	Occorrenze 1-31 gennaio	%	Variazione %
CS1[Sanità]	12	8,8	0	0,0	-8,8
CS2[Inquinamento]	38	27,9	6	46,2	+18,3
CS3[Chimica]	47	34,6	7	53,8	+19,2
CS4[Scienza]	11	8,1	0	0,0	-8,1
CS5[Legislazione]	7	5,1	0	0,0	-5,1
CS6[Economia]	9	6,6	0	0,0	-6,6
CS7[Giurisprudenza]	12	8,8	0	0,0	-8,8
Totale delle occorrenze	136		13		

Lo scorrere delle cronache provenienti da Bhopal ha creato una dinamica più o meno accentuata nelle tematiche affrontate dai giornalisti italiani. Su *Repubblica*, la percezione di questa dinamica è particolarmente chiara perché la lettura di Tabella 6 ci porta valori che indicano una specie di 'travaso di informazione': il discorso sulla sanità perde il 7 % di occorrenze e quello sull'inquinamento ne guadagna il 7,6 %; il discorso sulla chimica perde il 9,5 % di occorrenze e quello sull'economia ne guadagna il 9,4 %.

Tabella 6
La Repubblica, 4-31 dicembre 1984, 1-31 gennaio 1985
 Campi semantici con riferimento a Bhopal

Campi semantici	Occorrenze 4-31 dicembre	%	Occorrenze 1-31 gennaio	%	Variazione %
CS 1[Sanità]	27	9,6	2	2,6	-7,0
CS 2[Inquinamento]	60	21,4	22	29,0	+7,6
CS 3[Chimica]	130	46,3	28	36,8	-9,5
CS 4[Scienza]	14	5,0	6	7,9	+2,9
CS 5[Legislazione]	14	5,0	3	3,9	-1,1
CS 6[Economia]	29	10,3	15	19,7	+9,4
CS 7[Giurisprudenza]	7	2,5	0	0,0	-2,5
Totale delle occorrenze	281		76		

Sulla base dei dati raccolti per le tre testate possiamo fare due tipi diversi di confronto: il primo analizza il relativo orientamento nell'informazione dei tre giornali nel caso di Bhopal, il secondo mette in relazione i risultati ottenuti nel presente studio con quelli già pubblicati per il caso Seveso.

La Tabella 7 riguarda il mese di dicembre del 1984 e riguarda le politiche editoriali dei quotidiani. Per questa analisi sincronica abbiamo scelto come riferimento relativo la scelta redazionale della *Stampa*, essenzialmente perché *Stampa Sera* aveva lo stesso editore per cui le eventuali differenze risulterebbero dovute ad un diverso pubblico di riferimento. L'orientamento dell'informazione su *Stampa* e su *Stampa Sera* vede differenze significative in soli due casi: una minore attenzione del giornale del pomeriggio verso gli aspetti chimici della tragedia di Bhopal (-11,1 %), e una certa accentuazione dell'interesse verso i problemi economici (+4 %). I risultati più importanti del confronto fra *Stampa* e *Repubblica* sono la minore attenzione di *Repubblica* sulla questione 'inquinamento' (-6,7 %) e verso gli aspetti legali (-4,1 %), a cui corrisponde un maggiore impegno nell'informazione economica (+7,7 %).

Tabella 7
 La comunicazione sui quotidiani, dicembre 1984
 Campi semantici con riferimento a Bhopal

Campi Semantici	<i>La Stampa</i> riferimento	<i>La Stampa Sera</i>	Δ rif. <i>La Stampa</i>	<i>La Repubblica</i>	Δ rif. <i>La Stampa</i>
CS 1[Sanità]	7,0	8,8	+ 1,8	9,6	+ 2,6
CS 2[Inquinamento]	28,1	27,9	- 0,2	21,4	- 6,7
CS 3[Chimica]	45,7	34,6	- 11,1	46,3	+ 0,6
CS 4[Scienza]	6,3	8,1	+ 1,8	5,0	- 1,3
CS 5[Legislazione]	3,6	5,1	+ 1,5	5,0	+ 1,4
CS 6[Economia]	2,6	6,6	+ 4,0	10,3	+ 7,7
CS 7[Giurisprudenza]	6,6	8,8	+ 2,2	2,5	- 4,1

La minore attenzione di *Repubblica* sulla questione 'inquinamento' (-6,7 %) e verso gli aspetti legali (-4,1 %), a cui corrisponde un maggiore impegno nell'informazione economica (+7,7 %).

Tabella 8
La comunicazione sui quotidiani, gennaio 1985
Campi semantici con riferimento a Bhopal

Campi Semantici	<i>La Stampa</i> riferimento	<i>La Stampa Sera</i>	Δ rif. <i>La Stampa</i>	<i>La Repubblica</i>	Δ rif. <i>La Stampa</i>
CS1[Sanità]	0,0	0,0	0,0	2,6	+ 2,6
CS2[Inquinamento]	26,5	46,2	+ 19,7	29,0	+ 2,5
CS3[Chimica]	52,9	53,8	+ 0,9	36,8	- 16,1
CS4[Scienza]	17,6	0,0	- 17,6	7,9	- 9,7
CS5[Legislazione]	0,0	0,0	0,0	3,9	+ 3,9
CS6[Economia]	0,0	0,0	0,0	19,7	+19,7
CS7[Giurisprudenza]	2,9	0,0	- 2,9	0,0	- 2,9

Abbiamo visto che la base statistica della comunicazione su Bhopal per il mese di gennaio 1985 è piuttosto debole, e quindi i dati della Tabella 8 vanno presi con una certa cautela e portano ad escludere dai nostri commenti il confronto della *Stampa* con *Stampa Sera* (che pubblicò due soli articoli). Per quanto riguarda le politiche editoriali di *Repubblica* e della *Stampa* si conferma il maggiore interesse di *Repubblica* nei confronti degli aspetti economici (+19,7 %), mentre compare un minore sviluppo sulla testata romana del discorso sulla chimica (-16,1 %).

Bhopal e Seveso: un confronto sulla copertura giornalistica

La nostra analisi linguistica della comunicazione sulla tragedia di Bhopal non poteva concludersi altrimenti che con un confronto con quanto fu comunicato a seguito dell'incidente di Seveso. Il confronto è stato non solo obbligato ma anche fruttuoso, in quanto ha messo in luce un aspetto dell'atteggiamento giornalistico nel caso Bhopal che sarebbe rimasto 'nascosto' se non avessimo avuto a disposizione i dati linguistici del caso Seveso.

Per rendere possibile il confronto abbiamo costituito un *corpus* di articoli apparsi sulla *Stampa* nei primi 8 numeri con notizie su Seveso (dal 21 al 31 luglio 1976) e su Bhopal (dal 4 al 12 dicembre 1984). Il *corpus* è risultato formato da 20 articoli pubblicati nel 1976 e da 22 articoli pubblicati nel 1984. La Tabella 9 mette in evidenza che l'interesse editoriale è stato molto diverso nei due casi. In riferimento a Bhopal si è verificata una caduta di attenzione netta verso salute e sanità (-12 %), rilevante sugli aspetti scientifici e tecnologici (-7 %) ed ancora significativa (-4 %) verso i problemi dell'inquinamento. A fare la parte del leone nella comunicazione su Bhopal è stato proprio il discorso centrato sulla chimica che presenta un incremento notevolissimo (+26,6 %).

Tabella 9
Campi semantici ed occorrenze nella comunicazione su *La Stampa* nei primi 8 numeri con notizie su Seveso (21-31 luglio 1976) e su Bhopal (4-12 dicembre 1984)

Campisemantici	Occorrenze in 20 articoli Seveso 21-31 luglio 1976	%	Occorrenze in 22 articoli Bhopal 4-12 dicembre 1984	%	Variazione % Rif Seveso
CS1[Sanità]	100	20,5	17	8,5	- 12,0
CS2[Inquinamento]	164	33,6	59	29,6	- 4,0
CS3[Chimica]	86	17,6	88	44,2	+ 26,6
CS4[Scienza]	61	12,5	11	5,5	- 7,0
CS5[Legislazione]	34	7,0	9	4,5	- 2,5
CS6[Economia]	26	5,3	4	2,0	-3,3
CS7[Giurisprudenza]	17	3,5	11	5,5	+ 2,0
Totale delle occorrenze	488		199		

Questi dati, di per sé notevoli, si basano però su una base statistica che a prima vista appare contraddittoria. Il numero degli articoli che costituiscono il *corpus* è estremamente simile nei due casi (20 vs. 22) ma il numero di occorrenze è in modo altrettanto evidente diversissimo: 488 vs. 199. La nostra prima reazione a vedere questi numeri è stata 'automati-

ca', e abbiamo messo in dubbio l'applicabilità dei medesimi campi semantici alle notizie riferite ad eventi così diversi come l'incidente di Seveso e la strage di Bhopal. La linguistica però ha numerose risorse e siamo passati dagli aspetti strettamente semantici a quelli puramente testuali. La Tabella 10 riporta il numero delle parole presenti nei 20 articoli del 1976 e nei 22 articoli del 1984: il loro rapporto è un 2 netto, mentre il rapporto fra le occorrenze nei due casi è 2,45. A questo punto il risultato ci ha tranquillizzato, perché confermava l'efficacia dei campi semantici della Tabella 3 in quanto la 'caduta' delle occorrenze si è dimostrata essere una semplice 'diluizione' delle stesse occorrenze negli articoli riferiti a Bhopal.

Tabella 10

La comunicazione quantitativa su *La Stampa* nei primi 8 numeri con notizie su Seveso (21-31 luglio 1976) e su Bhopal (4-12 dicembre 1984)

	Numero totale Parole	Numero Parole / Articolo	Rapporto Parole Seveso/Bhopal	Rapporto Occorrenze Seveso/Bhopal
<i>La Stampa</i> su Seveso	18654	933	2,00	2,45
<i>La Stampa</i> su Bhopal	9326	423		

Come *bonus* di questa parte dell'indagine è emerso un fatto interessante. Passando dal caso Seveso al caso Bhopal l'ampiezza media degli articoli si è dimezzata, da 933 parole a 423, con un contestuale dimezzamento del contenuto di informazione. In altri termini le notizie che giunsero dall'India furono più frammentarie e più scarse di quelle ottenute in ambito nazionale nel caso di Seveso.

Conclusioni

Il nostro studio del disastro di Bhopal ha comportato l'analisi di una congerie di fenomeni variamente interconnessi, caratterizzati da rapporti multipli di particolare profondità e stratificazione. Per noi si è trattato di una sfida difficile e avvincente, che ha informato tutto il nostro approccio conoscitivo e richiesto un certo sforzo elaborativo pluri-disciplinare. Ma proprio simili difficoltà sono produttive in ogni ricerca, e nel nostro caso hanno richiesto un approfondimento del contesto scientifico, tecnologico e industriale.

Dobbiamo puntualizzare ancora una volta il fatto che un disastro di così vasta portata fu determinato quasi essenzialmente da una gestione irresponsabile e, se vogliamo usare un termine crudamente realistico, criminale, in quanto determinato volontariamente, piuttosto che originato da una meno colpevole non conoscenza di cause ed effetti, come accadde, almeno in parte nel caso di Seveso. Ecco quindi il motivo per cui, a nostro avviso, l'aggettivo criminale si attaglia perfettamente al contesto delle decisioni prese dall'*establishment* della Union Carbide. Vi è quindi un fattore fortemente discriminante con l'incidente di Seveso, tuttavia nel mosaico dei due eventi si possono facilmente riscontrare almeno quattro elementi comuni, che elenchiamo senza la pretesa di porli in un ordine gerarchico d'influenza, perché sarebbe impossibile sciogliere il nodo gordiano delle connessioni e delle intersezioni reciproche. Il primo tratto comune è costituito dalla scelta allocativa, avente caratteri decisamente simili, essendo stata determinata, in entrambi i casi, prevalentemente da criteri di facilità di fruizione delle infrastrutture logistiche e di trasporto presenti nei due ambiti territoriali, pur così differenti. Il secondo riguarda la netta prevalenza agli alti livelli decisionali delle due multinazionali di scelte generali di tipo economico e gestionale piuttosto che di carattere tecnico. Al terzo posto ricordiamo la mancata rigorosa definizione operativa di procedure di gestione della manutenzione dei due impianti, pur caratterizzati da grande pericolosità e complessità, anche nelle situazioni di non emergenza. Infine al quarto punto di questa nostra disamina tecnica si devono ricordare le enormi carenze nelle strategie a breve, medio e lungo termine nella formazione degli addetti e nelle impegnative, puntuali, ma tuttavia assolutamente necessarie, iniziative d'informazione delle autorità competenti a livello territoriale, nazionale ed internazionale. È evidente che il *tema della sicurezza*, che è stato al centro della nostra attenzione, può essere trattato a livello didattico sotto una molteplicità di approcci, molti dei quali mettono in gioco conoscenze disciplinari 'dure', dalla reattività delle sostanze alla termodinamica chimica, dall'impiantistica alla protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

Rispetto al contesto comunicativo lo studio di tre importanti quotidiani ci ha fatto riscontrare similitudini ed importanti differenze sotto un profilo d'indagine sincronica. Una delle importanti evidenze riscontrate è che in ogni caso l'effetto distanza ha giocato un ruolo di ragguardevole peso nel processo comunicativo in Italia. In particolare, i confronti quantitativi rimarcano che la tragedia di Bhopal venne posta sin dai primi giorni nelle pagine interne di approfondimento e che, per quanto attiene ai campi semantici la stragrande maggioranza degli articoli focalizzava l'attenzione su temi connessi in modo specifico con la chimica e con le tecnologie produttive, riservando un'attenzione assai minore alle questioni sanitarie e di impatto ambientale. Passando al punto di vista contenutistico, segnaliamo an-

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

cora una volta che alcuni articoli, pur essendo 'sbilanciati', nel senso sopra descritto, erano caratterizzati da uno spessore di tutto rispetto e, in un certo grado, paragonabili con quelli delle migliori riviste specializzate, come ad esempio *La Chimica e l'Industria*. Questo elemento positivo della comunicazione sui quotidiani conferma che all'epoca era ancora attiva ed efficace nel contesto comunicativo la figura del giornalista scientifico, in grado di ridefinire e porgere su temi critici contenuti complessi in maniera autorevole.

Avviandoci a concludere l'articolo ci permettiamo una osservazione *riflessiva*, rivolta cioè al presente articolo, così come si pone sotto gli occhi del lettore. In realtà la nostra annotazione è valida per tutti gli articoli pubblicati da *CnS*. Essi partecipano al processo di *circolazione allargata della conoscenza*, ben descritto da Cerroni nel suo libro su *Scienza e società della conoscenza*. [33] La costruzione di un testo destinato alla didattica e alla educazione scientifica partecipa di diritto ai processi di *generazione e istituzionalizzazione* della conoscenza, mentre la sua pubblicazione sull'organo della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana incanala la *diffusione* della conoscenza prodotta in una precisa direzione. È la direzione che porta alle pratiche educative con cui condividiamo con i nostri allievi la *socializzazione* della conoscenza. Va da sé che questa partecipazione alla circolazione allargata della conoscenza è un *bonus* per il nostro lavoro di ricercatori e di insegnanti.

Vogliamo infine esporre le motivazioni principali per cui, in questo nostro contributo, non sono volutamente allegate le terribili immagini degli effetti tragici sulla popolazione. Ciò che ci ha condotto a questa scelta è chiaramente delineabile in due punti, fra di loro complementari. In primo luogo è possibile reperire una completa ed eccezionale documentazione fotografica visitando i validi siti di Greenpeace [34], della Union Carbide [35] e molti altri ancora. Una seconda considerazione deriva dal fatto che abbiamo preferito privilegiare un'impostazione iconografica 'neutra', orientata agli aspetti tecnici essenziali, per sottolineare l'esigenza che la formazione deve andare di pari passo con l'emozione, o forse precederla.

Appendice 1

“Non solo nel terzo mondo”

Come abbiamo già rilevato nel testo a proposito della Tabella 2, il semplice esame del numero degli articoli pubblicati nel corso del 1985 ha messo in evidenza che nel mese di luglio e più ancora nel mese di agosto si ha un certo ritorno di interesse in tutte e tre le testate. I dati stessi ci hanno suggerito la necessità un esame più approfondito.

Il numero di articoli comparsi nei mesi di giugno e luglio sulla *Stampa*, su *Stampa Sera* e su *Repubblica* è notevole; nei due mesi citati sulla *Stampa* sono comparsi 11 articoli su 37 totali dell'anno, quindi pari al 30 %, su *Stampa Sera* 9 su 25, corrispondenti al 36 % e su *Repubblica* 4 su 16, cioè corrispondenti al 25%. La lettura degli articoli chiamati in causa dall'analisi quantitativa ha immediatamente allargato il nostro orizzonte geografico, spostando lo scenario degli eventi dall'India agli stati Uniti.

La lettura dei quotidiani pone in luce che si sono verificati due fenomeni distinti di una certa rilevanza. Nel mese di luglio 1985 si è avuta una situazione di allarme nella valle di San Joachin, negli Stati Uniti, conseguente all'impiego del pesticida Aldicarb, chimicamente corrispondente al Temik, prodotto a Bhopal ed utilizzato in alcune coltivazioni di cocomeri ancora per tre mesi dopo il terribile disastro, nonostante l'acclarata nocività. La notizia è ripresa nei quotidiani italiani, anche per il fatto che vi furono circa centocinquanta casi d'intossicazione, seppure non comportanti una vera e propria emergenza ambientale e reali pericoli di vita.

Sempre nel mese di luglio fu pubblicata la notizia della chiusura ufficiale e definitiva dello stabilimento UCIL in India, dopo una breve riattivazione degli impianti finalizzata allo smaltimento, in realtà mai realizzato davvero [36], dei prodotti tossici presenti all'interno dei magazzini e dei serbatoi. La chiusura fu una conseguenza derivante dal rifiuto, purtroppo tardivo, del rinnovo dell'autorizzazione da parte delle autorità del Madhya Pradesh.

Nel mese di agosto si ebbero due notizie decisamente più gravi, poiché riguardavano due diverse e pericolose fuoriuscite di miscele di gas tossici, a brevissima distanza temporale, da due diversi stabilimenti Union Carbide statunitensi, la prima da quello di Institute (domenica 11 agosto) e la seconda da un altro ubicato a Charleston (13-14 agosto), entrambi in West Virginia.

Nel primo incidente si ebbe la diffusione di un derivato denominato Aldicarb Oxime e di altri gas irritanti, che fuoriuscirono da un serbatoio della capacità di 2000 litri e che, comunque, non contenevano metil-isocianato nemmeno in tracce. L'effetto a livello sanitario fu quello di causare irritazioni agli occhi, alla gola e ai polmoni di 135 abitanti delle zone circostanti, dei quali 28 furono ricoverati in ospedale con prognosi non gravi e comunque con effetti non a lungo termine. Anche nel secondo incidente si ebbe un'emissione non tossica, quindi solamente irritante, che causò malesseri e difficoltà respiratorie, senza conseguenze letali o a lungo termine.

Come considerazioni al contorno è di un certo interesse segnalare che gli impianti della Union Carbide negli Stati Uniti furono chiusi subito dopo la tragedia di Bhopal e furono riaperti ai primi di maggio, anche a seguito di investimenti consistenti, pari a circa 5 milioni di dollari, da parte della società, in sofisticati sistemi di sicurezza, assistiti da computer (Safer) e controllati con la supervisione dell'Environmental Protection Agency (EPA). Nonostante gli accorgimenti adottati si ebbero comunque malfunzionamenti dei sistemi di allarme che scattarono approssimativamente venti minuti dopo la diffusione dei gas anzidetti in atmosfera.

La tragedia di Bhopal e il paese, ma anche molto articolato, pericolo costituito dagli insediamenti dell'industria chimica smosse – finalmente – anche la società civile. All'inizio dell'estate del 1985 fu fondato proprio in West Virginia un importante organismo tecnico indipendente di controllo dell'inquinamento chimico, con vere capacità di analisi e monitoraggio nelle oltre 20 aziende presenti a Kanawha Valley. Si tratta della fondazione denominata National Institute of Chemical Safety [37]. Il secondo aspetto concerne la costituzione di un'organizzazione civile di notevole rilevanza, denominata Civil Action Group, espressamente deputata al controllo dell'inquinamento che elaborò un vero e proprio rapporto ufficiale con un'elencazione e una classificazione di prima approssimazione di oltre 600 prodotti chimici, impiegati come prodotti finiti e intermedi di sintesi che spesso dovevano essere trasportati nell'intero indotto dell'intera Kanawha Valley.

Abbiamo voluto dare a questa appendice un titolo emblematico, anche perché ci sembra opportuno porre in risalto che le scelte strategiche di fondo della grande azienda responsabile del disastro purtroppo non furono avulse dal contesto generale di altre grandi aziende e di governi locali e nazionali, responsabili comunque di effetti disastrosi sull'ambiente e sulla salute delle popolazioni. Il fatto più grave è che nel caso dell'inquinamento la storia non può essere considerata maestra di vita, viste le scelte adottate da molti organi decisionali in Italia e all'estero ancora in questi primi anni del nuovo secolo.

[Insero]

Un disastro che dura ancora oggi

Trascriviamo uno stralcio dell'introduzione della monografia di Greenpeace [38] riguardante i gravissimi danni ambientali provocati dalla contaminazione dei terreni e delle acque a causa dei residui ancora presenti nell'area ove sorgeva lo stabilimento abbandonato che però non è mai stato completamente bonificato.

Si deve considerare che i componenti della nube di gas furono di durata relativamente breve, mentre invece la fabbrica, ormai abbandonata, resta fortemente contaminata da una serie di inquinanti persistenti, di natura organica ed inorganica. Greenpeace nel 1999 ha per prima studiato la contaminazione all'interno ed intorno al sito, concentrandosi principalmente sulla contaminazione del suolo e dell'acqua potabile.

Comunque, ci sono anche depositi chimici significativi presenti in diversi edifici della vecchia fabbrica. Essi sono posti in esame in questo studio, che aggiorna anche sullo stato di contaminazione del suolo negli stagni dell'ex Union Carbide, soggetti ad evaporazione solare. In essi sono stati scaricate le acque reflue di processo per un periodo di circa sette anni.

Si tratta di un lavoro decisamente di alto livello tecnico, nel quale sono riportate le fotografie dei locali e delle strutture, in completo disfacimento, ancora contenenti però materie prime, semilavorati e prodotti finiti di estrema pericolosità. Vi sono inoltre le mappe con relativi codici utilizzati per la catalogazione dei materiali, le tecniche analitiche impiegate per le determinazioni qualitative e quantitative, i parametri analitici di riferimento e i valori per gli inquinanti determinati e per quelli ipotizzati che sono ancora oggetto di ulteriori studi.

Bibliografia e note

- [1] D. Lapiere, J. Moro, *Mezzanotte e cinque a Bhopal*, Mondadori, Milano, 2001.
- [2] E. Mostacci, L. Cerruti, "Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976. Ricostruzione storica e conseguenze legislative", *La Chimica nella Scuola*, 2011, **2**, pp. 93-105.
- [3] E. Mostacci, L. Cerruti, "Accadde a Seveso, 10 Luglio 1976. Analisi della grande stampa quotidiana", *La Chimica nella Scuola*, in corso di pubblicazione.
- [4] F. Parisi, "Editoriale", *La Chimica e l'Industria* 1985, **67**, pp. 1-2; L. Rosnati, "Ambiente Considerazioni sul disastro di Bhopal", *La Chimica e l'Industria* 1985, **67**, pp. 338-339.
- [5] S. Notargiovanni, "Chimica e Ambiente: Resoconto convegno FILCEA-CGIL 21/02/1986", *La Chimica e l'Industria* 1986, **68**, N.4, pp. 45-47; M. Cerri, C. Tribuno, "Problematiche associate al controllo e ispezione degli impianti chimici", *La Chimica e l'Industria* 1986, **68**, N.5, pp. 60-71; G. Varasi, "Condizionata da incertezze politiche e amministrative la ripresa della chimica in Italia", *La Chimica e l'Industria* 1986, **68**, N.9, pp. 6-11; N. Mazzei "Sistemi di prevenzione e protezione contro le esplosioni e relative tecnologie di progettazione", *La Chimica e l'Industria* 1986, **68**, N.10, pp. 27-29.
- [6] K. S. Jayaraman, "Pesticide plant leak wreaks disaster in India", *Nature*, 1984, **312**, p. 581; K. S. Jayaraman, "Bhopal disaster: Technical inquiry under way", *Nature*, 1985, **313**, p. 89; S. Budiansky, "Bhopal aftermath: Legal complications mount", *Nature*, 1985, **314**, p. 663; A. Lubinska, "EEC plans risk management", *Nature*, 1985, **316**, p. 570; D. L. Sills, "Hazards beyond number", *Nature*, 1985, **317**, pp. 117-118; K. S. Jayaraman, "Bhopal disaster: India blames Union Carbide", *Nature*, 1986, **319**, p. 7.
- [7] "Bhopal – Wikipedia, the free encyclopedia". URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bhopal>. Sito per informazioni di carattere generale in lingua inglese. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [8] "Disastro di Bhopal". URL: http://it.wikipedia.org/wiki/Disastro_di_Bhopal. Sito per informazioni di carattere generale in lingua italiana. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [9] "Bhopal 21esimo Anniversario Del Più Grande Disastro Chimico Della Storia". <http://www.greenpeace.it/bhopal/bhopal.php>. Sito di Greenpeace in italiano molto completo, organizzato per aree tematiche. Al suo interno si trovano importanti informazioni, fra cui una a cronologia esauriente, un'eccezionale scelta di materiale fotografico e una bibliografia di riferimento di notevole ampiezza. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.

Accadde a Bhopal, 3 dicembre 1984

- [10] "Union Carbide Corporation". <http://www.bhopal.com/>. Sito ufficiale della Union Carbide nel quale sono contenute informazioni di rilievo sotto il profilo storico, impiantistico e soprattutto giurisprudenziale. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [11] "U.S. Environmental Protection Agency". <http://www.epa.gov/>. Sito di riferimento statunitense su tematiche di protezione ambientale. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [12] "CDC - The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)". <http://www.cdc.gov/niosh/>. Sito di riferimento su sicurezza e salute dei lavoratori, corredato d'informazioni tecniche sulla tossicità e sui massimi livelli d'esposizione ammissibili per i composti maggiormente pericolosi. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [13] National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), *Assessment and Remediation of Hazardous Waste Contaminated Areas in and around M/s Union Carbide India Ltd., Bhopal*, Nehru Marg, Nagpur, 2010. URL: www.neeri.res.in. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [14] P. R. Kleinförfer, H. C. Kunreuther, *Insuring and Managing Hazardous Risks: From Seveso to Bhopal and Beyond*, Springer-Verlag, (Berlin Heidelberg NewYork London Paris Toyko), Berlin, 1987.
- [15] R. J. Willey, D. C. Hendershot, S. Berger, *The Accident in Bhopal: Observations 20 Years Later*, Prepared for Presentation at American Institute of Chemical Engineers AIChE 2006 Spring National Meeting 40th Annual Loss Prevention Symposium Orlando, Florida.
- [16] Vedi Note 1, 7, 8.
- [17] National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), *Assessment and Remediation of Hazardous Waste Contaminated Areas in and around M/s Union Carbide India Ltd., Bhopal*, cit., nota 13.
- [18] R. Stringer, I. Labunska, K. Brigden, D. Santillo, *Chemical Stockpiles at Union Carbide India Limited in Bhopal: an investigation, Greenpeace Research Laboratories Technical Note*, Greenpeace/Stringer, 2002.
- [19] P. Shrivastava *Long-term recovery from the Bhopal crisis*, cap.5 di: J. K. Mitchell (Ed.), *The long road to recovery: Community responses to industrial disaster*. Volume non più reperibile in Internet, ma disponibile inoltrando specifica richiesta al primo autore del presente articolo.
- [20] "Methyl Isocyanate Chemical Sampling Information", cit., Nota 11.
- [21] Il TLV, Threshold Limit Value, corrisponde al "valore limite di soglia", di concentrazione massima tollerabile di una determinata sostanza chimica aero-dispersa nell'ambiente, espresso in ppm (parti per milione). Il TWA, Time Weighted Average, è la media ponderata nel tempo, considerando tempi di esposizione di 8 ore al giorno, per 40 ore settimanali. Il TLV-TWA Valore Limite di Soglia - Media Ponderata nel Tempo rappresenta la concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi. URL: <http://www.minerva.unito.it/Chimica&Industria/MonitoraggioAmbientale/A4/Confinati3.htm>. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [22] E. Chemello *Desastre em Bhopal*. www.quimica.net/emiliano/artigos/2010setembro-bhopal.pdf Articolo tecnico scientifico di approfondimento su aspetti chimico fisici del disastro. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [23] "Methyl Isocyanate Chemical Sampling Information", cit., nota 11.
- [24] E. Chemello *Desastre em Bhopal*, cit., nota 22.
- [25] National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), *Assessment and Remediation of Hazardous Waste Contaminated Areas in and around M/s Union Carbide India Ltd., Bhopal*, cit., nota 13.
- [26] P. R. Kleinförfer, H. C. Kunreuther, *Insuring and Managing Hazardous Risks: From Seveso to Bhopal and Beyond*, Springer-Verlag, (Berlin Heidelberg NewYork London Paris Toyko), Berlin, 1987, cit., nota 14
- [27] A titolo di riferimento normativo-tecnico citiamo l'ente normativo internazionale ISO International Organization for Standardization (URL: <http://www.iso.org/iso/home.html>), e le metodologie standard per le determinazioni e le analisi quantitative di controllo secondo le norme ASTM American Standard Testing Method (URL: <http://www.astm.org/>).
- [28] R. J. Willey, D. C. Hendershot, S. Berger, *The Accident in Bhopal: Observations 20 Years Later*, Prepared for Presentation at American Institute of Chemical Engineers AIChE 2006 Spring National Meeting 40th Annual Loss Prevention Symposium Orlando, Florida, cit., nota 15.
- [29] L. Rosnati, "Ambiente Considerazioni sul disastro di Bhopal", *La Chimica e l'Industria* 1985, **67**, pp. 338-339, cit., nota 4.
- [30] F. Parisi, "Editoriale", *La Chimica e l'Industria* 1985, **67**, pp. 1-2, cit., nota 4.
- [31] A. Cerroni, *Scienza e società della conoscenza*, Torino, UTET Università, 2008, p. 152. Sulla molteplicità dei modelli della comunicazione scientifica, e su alcune loro applicazioni, si veda: D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele, S. Shi, *Communicating Science in Social Contexts. New models, new practices*, London, Springer, 2008
- [32] Un campo semantico può essere definito come un insieme di parole che appartiene ad una particolare area di significati. Per un approfondimento vedi il nostro secondo articolo su Seveso, nota 3.
- [33] A. Cerroni, *Scienza e società della conoscenza*, cit., alle pp. 131-135 e 154.
- [34] "Bhopal 21esimo Anniversario Del Più Grande Disastro Chimico Della Storia", cit., nota 9. URL: <http://www.greenpeace.it/bhopal/bhopal.php>. Sito in italiano molto completo, organizzato per aree tematiche. Al suo interno si trovano importanti informazioni, fra cui una a cronologia esauriente, un'eccezionale scelta di materiale fotografico e una bibliografia di riferimento di notevole ampiezza. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [35] "Union Carbide Corporation", cit., nota 10.
- [36] R. Stringer, I. Labunska, K. Brigden, D. Santillo, *Chemical Stockpiles at Union Carbide India Limited in Bhopal: an investigation, Greenpeace Research Laboratories Technical Note*, Greenpeace/Stringer, 2002, cit., nota 18.
- [37] "National Institute of Chemical Safety"
<http://www.okbi.hu/index.php/en>. Sito dedicato al controllo dell'impatto dei prodotti chimici, alle condizioni del loro impiego e all'armonizzazione delle procedure previste a livello normativo nazionale e internazionale attraverso l'attività di analisi, ricerca e coordinamento. Data ultimo accesso: 1 agosto 2011.
- [38] R. Stringer, I. Labunska, K. Brigden, D. Santillo, *Chemical Stockpiles at Union Carbide India Limited in Bhopal: an investigation, Greenpeace Research Laboratories Technical Note*, Greenpeace/Stringer, 2002, cit., nota 18.