

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULL'AMBIENTE DEGLI INCIDENTI RILEVANTI

Ing. A. Ricchiuti - Ing. F. Delli Quadri
ANPA, via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma

Sommario

Il presente lavoro analizza l'aspetto relativo all'impatto ambientale degli incidenti rilevanti sulla base delle informazioni contenute nella Banca Dati Incidenti Rilevanti BIRD dell'ANPA, ed è strutturato in tre parti :

- la prima parte evidenzia le caratteristiche strutturali/applicative della Banca Dati ANPA, indicandone anche le recenti modifiche apportate e gli sviluppi futuri programmati;
- la seconda parte si propone di affrontare, in termini generali, la problematica della contaminazione ambientale da incidenti rilevanti. Con riferimento a dati ed informazioni fornite da diverse Banche Dati internazionali e da studi condotti in merito, infatti, vengono trattati aspetti del problema quali: sostanze coinvolte, componenti ambientali maggiormente colpite, distribuzione e dinamica degli inquinanti rilasciati nell'ambiente, monitoraggio biologico degli effetti degli incidenti, ecc., ed evidenziate alcune difficoltà relative alla determinazione di altri elementi quali: la frequenza degli incidenti con impatto ambientale, la quantificazione dei danni arrecati, ecc.;
- la terza parte mostra e commenta i risultati di alcune rielaborazioni dei dati in possesso dell'ANPA, confrontandoli successivamente con quelli riportati in analisi similari condotte sulla base dei dati contenuti in altre Banche Dati, ivi compresi quelli estrapolati da documentazione prodotta in ambito comunitario (Major Accident Hazards Bureau del JRC di Ispra), in merito alle sostanze pericolose per l'ambiente, con particolare attenzione per l'ambiente acquatico. Il confronto peraltro fa emergere una notevole coerenza tra i dati e le osservazioni sintetizzate nel presente lavoro e quelli indicati nella documentazione reperita a livello internazionale.

1. La Banca Dati BIRD dell'ANPA

Originariamente implementata su personal computer mediante il software dBASE III PLUS della Ashton-Tate, la banca dati ha subito successive modifiche finalizzate ad una progressiva semplificazione e versatilità di gestione dei dati contenuti: la versione attuale ha mantenuto sostanzialmente la struttura iniziale in record da 28 campi, ma si è avvalsa di software più potente (Access '97 Microsoft); i campi sono stati notevolmente estesi e disposti in ogni record in gruppi distinti a seconda dell'aspetto trattato, sono state infine attivate tecniche di filtraggio dei record (offerte da Access) estremamente utili per velocizzare le ricerche. Si prevedono altri sviluppi futuri per potenziare e migliorare questo strumento, rivelatosi di importanza fondamentale per la molteplicità degli impieghi riscontrati nell'ambito delle attività dell'ANPA, proprie e di supporto al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ed alle altre Amministrazioni con cui si interfaccia.

Nel presente lavoro si focalizza l'attenzione sugli incidenti con impatti sull'ambiente contenuti nella Banca Dati BIRD, valutandone la distribuzione per diversi parametri di interesse (come la tipologia dell'ambiente coinvolto, le conseguenze dannose arrecate allo stesso, le sostanze pericolose per l'ambiente coinvolte), e fornendo informazioni relative ad ulteriori aspetti ed elementi che caratterizzano gli incidenti con impatto sull'ambiente: svolgimento analisi post-incidentali, comportamento dei rilasci di inquinanti nell'ambiente, monitoraggio dei danni ambientali, ecc.

Tutto questo coerentemente con il ruolo di organismo preposto alla protezione ambientale che per definizione compete all'ANPA.

Il criterio di selezione degli eventi da inserire nella Banca Dati Incidenti Rilevanti ANPA prevede la considerazione sia degli incidenti "rilevanti" in quanto tali, secondo la definizione del D.Lgs.334/99, sia degli eventi potenzialmente in grado di generare incidenti rilevanti, ma che hanno comunque visto il coinvolgimento di sostanze pericolose (tossiche, esplosive, infiammabili, pericolose per l'ambiente).

Le informazioni sugli incidenti sono ricavate da vari tipi di fonti: rapporti di analisi di incidenti a carattere scientifico, documenti interni e/o privati; siti internet specifici, notizie di stampa.

La Banca Dati Incidenti Rilevanti contiene circa 5000 incidenti, alcuni dei quali, come detto, occorsi nell'ambito di impieghi diversi da quello meramente industriale (trasporto e stoccaggio di sostanze pericolose, depositi commerciali, attività estrattive, ecc.). Ogni incidente è schematizzato in un record, composto, come già detto, da 28 campi, ciascuno codificato con un nome relativo al tipo di informazione da inserire nel campo stesso. Nel gruppo di campi relativo alle informazioni di carattere tecnico è stato aggiunto, conformemente all'obiettivo prefissato, un ulteriore campo di testo, nominato "IMPAT", indicante

la “componente ambientale contaminata”, in cui viene appunto specificato il tipo di componente oggetto di contaminazione a seguito di un incidente (acque superficiali, acque sotterranee, suolo, fauna, ecc).

2. Aspetti caratteristici dell’impatto sull’ambiente degli incidenti chimici

Gli studi che hanno affrontato la problematica dell’impatto ambientale degli incidenti chimici (sia di quelli rilevanti che di quelli minori) sono stati mirati a: migliorare la comprensione dell’importanza degli effetti ambientali degli incidenti; determinare la tipologia dei siti coinvolti; identificare le tipologie di sostanze rilasciate; determinare la quantità e la qualità degli impatti; individuare le componenti ambientali maggiormente in pericolo.

Tali studi hanno evidenziato come l’impatto ambientale di ogni incidente dipenda da un considerevole numero di variabili, quali: sostanze coinvolte, preesistenza di inquinanti nell’ambiente, matrici ambientali inquinate a seguito dell’incidente, topografia e meteorologia del sito. La scarsità di approcci sistematici per la valutazione dei danni all’ambiente causati dagli incidenti chimici non sorprende se si considera l’ampiezza e complessità dell’argomento. Probabilmente la difficoltà maggiore è dovuta al fatto che l’evoluzione ambientale ed ecologica (ecotossicologica) della maggior parte delle sostanze non è completamente nota.

Tutte le componenti fisiche, chimiche e biologiche dell’ambiente modificano l’esposizione degli organismi agli inquinanti, rendendo la valutazione dell’impatto sull’ambiente ancora più complessa.

Per i diversi inquinanti esiste una gamma di dati ecotossicologici disponibili, ma è estremamente difficile individuare, specie in situazioni incidentali, quali siano quelli rilevanti; molti scenari incidentali coinvolgono più sostanze chimiche; virtualmente tutti gli ecosistemi risultano da complesse interazioni di specie biologiche: tutto questo complica notevolmente la valutazione degli effetti ambientali degli incidenti chimici.

L’eterogeneità delle cause, delle sostanze coinvolte e delle componenti ambientali potenzialmente soggette a contaminazione rende, come già accennato, particolarmente complessa la valutazione dell’effettivo impatto sull’ambiente di un incidente occorso.

Le fasi in cui dovrebbe essere articolata l’effettuazione di una esauriente valutazione a posteriori dell’impatto sull’ambiente di un incidente accaduto sono: determinazione delle sostanze chimiche coinvolte, individuazione delle componenti ambientali contaminate, determinazione della distribuzione degli inquinanti, valutazione della dinamica degli inquinanti nelle diverse componenti ambientali contaminate, monitoraggio biologico degli effetti degli incidenti.

2.1 Elementi ricavabili dall’analisi dell’esperienza storica di incidenti chimici

L’analisi degli eventi occorsi in passato è uno strumento importante per valutare la natura e gli effetti sull’ambiente degli incidenti chimici. Le ricerche svolte a tale riguardo, pur evidenziando lacune nella quantificazione oggettiva dei danni ambientali, forniscono comunque utili informazioni per quanto riguarda la tipologia dei composti maggiormente coinvolti negli incidenti ed elementi sulla frequenza di tali eventi.

Importanti elementi ricavati dall’analisi storica di incidenti sono:

- Esistenza di diverse banche dati a livello internazionale che raccolgono le informazioni rese disponibili (MHIDAS, MARS, EnvIDAS, OECD, ecc). Tali inventari di incidenti sono usualmente dettagliati e forniscono informazioni di interesse sugli incidenti chimici. Le risultanze dell’analisi statistica riguardante sostanze o classi di composti coinvolti negli incidenti variano ovviamente a seconda del database che si considera, poiché ogni database tratta insieme più o meno ristretti di tipologie di sostanze in relazione alle esigenze e agli obiettivi che esso si prefigge.
- Tipologie e cause degli incidenti chimici: da un’analisi statistica condotta dalla UK Public Fire Service si evince che la tipologia di incidenti più diffusa è sicuramente quella delle perdite e sversamenti, seguita dagli incendi e a decrescere da rilasci gassosi, reazioni divergenti, esplosioni. Sempre secondo la medesima fonte le cause predominanti degli incidenti chimici sono da attribuire per il 34% ad errore umano, per il 16% a difetti di apparecchiature e per il 9% a cedimento di serbatoi/contenitori. Al riguardo si può anticipare una certa corrispondenza di risultati con quelli ricavati dalla Banca Dati ANPA.

Quelle evidenziate sono solo alcune (le principali) tra le possibili cause di incidenti individuate in base all’analisi dell’esperienza storica. Esse appaiono contrastabili attraverso un miglioramento delle procedure di lavoro, dell’addestramento del personale ed in generale dei sistemi di gestione della sicurezza. Altre cause, come ad esempio incidenti di trasporto e atti dolosi, sono ovviamente più difficilmente prevedibili, e necessitano di strategie e misure di controllo ad hoc.

Dai dati reperiti in letteratura si può concludere che l’analisi degli effetti ambientali degli incidenti, in base all’esperienza storica, può essere concentrata sugli scenari incidentali di sversamento ed incendio. Al riguardo va rilevato come possa essere relativamente facile proteggere l’ambiente da sversamenti: i moderni impianti e stoccaggi possono essere progettati in maniera tale da contenere perdite o rilasci nelle

acque superficiali e sotterranee; vi è quindi la possibilità di prevenire questa tipologia di scenario che, nel caso in cui si verifici, comporta effetti ambientali considerevoli. Risulta invece molto più difficoltosa la protezione dell'ambiente dalle conseguenze degli incendi; ciò in relazione, soprattutto, ai consistenti volumi di acqua antincendio impiegati per spegnere le fiamme, tali, in genere, da superare la capacità dei sistemi di contenimento adottati, e in grado di provocare quindi, oltre che inquinamento atmosferico da gas combustibili e inquinamento del suolo da particelle solide sparse dai fumi, anche danni ambientali per contaminazione delle acque sotterranee e superficiali.

- Sostanze chimiche coinvolte negli incidenti chimici e pericolose per l'ambiente: le fonti reperite evidenziano un lungo elenco di sostanze coinvolte, di cui molte però risultano essere gas o liquidi estremamente volatili con tempi di permanenza limitati nelle componenti ambientali interessate; sostanze chimiche pericolose per l'ambiente, perché persistenti in modo duraturo nel sito contaminato, risultano essere, oltre ai PCB, acidi e basi minerali (acidi cloridrico, solforico, fosforico, fluoridrico, idrossidi di sodio e calcio, ipoclorito di sodio, ecc.). Tali sostanze presentano forte pericolosità per il suolo, ove possono persistere per lungo tempo; se sversati in ambiente acquatico mostrano un certo impatto iniziale ma poi vengono rapidamente neutralizzati.

Per l'ambiente acquatico sono state individuate, come particolarmente pericolose, sostanze quali cianuri, fenoli e loro composti (molto tossiche) e criolite e cumene (tossiche), in quanto persistenti nell'ambiente acquatico; tra le sostanze molto tossiche ma non persistenti in ambiente acquatico si evidenzia il solfuro di potassio; si segnala infine la pericolosità associata alle schiume antincendio, ai prodotti di pirolisi e ai rifiuti e scarti di attività minerarie e di impianti di trattamento.

In generale per una efficace prevenzione dell'inquinamento ambientale da incidenti dovrebbero essere tenuti sotto particolare controllo quei gruppi di sostanze che risultano storicamente, anche per l'ampiezza della loro diffusione ed utilizzo, maggiormente coinvolte negli incidenti: prodotti di raffinazione del petrolio, cloro e derivati, ammoniaca, acidi minerali; appare pertanto pienamente giustificata l'introduzione nella Direttiva Seveso II di obblighi specifici per i gestori di sostanze pericolose per l'ambiente, tra le quali rientrano appunto alcuni prodotti petroliferi di larga diffusione.

- Entità delle conseguenze degli incidenti chimici correlata alle sostanze coinvolte e alle quantità rilasciate: le caratteristiche di pericolosità e tossicità più critiche associate ad una sostanza sono quelle relative all'ambiente acquatico (acque superficiali, acque sotterranee, falde), in quanto, storicamente, gli effetti più severi si manifestano in tale componente. La persistenza di una sostanza, come già accennato, è un altro importante parametro: maggiore è la persistenza, maggiore sarà il tempo richiesto per il recupero dell'ecosistema danneggiato. D'altra parte incidenti coinvolgenti sostanze molto tossiche ma poco persistenti possono comunque richiedere lunghi tempi di recupero dell'ambiente contaminato, a causa dell'estensione delle conseguenze e del fatto che gli habitat colpiti non sono completamente incontaminati all'atto dell'incidente. I pesticidi risultano spesso coinvolti in incidenti particolarmente rilevanti, per effetto della loro tossicità in ambiente acquatico e per il fatto che spesso queste sostanze vengono rilasciate simultaneamente nel corso dell'evento interagendo con l'ecosistema in modo sinergico, con notevole potenziamento delle conseguenze apportate.

Le conseguenze determinate dai derivati del petrolio risultano spesso meno severe di quelle create da altre sostanze pericolose per l'ambiente acquatico; la gestione dell'emergenza è infatti normalmente meglio definita e le squadre di emergenza più preparate ad affrontare rilasci di idrocarburi grezzo anziché di altre sostanze meno note o diffuse.

Si segnala, infine, come un'ampia categoria di sostanze, non ancora classificate come pericolose per l'ambiente, è risultata coinvolta in incidenti con severi danni ambientali.

In termini quantitativi una importante conclusione, estrapolabile dall'analisi dell'esperienza storica, è costituita dal fatto che, per alcune sostanze, anche rilasci di limitate quantità possono causare gravi danni ambientali.

- Frequenza degli incidenti chimici: accadono certamente con frequenza apprezzabile ma, in generale, solo alcuni determinano rilevanti danni ambientali; non è ovviamente possibile stabilire con precisione la frequenza di incidenti chimici con impatto sull'ambiente, poiché spesso molti eventi non vengono registrati. Tuttavia si riportano alcuni dati in merito reperiti in letteratura. Il database NRA (National River Authority) raccoglie dati sugli effetti che gli incidenti chimici provocano sull'ambiente d'acqua dolce nel Regno Unito; i dati statistici ricavati rivelano che in Gran Bretagna il numero annuo di incidenti con contaminazione delle acque dolci, originati da industrie chimiche, ammontano circa a 100 (gli altri sono originati da attività come la depurazione di acque e liquami, attività agricole ecc.). Altri dati rilevati dal NRA indicano che gli incidenti chimici costituiscono, comunque, un importante sorgente di contaminazione a lungo termine dell'ambiente. Le banche dati AHE e ERNS (USA), contenenti informazioni su un cospicuo numero di incidenti chimici, stimano una frequenza annua di circa 5500

incidenti chimici, solo negli USA, con il coinvolgimento di circa 45500 tonnellate di sostanze chimiche, di cui molte fortemente tossiche e persistenti nell'ambiente; la Banca Dati BIRD dell'ANPA, infine, nel periodo 1998-2000 rileva in media una frequenza annua di circa 9 incidenti ambientali rilevanti accaduti nel mondo.

2.2 Elementi ricavabili dall'analisi dell'esperienza storica di incendi chimici

Gli incendi rappresentano una tipologia di incidenti chimici da cui può essere estrapolata una notevole quantità di informazioni sull'impatto ambientale. Infatti le componenti ambientali di solito coinvolte consentono l'effettuazione di analisi ambientali post-incidente dettagliate. Sono stati reperiti in letteratura interessanti risultati ricavati da ispezioni in campo ed analisi approfondite condotte successivamente ad incendi che hanno visto il coinvolgimento di sostanze chimiche di ampia diffusione:

- Sviluppo di inquinanti rilasciati da incendi chimici: incendi di sostanze plastiche producono una considerevole quantità di inquinanti: metalli pesanti, composti inorganici (di cui il monossido di carbonio risulta essere il più tossico), composti organici (monomeri di plastiche, idrocarburi poliaromatici, sostituti del benzene ecc.). Questi vengono dispersi generalmente sotto forma di particelle di fuliggine, benchè i composti organici semi-volatili possano essere rilasciati nell'ambiente in fase vapore. La dispersione dipende dalla quantità di sostanze rilasciate, dalla diffusione delle fiamme e dalle condizioni meteorologiche.

Inoltre spesso accade, come già evidenziato, che la contaminazione dovuta allo sversamento dell'acqua antincendio utilizzata risulti maggiore di quella dovuta alla volatilizzazione delle sostanze coinvolte. I suoli nelle aree ad alta densità industriale sono infatti spesso fortemente contaminati già prima dell'evento. L'acqua antincendio utilizzata tende a mobilizzare le sostanze inquinanti e, dunque, a disperderle nell'ambiente potenziando l'effetto di contaminazione. Può quindi verificarsi che parte degli inquinanti trascinati dall'acqua antincendio siano frutto di contaminazioni preesistenti, il che può rendere difficile la valutazione degli effetti strettamente conseguenti all'incidente. Inoltre bisogna considerare che gli stessi materiali costruttivi degli edifici di impianti o magazzini coinvolti negli incendi possono determinare effetti indesiderati sull'ambiente in caso di incendio.

- Impatto sull'ambiente: l'impatto ecologico è risultato variabile: da effetti praticamente trascurabili a seri danni all'ambiente circostante. La natura del sito contaminato condiziona ovviamente i successivi effetti su vegetazione, flora e fauna presenti nel sito stesso. L'inquinamento del suolo da incidenti si traduce in una varietà consistente di effetti sulle componenti citate, che però non sono facilmente evidenziabili se l'habitat colpito risulta già contaminato. Nel caso di sito relativamente incontaminato è invece possibile osservare chiaramente la tipologia di conseguenze ed impatti arrecati. Tuttavia, anche se gli effetti prodotti risultano apprezzabili, essi generalmente coinvolgono aree ristrette, con impatti poco critici nel più ampio contesto regionale o nazionale. L'inquinamento degli habitat acquatici comporta invece, generalmente, effetti ecologici più severi.

I composti organici clorurati nel caso di incendio risultano particolarmente critici, in merito all'impatto ambientale creato, sia per la quantità che per la tipologia di inquinanti rilasciati, che possono includere diossine e furani, notevolmente pericolosi per l'ambiente, in relazione alla loro stabilità e conseguente persistenza.

2.3 Sintesi degli elementi reperiti e misure di gestione del rischio

L'analisi dell'esperienza storica degli incidenti, finalizzata alla valutazione del loro impatto ambientale, richiede che i dati riportati nelle fonti reperite siano il risultato dell'applicazione di una serie di attività, necessarie per stimare la dispersione degli inquinanti rilasciati/prodotti a seguito dell'incidente ed i danni provocati, quali :

- individuazione delle componenti ambientali contaminate;
- determinazione della distribuzione degli inquinanti;
- valutazione della dinamica degli inquinanti nelle componenti contaminate;
- monitoraggio degli effetti biologici.

I riferimenti disponibili appaiono carenti al riguardo, fornendo solo in alcuni casi informazioni sufficientemente dettagliate. L'applicazione pratica di tale procedura risulta, infatti, estremamente complessa per le seguenti ragioni: gli incidenti possono causare il rilascio di più sostanze chimiche, specie in caso di incendio; i prodotti di pirolisi da incendi sono di solito molto differenti e spesso più tossici delle sostanze che subiscono pirolisi; gli inquinanti possono essere transitori a causa della loro tensione di vapore e/o caratteristiche di degradazione biologica/chimica, il che rende più difficoltosa la valutazione del loro impatto sull'ambiente; molti incidenti si verificano in aree urbane e/o industriali già contaminate da una vasta gamma

di inquinanti, rendendo così difficile associare gli inquinanti osservati ad uno specifico evento incidentale; non è sempre evidente il tipo di specie o parametro biologico da prendere in esame per la valutazione degli effetti; per molti organismi è necessario considerare la migrazione e l'immigrazione dalle zone contaminate; può passare molto tempo prima che gli inquinanti mostrino effetti apprezzabili sull'ambiente; è disponibile un numero estremamente ridotto di dati per valutare gli effetti sinergici ed antagonisti delle miscele di sostanze chimiche su fauna, flora e vegetazione.

La complessità del problema rende quindi necessario disporre, da parte degli organi preposti al controllo ed all'emergenza, di adeguate risorse e competenze specifiche per valutare l'insieme dei danni apportati all'ambiente ed applicare le opportune strategie di intervento ai fini della sua protezione e risanamento. Nel caso di risorse limitate, per una valutazione dell'impatto e delle misure di protezione o risanamento dell'ambiente ci si dovrebbe concentrare su eventuali specie o habitat rari minacciati dagli inquinanti rilasciati a seguito dell'incidente. Naturalmente se l'incidente può comportare danni alla salute umana questo determina le priorità di intervento, specialmente in caso di disponibilità di risorse limitate.

Per quanto concerne la specifica problematica degli incendi di sostanze chimiche e del loro impatto sull'ambiente, i riferimenti analizzati evidenziano:

- la possibilità di sviluppo di altre sostanze in grado di causare severi danni all'ambiente, in seguito a pirolisi di sostanze chimiche;
- che gli incendi di plastiche, pesticidi e metalli possono provocare il rilascio nell'ambiente di metalli pesanti;
- la criticità degli incendi che coinvolgono organoclorurati, con possibilità di sviluppo di diossine e furani;
- che l'inquinamento risulta in genere fortemente localizzato intorno alla zona di incendio;
- che lo sversamento delle acque antincendio è una delle maggiori cause di inquinamento da incendio di sostanze chimiche, per cui è necessario intervenire per evitare contaminazioni consistenti delle acque superficiali.

Questi elementi possono essere utilizzati per focalizzare le risorse necessarie alla protezione dell'ambiente dai rischi di incidenti, nonché per implementare procedure atte a minimizzare la frequenza di accadimento di un incidente ed a proteggere le componenti ambientali eventualmente coinvolte.

Ad esempio:

- in fase di attuazione delle misure impiantistiche e gestionali di riduzione dei rischi, deve essere adeguatamente considerato l'impatto ambientale connesso agli incendi, in relazione al possibile conseguente rilascio di inquinanti organici ed inorganici;
- è necessario implementare specifiche procedure gestionali di sicurezza per prevenire gli incendi negli impianti o negli stoccaggi con grandi quantità di materie plastiche;
- è necessario implementare adeguate modalità di gestione e smaltimento delle acque antincendio utilizzate;
- in caso di incendio di sostanze chimiche può risultare conveniente lasciare consumare l'incendio limitando l'intervento al controllo delle fiamme fino ad estinzione; ciò chiaramente nel caso in cui le sostanze combuste rilasciate non siano particolarmente tossiche e non ci sia rischio di estensione dell'incendio.

3. Analisi degli incidenti con impatto sull'ambiente contenuti nella Banca Dati BIRD dell'ANPA

L'obiettivo dell'analisi è stato quello di estrarre dalla Banca Dati ANPA, elementi utili in merito all'impatto ambientale degli eventi incidentali, sia dal punto di vista delle conseguenze arrecate alle diverse componenti ambientali, sia dal punto di vista delle attività e sostanze pericolose principalmente coinvolte. I risultati ottenuti sono stati, quindi, confrontati con quelli sintetizzati nei precedenti paragrafi ed estratti da alcune Banche Dati internazionali e da fonti di letteratura [2], [3], [4], al fine di valutare la consistenza ed attendibilità dei dati contenuti nella Banca Dati dell'ANPA.

A livello operativo è stata condotta una preliminare revisione generale di tutti gli incidenti già contenuti nella Banca Dati, evidenziando gli eventuali effetti sull'ambiente con l'inserimento di uno specifico campo relativo alle componenti ambientali contaminate. Si è quindi proceduto all'aggiornamento dell'archivio informatico con l'inserimento di circa 200 nuovi incidenti. Per ogni incidente con valenza "ambientale" è stata poi effettuata:

- un'analisi delle cause (dirette, indirette, generali e specifiche);
- una identificazione e quantificazione degli effetti;
- una valutazione delle misure di emergenza adottate;
- una estrapolazione, ove possibile, di ulteriori elementi utili a fini informativi.

Per la realizzazione di una ricerca mirata e specifica sull'impatto ambientale ci si è avvalsi dell'operazione di filtraggio delle maschere (records) della Banca Dati, operazione ampiamente semplificata (per un uso più facile ed immediato) attraverso una recente specifica modifica apportata alla struttura della Banca Dati. Il filtraggio consiste in sostanza in una ricerca per "chiavi" degli incidenti rispondenti alla tipologia desiderata e contraddistinta dalla "chiave" di interesse. Nel caso specifico la principale chiave di riferimento è "impat", che caratterizza, in BIRD, gli incidenti con effetti ambientali.

Sono stati individuati 578 incidenti con impatto ambientale su un totale di circa 5000 eventi al momento archiviati in BIRD, corrispondenti ad una percentuale del 12% circa.

Successivamente, all'interno di questa classe di incidenti, è stato eseguito un lavoro di filtraggio al fine di valutarne la distribuzione secondo diversi parametri di interesse:

- a. tipologia di incidente con conseguenze ambientali (incendio, esplosione, rilascio);
- b. tipologia di componente ambientale contaminata a seguito dei diversi scenari incidentali;
- c. tipologia di attività coinvolte;
- d. tipologia di sostanze inquinanti coinvolte;
- e. principali attività coinvolte per le diverse macroclassi di sostanze inquinanti individuate;
- f. tipologia di cause generali/specifiche degli incidenti;
- g. tipologia di cause generali/specifiche degli incidenti in impianti fissi;
- h. tipologia di conseguenze sull'ambiente;
- i. principali attività coinvolte nella contaminazione delle diverse componenti ambientali;
- j. sostanze inquinanti coinvolte nella contaminazione dei diversi componenti ambientali;
- k. classificazione degli incidenti sulla base dell'entità di danni provocati all'ambiente;
- l. sostanze inquinanti coinvolte negli incendi.

Si commentano di seguito le diverse distribuzioni ottenute.

a.

La rielaborazione dei dati BIRD per tipologia di scenario incidentale mostra una netta prevalenza dei rilasci come origine di contaminazione dell'ambiente. Risultano infatti ben 497 casi di rilascio-perdita-spillamento su un totale di 578 incidenti individuati (figura 1).

E' importante precisare che nelle ricerche condotte nella Banca Dati sono state incluse (salvo diverso avviso) anche le attività di trasporto, nonostante lo scopo del lavoro sia orientato principalmente sugli effetti ambientali degli incidenti in impianti fissi.

Risultati come quello appena commentato appaiono comparabili con le informazioni desunte da altre fonti bibliografiche [3].

b.

Le componenti ambientali che appaiono maggiormente coinvolti a seguito dei diversi scenari incidentali sono le acque superficiali, la fauna ed il suolo. Per le esplosioni e gli incendi come era prevedibile, anche l'inquinamento atmosferico risulta essere una delle conseguenze ambientali più frequenti. Lo scenario di maggior interesse è ovviamente, in relazione alla sua maggior frequenza, quello dei rilasci (figura 2). I risultati appaiono coerenti, nella sostanza, con la situazione inquadrata dai dati ricavati in bibliografia sulle principali forme di contaminazione associate agli incidenti.

c.

Nell'analisi delle attività coinvolte si è cercato di aggregare in classi il più possibile omogenee le diverse tipologie di attività, classificate in BIRD in modo piuttosto ampio e differenziato. Escludendo il trasporto di sostanze pericolose, che costituisce il 50% delle attività interessate da incidenti chimici con effetti sull'ambiente, in relazione alla carenza di protezioni e mitigazioni immediate sul teatro degli incidenti. L'industria chimica di processo e lo stoccaggio appaiono le tipologie di attività più coinvolte, almeno secondo i dati contenuti nella Banca Dati BIRD. Tra le industrie chimiche di processo il maggior numero di casi riscontrato si riferisce alle industrie di pesticidi/erbicidi, seguite da quelle di produzione/lavorazione degli acidi e di chemicals. A livelli comparabili si pone l'industria di raffinazione e petrolchimica (figura 3).

d.

Analisi più di dettaglio sono state eseguite riguardo le sostanze coinvolte.

Si è cercato innanzitutto di individuare lo stato fisico delle sostanze più frequentemente coinvolte negli incidenti chimici, che nel 58% dei casi è risultato essere quello liquido. Il risultato è coerente con i precedenti (prevalenza di rilasci) e con quelli commentati più avanti.

A seguire si è condotta una valutazione sulle caratteristiche di pericolosità delle sostanze (figura 4) a titolo principalmente informativo, visto che non riveste un particolare interesse, a parte per quelle classificate come pericolose per l'ambiente, ai fini del monitoraggio degli effetti sull'ambiente. Le sostanze maggiormente coinvolte negli incidenti appaiono essere quelle infiammabili, esplosive e tossiche; questo tipo di analisi potrà assumere un significato maggiore in futuro, allorché sarà possibile

inserire l'ulteriore categoria delle sostanze pericolose per l'ambiente verificandone l'effettivo contributo nei riguardi dei danni all'ambiente in caso di incidente.

Di maggior interesse sono i dati emersi sulle macroclassi di sostanze coinvolte: gli idrocarburi risultano dominanti per il 57%, con discreta coerenza con le rilevazioni di alcune Banche Dati [3]. Tra gli idrocarburi, poi, i responsabili del maggior numero di casi incidentali risultano essere grezzo, idrocarburi liquidi e composti aromatici (figura 5), dati attendibili poiché sufficientemente corrispondenti a quelli analizzati nelle fonti bibliografiche [3]. Stessa considerazione per i non idrocarburi principalmente coinvolti negli scenari incidentali (figura 6) : cloro, ammoniaca, acidi, cianuri e pesticidi. In particolare per gli acidi, che rappresentano il maggior numero di casi riscontrati, sono state evidenziate le diverse specie di acidi coinvolti. Si nota il rilevante contributo dell'acido solforico. Se si confronta questo dato con le informazioni estratte da altri database [3] si intravede una certa rispondenza: la tabella associa infatti all'acido cloridrico il primato di frequenza, ma immediatamente a seguire troviamo l'acido solforico; ciò ovviamente in relazione all'esteso utilizzo di queste sostanze.

e.

Una ulteriore analisi condotta sulle sostanze pericolose coinvolte negli incidenti sembra evidenziare che per gli idrocarburi le principali attività a rischio risultano essere in ordine decrescente il trasporto, lo stoccaggio e di seguito l'industria, con una netta predominanza del trasporto che contribuisce per il 68% dei casi di incidenti. Diversamente per i non idrocarburi, fermo restando il primato, anche se meno evidente del trasporto (32%), acquista rilevanza l'industria chimica di processo (27%), seguita dall'industria più generale ed infine dallo stoccaggio.

f.- g.

Per l'individuazione delle cause più comuni di incidenti con impatto ambientale è stata effettuata una prima verifica includendo le attività di trasporto, benchè i dati così ottenuti siano di limitato interesse. Infatti l'attività del trasporto "maschera" il reale risultato poiché la causa "urto" appare indiscutibilmente come prevalente.

Un filtraggio sulle cause specifiche mostra come, secondo i dati BIRD, sempre includendo le attività di trasporto, le principali sub-cause di errore umano siano associate a problemi gestionali (mancato rispetto o carenze di procedure) e di manutenzione, quelle meccaniche a problemi di corrosione/erosione e malfunzionamenti di valvole. L'urto è invece principalmente connesso ad incidenti in mare e stradali; infine le cause esterne origine degli incidenti con effetti ambientali sono identificabili principalmente nei movimenti del suolo (terremoti, frane, smottamenti, ecc.) e in atti di sabotaggio.

Un'ulteriore affinamento della ricerca BIRD, effettuata escludendo gli incidenti di trasporto, ha condotto ai seguenti risultati: gli errori umani interessano 51 casi su 121, risultando la causa più frequente, seguiti dai difetti meccanici e quindi dalle cause esterne. Si conferma, per le cause specifiche, il problema generale già riscontrato delle carenze gestionali, in termini di procedure di carico/scarico e manutenzione, come origine degli errori umani, della corrosione e dei malfunzionamenti di valvole come origine delle cause meccaniche, mentre risultano predominanti gli atti di sabotaggio per quanto concerne le cause esterne. L'urto in questa seconda estrapolazione non è stato analizzato visto che riveste, per gli impianti fissi, un'importanza decisamente minore. I dati estratti con riferimento esclusivamente agli impianti fissi, risultano in buon accordo con i risultati raccolti dalla UK Public Fire Services [3].

h.

L'introduzione del campo "impat" nella struttura della maschera BIRD ha consentito di valutare la distribuzione degli incidenti con impatto ambientale secondo la tipologia di componente ambientale contaminata. Dal filtraggio si ottiene il risultato mostrato in figura 7, dove è evidente che l'ambiente acquatico è quello più frequentemente colpito dagli eventi incidentali, seguito dalla fauna (soprattutto ittica coerentemente con quanto appena rilevato) e quindi dal suolo e dall'atmosfera. Il risultato può essere considerato attendibile, visto che trova riscontro, oltre che con il senso comune, con i dati reperiti nelle fonti bibliografiche [1].

i.

L'attività principalmente responsabile di contaminazioni ambientali, per tutte le componenti, risulta essere sempre il trasporto. Escluso questo, risulta che le acque vengono inquinate per lo più a causa di incidenti interessanti l'industria chimica di processo e gli stoccaggi; il suolo è contaminato principalmente da attività di stoccaggio; la fauna dall'industria, in generale, e da quella di processo, in particolare.

j.

Proseguendo nell'analisi delle componenti ambientali contaminate a causa di incidenti, sono state individuate, per ognuna, le classi di sostanze inquinanti maggiormente coinvolte.

Prevedibile la predominanza degli idrocarburi per quanto riguarda le acque ed il suolo, mentre per la fauna appaiono lievemente prevalenti i non-idrocarburi per il 56% dei casi.

Tra gli idrocarburi i dati BIRD rivelano ancora una volta che grezzo, benzina e composti aromatici primeggiano come contaminanti per tutte le componenti ambientali (figura 8). Per i non idrocarburi al primo posto compaiono indiscutibilmente gli acidi (figura 9), seguiti da ammoniaca, metalli, cianuri e pesticidi in ordine diverso per le tre componenti ambientali (suolo, fauna, acque).

k.

Si è proceduto tentativamente ad una classificazione degli incidenti chimici con impatto ambientale, sulla base dell'entità di danni apportati all'ambiente, secondo i criteri riportati in [8]. I dati necessari sono stati in realtà reperiti per un numero limitato di incidenti e con qualche incertezza, poiché pochi sono i casi di incidenti per i quali l'entità dei danni è risultata riportata in modo così dettagliato da poter stimare i parametri presi a riferimento dalla fonte citata.

l.

E' stata infine effettuata una ricerca delle sostanze pericolose coinvolte negli incendi, tipologia di scenario di peculiare interesse nell'ambito delle analisi di impatto ambientale degli incidenti, come già evidenziato. La percentuale di idrocarburi, il cui contributo è prevalente anche in questo caso, è lievemente più bassa (51%) rispetto al caso generale e pressoché confrontabile con quella dei non-idrocarburi (49%). Si conferma quasi la stessa graduatoria delle tipologie di idrocarburi maggiormente coinvolte, mentre tra i non idrocarburi i casi più frequenti di incendi risultano quelli relativi ai pesticidi, seguiti da alcoli e cianuri (figure 44, 45).

4. CONCLUSIONI

L'obiettivo principale del presente lavoro è stato quello di approfondire l'aspetto relativo all'impatto sull'ambiente degli incidenti registrati nella Banca Dati BIRD dell'ANPA, al fine di poter estrapolare, da tale approfondimento, delle considerazioni generali, utili per inquadrare la problematica della contaminazione ambientale nell'ambito del rischio tecnologico ed industriale.

Dalle informazioni ottenute tramite rielaborazione dei dati BIRD, considerando la buona coerenza dei risultati ottenuti con quelli desumibili a livello internazionale da altre Banche Dati, che si sono proposte di affrontare una simile tematica, si ricava che:

- gli incidenti chimici con impatto ambientale risultano associati per lo più a scenari di rilascio/perdita di sostanze chimiche. Un contributo apprezzabile, anche se statisticamente meno rilevante rispetto ai rilasci, è fornito, soprattutto in relazione all'elevato numero di componenti ambientali coinvolte e di inquinanti rilasciati, dagli incendi, per i quali in questo rapporto è stata pertanto condotta un'analisi specifica;
- le sostanze maggiormente coinvolte risultano essere gli idrocarburi liquidi, come era da attendersi in considerazione della loro diffusione e del loro utilizzo. Tra gli idrocarburi, poi, risultano ai primi posti in merito alla problematica della contaminazione ambientale da incidenti, grezzo, idrocarburi liquidi e composti aromatici. Tuttavia è importante notare che le conseguenze ambientali provocate dai derivati del petrolio risultano meno severe, a parità di quantità coinvolte, di quelle create da altre sostanze pericolose per l'ambiente acquatico, verosimilmente per una più frequente migliore gestione dell'emergenza.

L'analisi dei non idrocarburi evidenzia una ricorrenza di incidenti con cloro, ammoniaca e acidi (tra cui l'acido solforico e quello cloridrico detengono il primato). Altri composti particolarmente critici appaiono i pesticidi (essenzialmente organoclorurati) e altre sostanze clorate.

Da uno studio condotto specificatamente per l'ambiente acquatico [9] sono emerse ricorrenze di incidenti coinvolgenti ulteriori specifiche sostanze pericolose (perché tossiche per gli organismi acquatici): sostanze molto tossiche (cianuri e fenoli e composti) e tossiche (criolite e cumene) persistenti nell'ambiente acquatico; sostanze molto tossiche ma non persistenti in tale ambiente (solfuro di potassio); schiume antincendio e prodotti di pirolisi; rifiuti e scarti di attività minerarie e di impianti di trattamento; sostanze non classificate come pericolose per l'ambiente ma potenzialmente tali; inoltre, sempre per l'ambiente acquatico, si evidenzia la rilevanza dei rilasci di idrocarburi derivati del petrolio, con una particolare criticità dei rilasci di prodotti di raffineria rispetto al petrolio grezzo.

Lo studio ha evidenziato, infine, il coinvolgimento, negli incidenti con severi danni ambientali, di una vasta categoria di sostanze non ancora classificate come pericolose per l'ambiente.

In termini quantitativi una importante conclusione, estrapolabile dall'analisi dell'esperienza storica, è costituita dal fatto che anche rilasci di limitate quantità di alcune sostanze possono causare gravi danni ambientali;

- un'analisi delle attività principalmente coinvolte negli incidenti con impatto ambientale ha evidenziato risultati coerenti con quelli appena descritti: escludendo il trasporto, che occupa la posizione dominante tra le attività a rischio, l'industria chimica e lo stoccaggio sono più frequentemente responsabili di incidenti "ambientali". L'industria chimica, che vede ai primi posti tra i settori coinvolti la produzione-trattamento di pesticidi e quella di acidi e solventi, conferma quanto già accennato al punto precedente relativamente al contributo dei non idrocarburi. Lo stoccaggio conferma invece la criticità degli idrocarburi, per lo più grezzo e prodotti di raffinazione. Inoltre, sempre per lo stoccaggio, magazzini di prodotti chimici per l'agricoltura risultano spesso coinvolti negli incidenti con impatto ambientale sull'ambiente acquatico;
- le componenti ambientali più frequentemente contaminate risultano essere, praticamente per tutte e tre le tipologie di scenari analizzate, l'ambiente acquatico (per lo più superficiale), seguito dalla fauna e dal suolo. In queste componenti le sostanze inquinanti rilasciate hanno una diversa persistenza ed evoluzione, a seconda delle loro proprietà chimico-fisiche e dipendentemente dalle caratteristiche del sito colpito. In particolare la rete fluviale appare la tipologia di acque superficiali più colpita, principalmente a causa del rilascio di idrocarburi liquidi da attività di trasporto e stoccaggio;
- per quanto riguarda le cause determinanti gli incidenti "ambientali" occorsi in impianti fissi e nel trasporto, l'urto risulta essere la tipologia più frequente, nel caso in cui si includa il trasporto, seguita da malfunzionamenti meccanici ed errori umani. Negli impianti fissi prevalgono invece errori umani e difettosità meccaniche. Questo aspetto evidenzia l'importanza dell'implementazione da parte dei gestori di un corretto sistema di gestione della sicurezza come richiesto, peraltro, dal D.Lgs. 334/99;
- un tentativo di classificazione degli incidenti in base alla "entità" di danni apportati all'ambiente ha evidenziato, con riferimento ai parametri proposti in bibliografia [8], la scarsità nelle fonti di informazioni disponibili sulle conseguenze degli incidenti. In futuro dovrà essere accresciuto, da parte degli organi preposti, lo sforzo per acquisire informazioni più estese ed attendibili sulla magnitudo degli impatti ambientali degli incidenti; a tale riguardo è stata avviata dal sistema delle Agenzie ambientali la creazione di una rete di segnalazione ed analisi degli eventi incidentali, che dovrebbe auspicabilmente integrarsi con le iniziative poste in essere dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

FIG.1: DISTRIBUZIONE DEGLI INCIDENTI CON IMPATTO AMBIENTALE PER TIPOLOGIA DI INCIDENTE

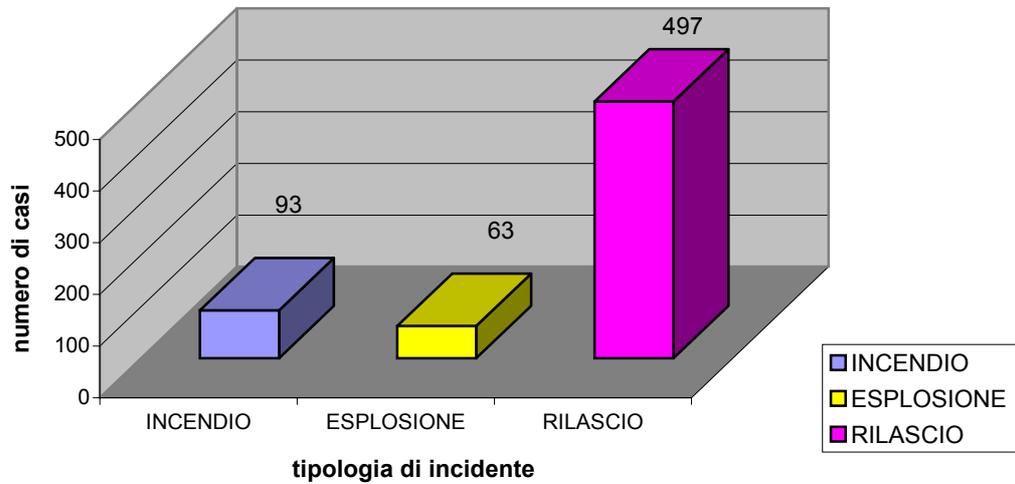


FIG. 2: Componenti ambientali contaminati dai RILASCI
(numero di casi totali : 675)

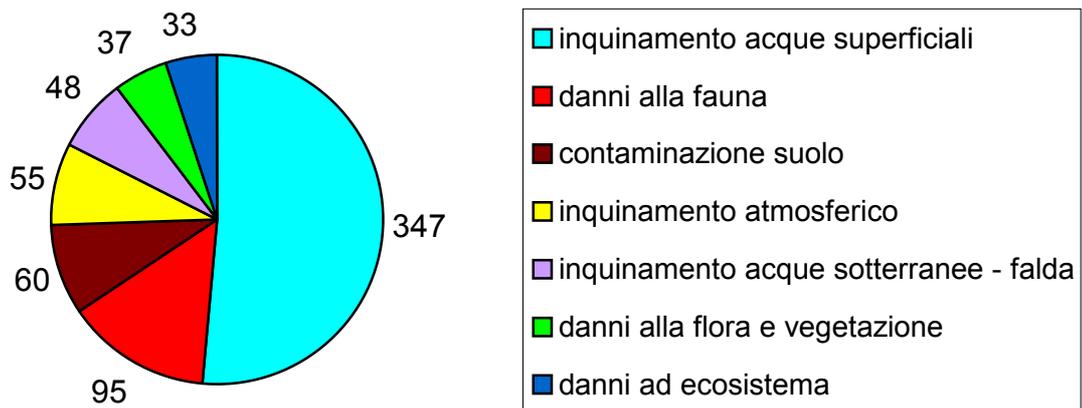


FIG. 3: Distribuzione incidenti con impatto ambientale per tipologia di attività.

Casi con tipologia di attività specificata : 532 su 578 di cui :

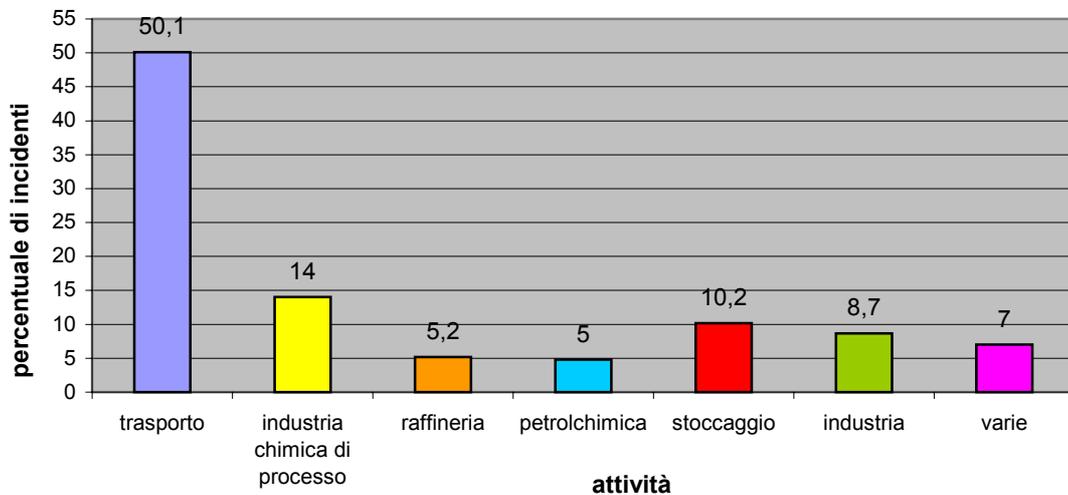


FIG. 4: Distribuzione degli incidenti con impatto ambientale per categoria di pericolosità sostanze coinvolte (numero di casi totali : 1019)

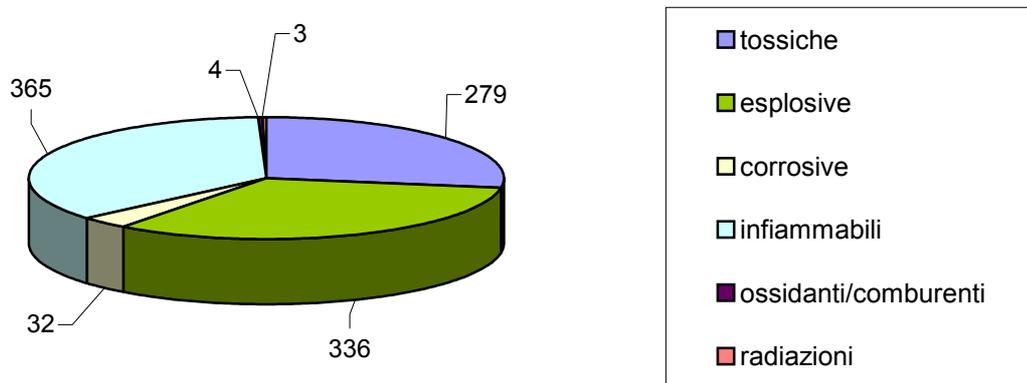


FIG. 5: Tipologie di IDROCARBURI coinvolte negli incidenti con impatto ambientale (numero totale di casi : 328)

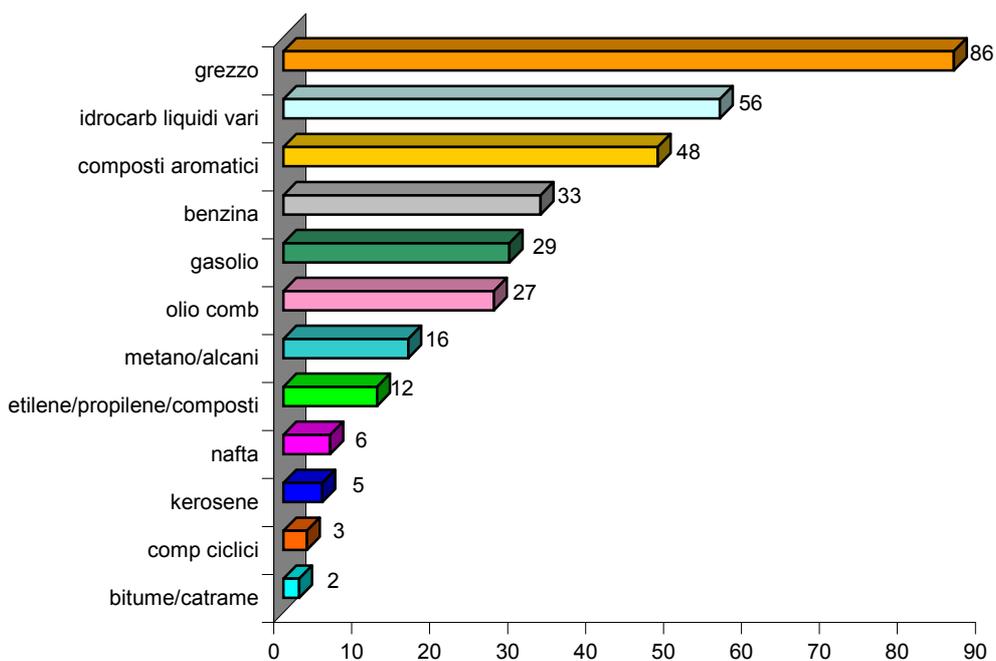


FIG. 6: Tipologie di non idrocarburi coinvolte negli incidenti con impatto ambientale (numero di casi totali 239)

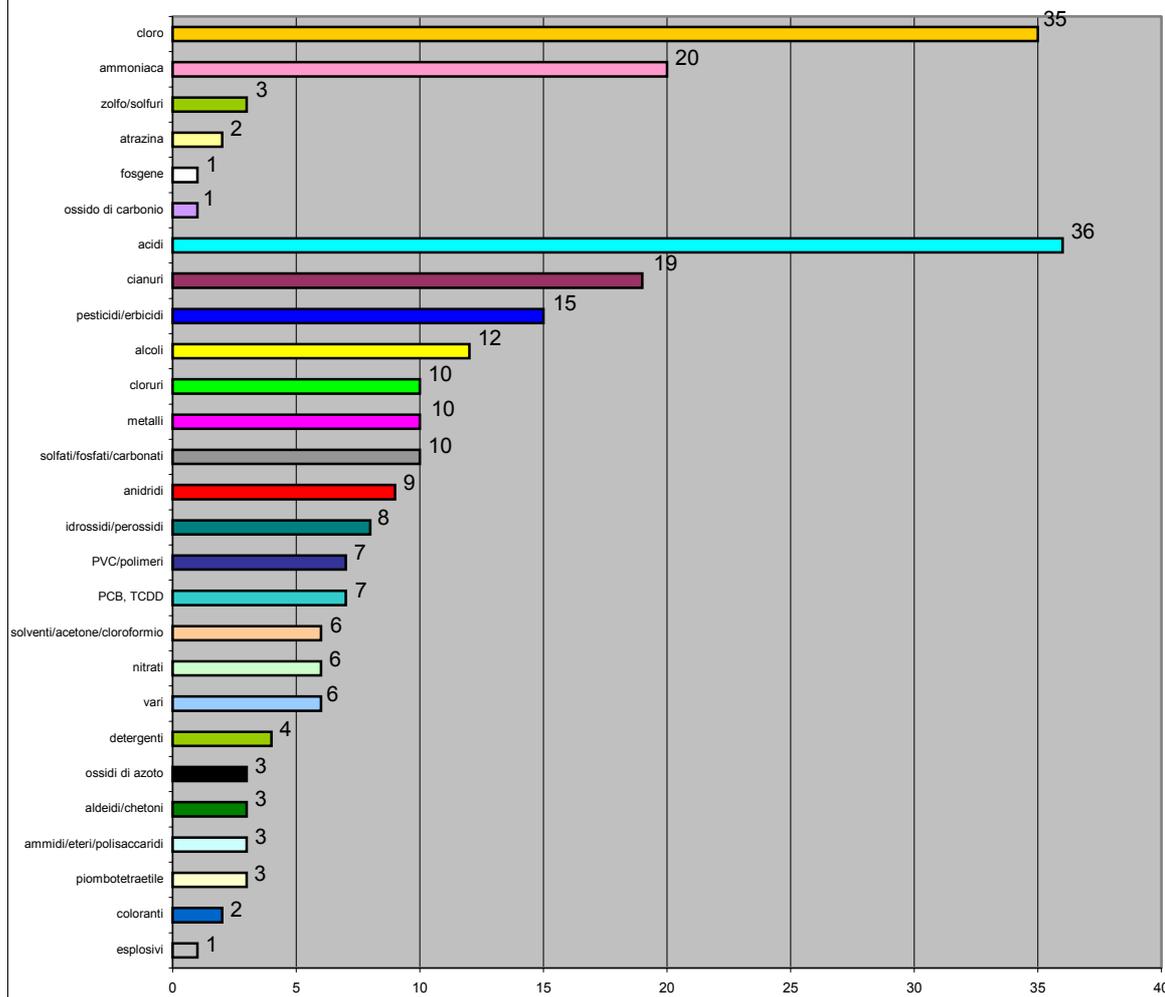


FIG. 7: Principali conseguenze sull'ambiente riscontrate negli incidenti BIRD con impatto ambientale (numero di casi totali : 790)

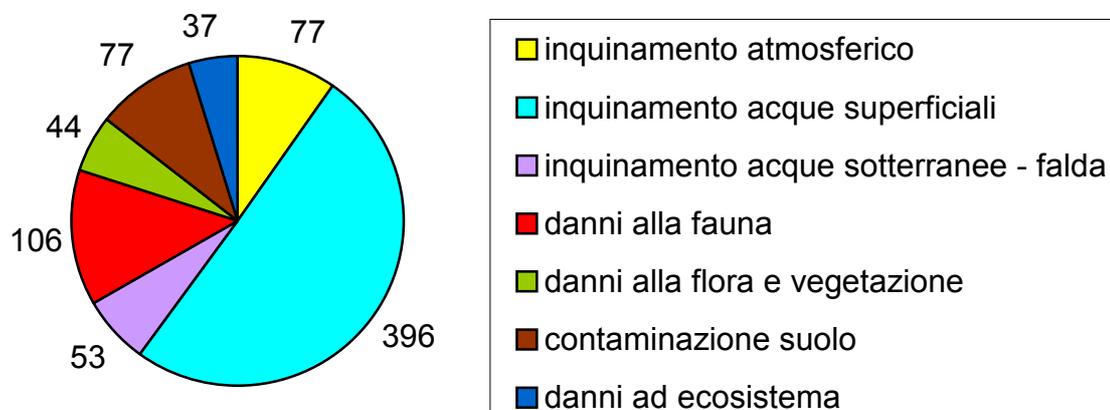


FIG. 8: IDROCARBURI coinvolti nella contaminazione delle ACQUE da incidenti

(secondo i dati BIRD)

numero di casi totali : 289

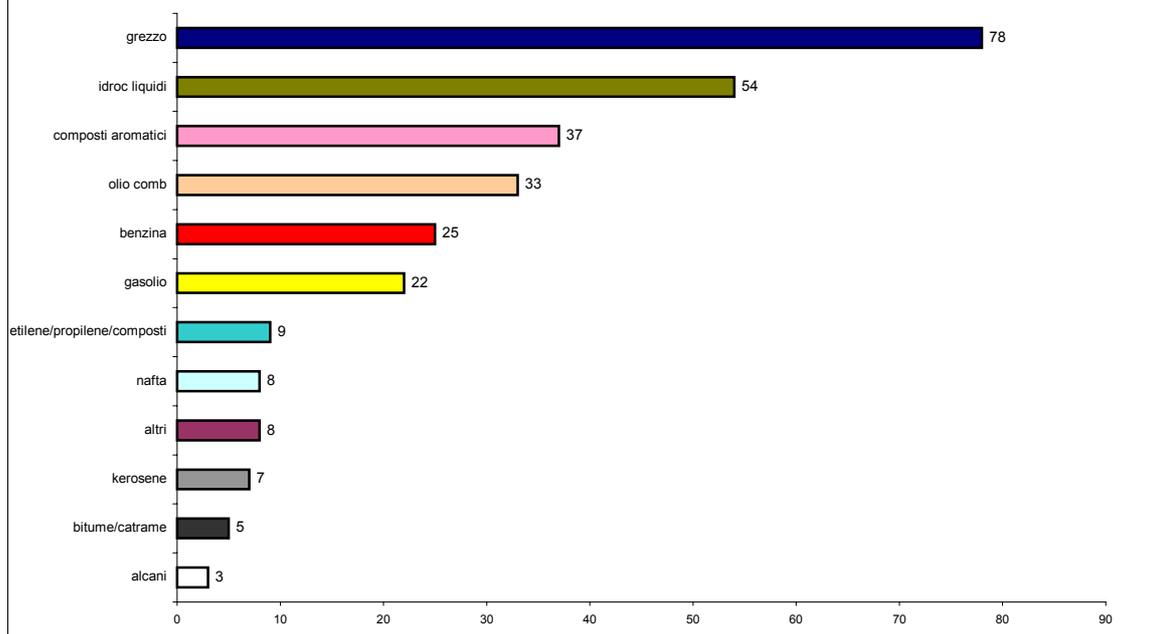


FIG. 9: NON IDROCARBURI coinvolti nella contaminazione delle ACQUE da incidenti

(secondo i dati BIRD)
numero di casi totali : 118

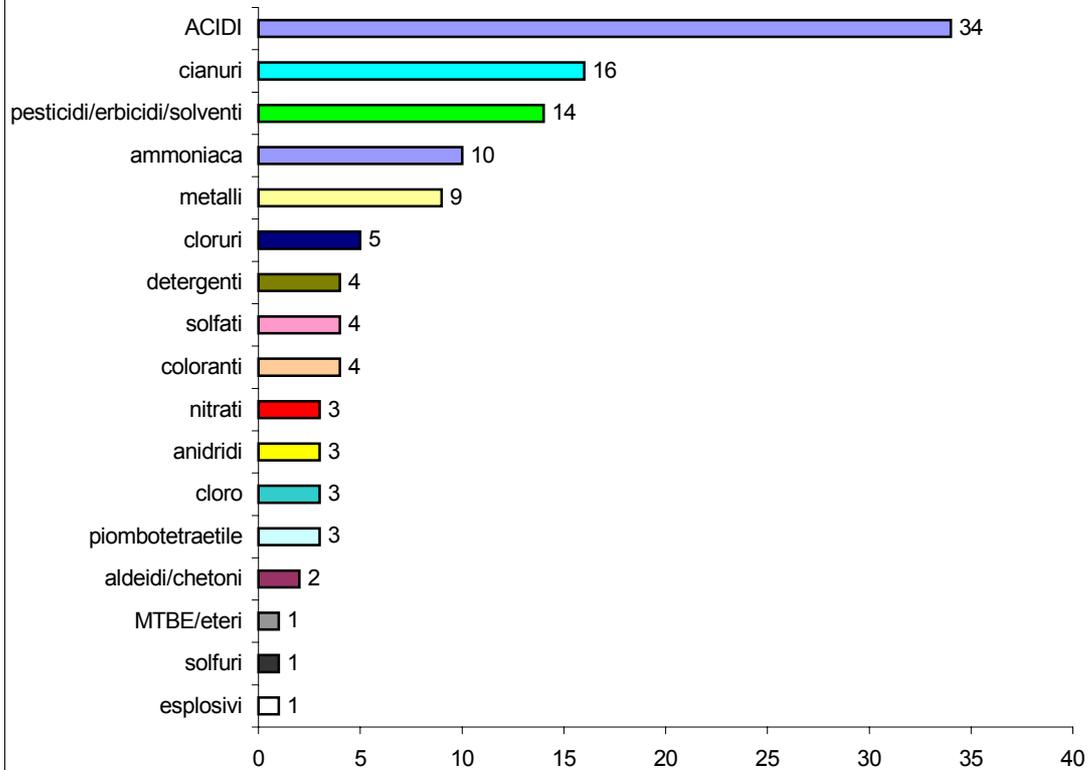


FIG. 10: Idrocarburi coinvolti negli INCENDI con impatto ambientale contenuti nel BIRD (numero di casi totali : 52)

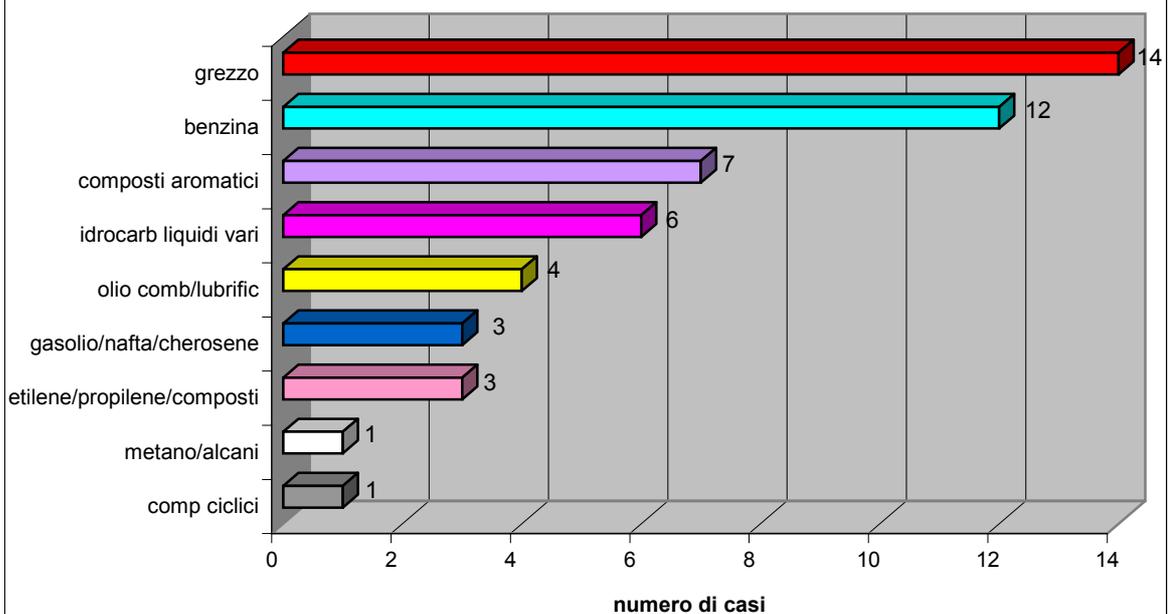
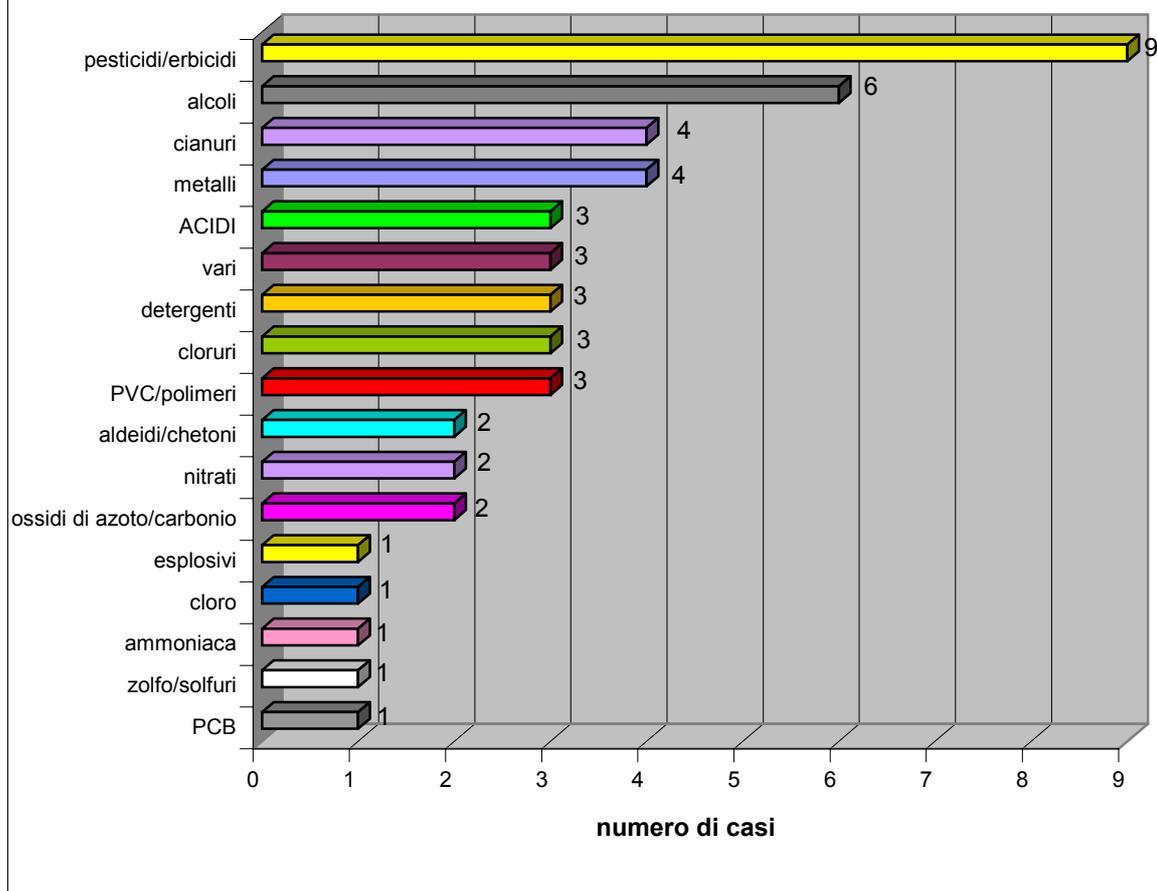


FIG. 11: Non idrocarburi coinvolti negli INCENDI con impatto ambientale contenuti nel BIRD (numero di casi totali : 49)



BIBLIOGRAFIA

- [1] **Environmental follow-up of industrial Accidents**
Report dell'Istitute of terrestrial Ecology – Department of the Environment, Transport and the Regions USA (Ottobre 1997)
- [2] **Water pollution incidents in England and Wales.**
Water Quality series N° 13. NRA (1993)
- [3] **Chemical incidents handled by the United Kingdom fire service in 1980.**
Maclean AD (1981). J.Hazard. Mater.
- [4] **A case study of a chemical spill : polychlorinated biphenyls (PCB)**
Roberts JR, Cherry JA and Schwartz FW (1982)
- [5] **Soil and Groundwater protection**
EIDOS/IWS – Commission of the European Communities Joint Research Centre of Ispra (Maggio 1997)
- [6] **La Banca Dati Incidenti Rilevanti dell'ANPA**
Dipartimento Ambiente, prevenzione, risanamento e sistemi informativi – Settore Rischio Industriale – A.Ricchiuti/D.Esposito (Aprile 1998)
- [7] **Aggiornamenti dei contenuti della struttura della Banca Dati Incidenti Rilevanti dell'ANPA**
Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale – Settore Rischio nelle Attività Industriali – A. Ricchiuti/G. Dell'Aquila (Aprile 2000)
- [8] **Journal of hazardous material 59 (1998).**
C. Kirchstaiger. JRC
- [9] **Substances Dangerous for The Environment (in the context of Council Directive 96/82/EC)**
JRC-EC-MAHB – Michalis Christou (Aprile 2000)