

# 23 ANNI DI MIE NOTE SU “LA CHIMICA E L’INDUSTRIA” Parte 2: CHIMICA , SICUREZZA E AMBIENTE

*Ferruccio Trifirò*

*In questa seconda nota vengono trattati i seguenti aspetti della chimica riportati nel libro : la dualità della chimica, come ridurre il rischio della produzione chimica e dei prodotti chimici, la regolamentazione europea per lasciare su mercato prodotti più puliti e aspetti innovativi della chimica.*

### **La dualità della chimica**

Le convenzioni internazionali legate alla chimica sono quelle che presentano il maggior coinvolgimento da parte dei diversi paesi. Queste convenzioni sono in gran parte incentrate sulla sicurezza dei prodotti chimici in commercio, che, prodotti, emessi o utilizzati in una singola nazione, possono inquinare altri paesi. Esiste la Convenzione di Montreal per l’eliminazione dei gas che distruggono lo strato di ozono nella stratosfera (che dista 20 km dalla superficie della terra); la Convenzione di Stoccolma sull’eliminazione delle sostanze POP (Persistent Organic Pollutants), in gran parte pesticidi, sostanze stabili, tossiche e che migrano verso i paesi più freddi dove si accumulano; la Convenzione di Basilea sulla proibizione di migrazione incontrollata di rifiuti tossici verso altri paesi; la Convenzione di Kyoto sull’abbattimento dei gas serra; la Convenzione di Rotterdam sull’obbligo, nella vendita di sostanze tossiche, specialmente in paesi in via di sviluppo, di informare i paesi utilizzatori su come gestirle con sicurezza e l’ultima Convenzione, quella di Parigi, sulla distruzione delle armi chimiche. Questa convenzione è stata firmata nel 1993 e vi aderiscono attualmente 192 paesi - solo 6 non l’hanno firmata - e nel 1997 è stata creata un’organizzazione all’Aia (l’OPCW) per il controllo della sua applicazione. Il ruolo dell’OPCW è quello di verificare la distruzione delle armi chimiche accumulate e dei loro impianti di produzione da parte dei paesi firmatari, tenere sotto controllo la produzione mondiale chimica a scopi pacifici, affinché non venga trasformata o utilizzata per produrre armi chimiche e seguire gli avanzamenti della scienza per verificare che non vengano create nuove armi chimiche che possano sfuggire al controllo della convenzione. L’OPCW ha ottenuto nel 2013 il premio Nobel per la Pace, perché la sua esistenza ha evitato l’intervento armato in Siria, quando sono state usate armi chimiche all’inizio del medesimo anno, perché ha convinto la Siria a firmare la convenzione, garantendo a livello internazionale che le armi siriane sarebbero state subito distrutte. L’Italia è stata coinvolta nella distruzione delle armi siriane e ha dato pertanto un contributo alla pace, acconsentendo al trasbordo delle armi chimiche provenienti dalla Siria nel porto di Gioia Tauro, per trasferirle poi su una nave americana dotata a bordo di impianti portatili di distruzione. Tra gli aspetti positivi di questa convenzione bisogna segnalare non solo la distruzione totale degli impianti di produzione di armi chimiche e del 94% delle armi immagazzinate, ma anche di aver aumentato la sicurezza dell’industria chimica, tenuta sotto controllo dalla convenzione, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. Un altro aspetto molto positivo è aver abituato la quasi totalità dei paesi del mondo a collaborare reciprocamente per risolvere problemi comuni e dare loro la sensazione di “vivere sulla stessa barca”; ci si augura che ciò possa essere utile in futuro per risolvere altri problemi cruciali che coinvolgono tutta l’umanità.



### Come ridurre il rischio della produzione chimica?

La conoscenza o l'individuazione del pericolo chimico è solo un campanello di allarme, quello che deve preoccupare è il rischio, ossia che il pericolo si concretizzi in un evento dannoso: il rischio è per definizione il prodotto della probabilità che tale evento dannoso accada e della grandezza delle sue conseguenze negative (magnitudo). Il rischio si può - e si deve - ridurre con misure di prevenzione, che agiscono riducendo la probabilità dell'evento negativo, e con misure di protezione, che agiscono riducendo la magnitudo. La magnitudo è direttamente collegata alle quantità in gioco, quindi diminuendo le quantità di sostanze trattate diminuisce il rischio per tutti i tipi di pericolo. La pericolosità è in gran parte intrinseca alla chimica e alle proprietà dei prodotti



chimici, come la tossicità, l'ecotossicità, l'infiammabilità, l'esplosività, il potere comburente, la corrosività ed esiste anche un pericolo per instabilità, reattività ed esotermicità di una reazione che dipende da altri fattori. Il rischio reale dipende dalla quantità di prodotti utilizzati e da come questi sono maneggiati, immagazzinati, mescolati, trasportati, trasformati e dalla presenza di impurezze. Il rischio, quindi, connesso ad un prodotto chimico che possieda una o più di queste

proprietà intrinseche di pericolo dipende dalla sua tipologia d'uso e dal suo ciclo di vita e destino finale e dalla quantità delle sostanze pericolose utilizzate. Per progettare processi più intrinsecamente sicuri si deve sfruttare una serie di interventi successivi alternativi. Per prima cosa, si deve intensificare (ridurre la quantità di sostanze pericolose e tossiche utilizzate), se non si può, occorre sostituire (usare materie prime meno pericolose e tossiche), se ancora non si riesce, bisogna attenuare (utilizzare sostanze pericolose e tossiche in maniera più sicura) e infine è necessario, in alternativa a tutti gli interventi precedenti, cercare di semplificare i processi e le procedure. Per potere, invece, gestire con sicurezza un processo chimico già realizzato occorre effettuare tutti i seguenti interventi che operino contemporaneamente come barriere successive, per minimizzare il rischio. Si deve dapprima intervenire con una sicurezza intrinseca (eliminando il pericolo attraverso l'uso di materiali e condizioni di processo non pericolosi), poi con una sicurezza passiva (eliminando e minimizzando i pericoli con interventi sull'impianto con una progettazione delle apparecchiature che riducano il rischio, senza aggiunta di dispositivi, per esempio utilizzando recipienti che resistano alla pressione nel caso di incidenti evitando così l'esplosione), poi con una sicurezza attiva (usando sistemi di controllo, di blocco o chiusure d'emergenza, che individuino il pericolo e agiscano per minimizzare l'impatto di un incidente), ed infine con una sicurezza gestionale (procedure di controllo, operative e di manutenzione accurate, di risposta alle emergenze e di procedure per prevenire incidenti o minimizzare gli eventuali effetti). Alla domanda se sia possibile coniugare sviluppo industriale e salute dei lavoratori, dei cittadini e la salvaguardia ambientale la risposta può essere data analizzando lo stabilimento dell'Ilva di Taranto. La risposta è affermativa, ma solo sviluppando al più alto livello tutte le tecnologie del processo. Devono essere ridotte le emissioni convogliate ai camini inserendo nuovi impianti di abbattimento, diminuite le emissioni fuggitive intervenendo sul miglioramento degli impianti di produzione, sulla manutenzione e sulla formazione del personale, diminuite le emissioni diffuse durante l'immagazzinamento e la movimentazione delle materie prime con barriere antipolvere o interventi di copertura in ambienti chiusi tenuti a leggera depressione, aumentata l'efficienza degli impianti di trattamento acque reflue, trovata una collocazione opportuna per i reflui solidi. Infine per realizzare questi miglioramenti è necessario un monitoraggio continuo degli inquinanti. Gli agrofarmaci (definiti anche prodotti fitosanitari o fitofarmaci) sono tutti quei prodotti, di sintesi o naturali, che vengono utilizzati per combattere le principali avversità delle piante (malattie infettive, fisiopatie, parassiti, fitofagi animali e piante infestanti). Gli agrofarmaci sono sicuramente

i prodotti chimici a più alto rischio, in quanto vanno senz'altro a contatto con gli addetti che li preparano e li distribuiscono e con le popolazioni vicine ai terreni agricoli dove sono stati erogati, inoltre vengono ovviamente dispersi nell'ambiente dove possono rimanere per anni e possono adsorbirsi nei prodotti agricoli che poi consumiamo ogni giorno. Il rischio degli agrofarmaci è dovuto: alla tossicità e al pericolo chimico fisico nel contatto verso gli addetti che usano e distribuiscono i prodotti e verso la popolazione vicina; agli effetti sull'ambiente (acqua, altre vegetazioni ed animali); agli effetti tossici sui consumatori dei prodotti agricoli a seguito della loro contaminazione da parte degli agrofarmaci residui. Recentemente gli agrofarmaci sono stati coinvolti in diversi eventi di condanna, e alcuni di questi sono qui di seguito ricordati. È stato convenuto che non si devono utilizzare sostanze sicuramente cancerogene e mutagene sull'uomo, o probabili in quanto provate solo sugli animali, sostanze PBT (persistenti, bioaccumulanti e tossiche) e sostanze vPvB (molto persistenti e molto bioaccumulanti) e POP (Persistent Organic Pollutant). Sono state compiute alcune riflessioni sugli incidenti in spazi confinati, dovuti a un'inadeguata conoscenza della chimica, che continuano a registrarsi nel nostro Paese, a partire da due episodi avvenuti diversi anni fa e che possiamo definire storici: la morte di tredici operai durante la pulizia della cisterna di una nave a Ravenna e quella del ravennate Raffaele Rozzi, avvenuta in Spagna, nel tentativo di salvare due operai che stavano soffocando all'interno di una cisterna. Gli spazi confinati sono ambienti totalmente o parzialmente chiusi, con aperture di



dimensioni ridotte e con poca areazione, i quali non sono stati progettati e costruiti per essere stabilmente frequentati da persone, né destinati ad esserlo, ma possono essere temporaneamente occupati per l'esecuzione di interventi lavorativi di ispezione, manutenzione, riparazione o pulizia. In particolare gli spazi confinati sono: serbatoi, silos, cisterne di camion, condutture, recipienti adibiti a reattori, vasche di raccolta di

acque piovane o liquami, stive di imbarcazioni, recipienti, depuratori, cisterne di carburanti, fosse e reti fognarie, condutture, pozzi, camere di combustione all'interno di forni, tubazioni e ambienti con ventilazione insufficiente o assente. Gli incidenti in spazi confinati sono dovuti ad asfissia per mancanza di ossigeno e presenza eccessiva di  $N_2$ , Ar o  $CO_2$ , o alla presenza di residui di gas tossici o di liquidi, polveri e gas infiammabili. I numerosi incidenti che sono avvenuti in spazi confinati sono stati causati dai seguenti motivi: la scarsissima areazione in luoghi confinati; l'assenza di un dispositivo per areazione forzata; la mancanza di un dispositivo per la protezione delle vie respiratorie; la mancanza di un'imbracatura utile per il recupero dell'infortunato privo di sensi; la mancanza di personale di controllo all'esterno del luogo confinato, munito di tutti i dispositivi di sicurezza.

### **Il Reach: la regolamentazione europea per la sicurezza dei prodotti chimici**

A partire dal 1° giugno 2007 la direttiva europea Reach è diventata operativa per garantire ai cittadini europei la sicurezza dei prodotti chimici presenti sul mercato. Con il Reach saranno per adesso prese in considerazione per la registrazione ed il controllo solo quelle produzioni o importazioni superiori ad 1 t/a, che assommano a circa 30.000 prodotti. I prodotti chimici che superano la quantità di 1 t/a sono soggetti a normative sempre più restrittive all'aumentare della quantità prodotta o importata. Senz'altro sostanze tossiche per l'ambiente, bioaccumulanti, cancerogene, mutagene e influenzanti il sistema riproduttivo dell'uomo difficilmente avranno l'autorizzazione da parte del nuovo ente di controllo europeo, insediatosi ad Helsinki. La registrazione delle sostanze chimiche prevede, secondo la nuova direttiva Reach, una valutazione

della loro pericolosità, una valutazione dei dati di esposizione della sostanza negli scenari di uso e quindi di emissione e così, valutando pericolosità + esposizione, si arriva alla definizione del rischio relativo all'impiego di quella sostanza. Gli utilizzatori a valle della sintesi delle singole sostanze ed i consumatori devono conoscere e rispettare le condizioni d'uso descritte nella scheda di sicurezza, mentre le industrie produttrici dovrebbero verificare che siano rispettate queste condizioni. Lo scenario d'uso vuol dire riportare le condizioni d'uso, descrivere il processo e le condizioni operative, le misure di management del rischio di controllo del pericolo e delle emissioni in tutto il ciclo di vita di un prodotto nella produzione dei singoli ingredienti, nella formulazione dei prodotti ove si realizza l'assemblaggio dei singoli componenti, nell'utilizzo finale del prodotto da parte degli utilizzatori-clienti industriali e dei consumatori (famiglie). Il regolamento Reach porterà non solo al miglioramento della salute del genere umano e dell'ambiente, ma anche alla competitività delle industrie chimiche. La condivisione dei dati è uno dei principi fondanti del Reach: presentando fascicoli comuni e condividendo le informazioni sulle sostanze, le aziende possono aumentare l'efficienza del sistema di registrazione, ridurre i costi ed evitare inutili



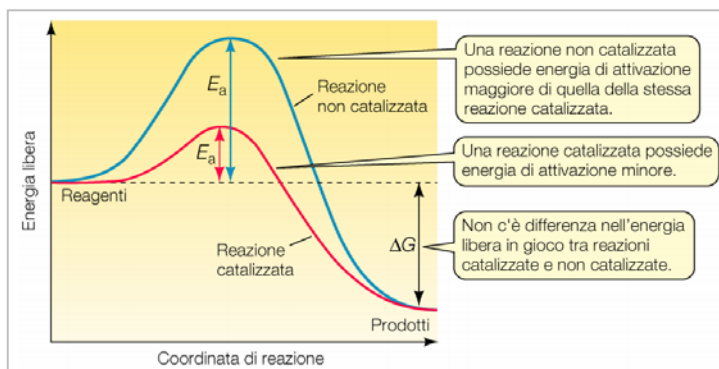
sperimentazioni sugli animali vertebrati. La sperimentazione alternativa a quella sugli animali è ancora una grossa sfida per la ricerca: le prove su animali effettuate nei dossier presentati nel 2013 sono essenzialmente quelle su cancerogenicità, mutagenicità, tossicità orale ripetuta, tossicità per la riproduzione, tossicità sulla pelle su

prove ripetute, tossicità sui pesci ripetute a lungo termine. L'ECHA (l'Agenzia Chimica Europea) a maggio 2018 ha inserito 181 sostanze nella "Candidate List", che raccoglie le sostanze estremamente preoccupanti (SVHC - Substances of Very High Concern), ovvero quelle a più alto rischio per la salute umana e per l'ambiente che sono presenti sul mercato. Le sostanze SVHC sono quelle che possono prevedere effetti cancerogeni o mutageni o tossici per la riproduzione (quindi di categoria 1A o 1B), o PBT (persistenti, bioaccumulanti e tossiche) o vPvB (molto tossiche e molto bioaccumulanti) o tossiche equivalenti, ossia dotate di proprietà di pericolo per la salute umana o per l'ambiente equivalenti alle precedenti (quali, ad esempio, i perturbatori endocrini o i sensibilizzanti respiratori) o per altri motivi, ma di uguale gravità per l'uomo e per l'ambiente. Attualmente sono state registrate 17.000 sostanze di cui si prevede la produzione e/o l'importazione in Europa, mentre nella "Candidate List" si trovano solo 181 sostanze, fra le quali: 24 composti del piombo, 14 del cromo, 9 del cadmio, 7 dell'arsenico, 6 del boro, 5 del cobalto, 2 alluminosilicati e 116 sostanze organiche o metallorganiche con elementi diversi dai precedenti. Nella "Candidate List", oltre alle sostanze inorganiche, che hanno tutte un uso dispersivo, sono presenti anche le sostanze organiche che sono utilizzate in gran parte come monomeri, intermedi, additivi, solventi, componenti di prodotti e reagenti chimici. La "Candidate List" include le sostanze candidate ad essere inserite nella "Authorization List", dove sono elencate quelle per il cui utilizzo è necessaria un'autorizzazione. L'ECHA inserisce nella "Authorization List" le sostanze SVHC realmente presenti nel mercato europeo in una quantità significativa e caratterizzate un largo uso dispersivo, dalla produzione all'uso o alla messa in discarica, e quindi a più alto rischio.

### Alcuni aspetti innovativi dell'industria chimica

Le principali problematiche della società per la risoluzione delle quali occorrono sfide globali sono: salute, invecchiamento della popolazione e benessere; sicurezza alimentare, agricoltura e bioeconomia sostenibile; energia sicura, pulita ed efficiente; trasporto intelligente, integrato e pulito; azioni per il clima, efficienza sotto il profilo delle risorse e delle materie prime. La catalisi è

coinvolta in molti aspetti della produzione di energia, come per esempio la produzione di idrogeno con purezza accettabile ed a basso costo per essere utilizzato nelle celle a combustibile; non ultimo un settore dove s'intravede uno sviluppo della catalisi è la purificazione degli ambienti all'interno degli edifici. I processi di sintesi di intermedi per la chimica fine e per la farmaceutica sono quelli che utilizzano attualmente un maggior numero di reazioni stechiometriche, reagenti tossici e sacrificali e producono elevate quantità di scarti liquidi e solidi. Diventeranno così sempre più importanti in questi settori i processi catalitici e biomimetici e i processi continui, per diminuire i volumi di sostanze tossiche utilizzate o quelli dove queste sono sintetizzate e trasformate *in situ*.  
 ive e sicure. chimica a trovare soluzioni efficaci per aumentarne l'eccesso enantiomerico. La catalisi è coinvolta in molti aspetti della produzione di energia, come per esempio la produzione di idrogeno con purezza accettabile ed a basso costo per essere utilizzato nelle celle a combustibile; non ultimo un settore dove s'intravede uno sviluppo della catalisi è la purificazione degli ambienti all'interno degli edifici. I processi di sintesi di intermedi per la chimica fine e per la farmaceutica sono quelli che utilizzano attualmente un maggior numero di reazioni stechiometriche, reagenti tossici e sacrificali e producono elevate quantità di scarti liquidi e solidi. Diventeranno così sempre più importanti in questi settori i processi catalitici e biomimetici e i processi continui, per diminuire i volumi di sostanze tossiche utilizzate o quelli dove queste sono sintetizzate e trasformate *in situ*.  
 La plastica può farci risparmiare risorse ed energia, consente migliori e più ricchi raccolti alla nostra agricoltura, contribuisce a ridurre le emissioni e l'impatto ambientale attraverso l'isolamento degli edifici e ci permette di utilizzare l'energia proveniente da fonti rinnovabili in maniera ottimale. I materiali richiesti dall'industria manifatturiera devono rispondere alle esigenze di sicurezza, basso impatto ambientale, durabilità, praticità, leggerezza, riutilizzo e biocompatibilità. Le plastiche soddisfano queste esigenze e presentano numerosi vantaggi rispetto ad altri materiali: isolamento acustico, termico, elettrico, meccanico; resistenza alla corrosione; inerzia chimica; inattaccabilità da parte di funghi, batteri e muffe; facile lavorabilità; basso prezzo e colorabilità. Le plastiche vengono utilizzate in tutti i settori della vita quotidiana: tessile-abbigliamento, automobile-trasporti-aerospaziale, elettrico ed elettronica, meccanica, imballaggio, biomedicale, edilizia, arredo, energie rinnovabili e agricoltura. Nel 2016 è stato pubblicato il testo, redatto da AIRI



(Associazione Italiana Ricerca Industriale), dal titolo *Le Innovazioni del prossimo futuro. Tecnologie prioritarie per l'industria, dove vengono illustrate le tecnologie innovative per la chimica da sviluppare nel nostro Paese nel prossimo futuro allo scopo di realizzare un'industria chimica sostenibile. Le innovazioni riportate*

riguardano i seguenti settori: nanotecnologie, microreattori, l'utilizzo di materie prime da biomasse, nuovi materiali a base di grafene 3D, la scienza e la tecnologia delle formulazioni fondamentali nella chimica specialistica.

La Comunità Europea nel gennaio 2018 ha proposto una strategia per il riciclo ed il riutilizzo della plastica, con l'obiettivo, da realizzare entro il 2030, di diminuire l'inquinamento soprattutto del mare, sviluppando nuove tecnologie con cui i prodotti in plastica dovranno essere progettati, realizzati, utilizzati e riciclati. Quindi l'obiettivo è realizzare una economia circolare con una maggiore tutela dell'ambiente e la contemporanea realizzazione anche di una strategia di decarbonizzazione e di rispetto degli accordi di Parigi sui cambiamenti climatici. È previsto lo sviluppo di nuove norme sugli imballaggi per facilitarne il riciclo, per accrescere la domanda di plastica riciclata, aumentare la raccolta differenziata e lo smistamento dei rifiuti.