

la 2,3,7,8-T₄CDD nel Gruppo 1 (cancerogena per l'essere umano), e gli altri PCDD e PCDF nel Gruppo 3 (non classificabili in relazione alla cancerogenicità per l'essere umano). Studi sperimentali hanno dimostrato una serie di effetti tossici di PCDD e PCDF che riguardano, tra l'altro, lo sviluppo neurocomportamentale, il sistema immunitario, e il sistema endocrino.

Mediante fattori di tossicità relativa o TEF (*toxicity equivalency factors*) – normalizzati rispetto alla 2,3,7,8-T₄CDD (TEF=1) – si possono trasformare i dati analitici congenere-specifici in equivalenti di tossicità del predetto congenere, ed esprimere il livello complessivo di PCDD e PCDF in una matrice con un unico valore cumulativo in unità TE o TEQ. Il *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) per PCDD, PCDF, e DL-PCB insieme è 14 pgWHO-TE/kg-bw.

4.1.3.2.2. Policlorobifenili.

Nei paesi occidentali, la produzione industriale dei policlorobifenili (PCB) è stata interrotta da oltre un ventennio. Essi costituiscono una famiglia di 209 composti (congeneri), differenti a seconda del grado di clorurazione e, per uno stesso grado di clorurazione (gruppo omologo), della posizione degli atomi di cloro (isomeri posizionali). Le varie miscele commerciali – Aroclor, Clophen, Fenclor, Kaneclor, etc. – si distinguono in base alla percentuale in peso di cloro presente, a volte indicata nell'identificazione della miscela stessa: per esempio, l'Aroclor 1254 contiene il 54 per cento in peso di cloro, mentre l'Aroclor 1260 ne contiene il 60 per cento. La diversa percentuale di cloro si riflette sullo stato fisico delle miscele, che aumentano la loro densità all'aumentare del grado di clorurazione. La solubilità in acqua, generalmente molto bassa, diminuisce ulteriormente all'aumentare del grado di clorurazione, passando da frazioni di µg/L per le miscele meno clorate ad alcuni mg/L per quelle con alto contenuto di cloro.

Le miscele commerciali dei PCB sono costituite da un elevato numero di congeneri, di solito 50–80, di cui solo una frazione minore in concentrazioni >1 per cento in peso. Circa 80 dei 209 possibili congeneri risultano sistematicamente «assenti» (<0.05 per cento) nelle miscele più usate. La contaminazione delle matrici ambientali è di solito il risultato dell'esposizione a miscele di PCB diverse, con 20–30 componenti in concentrazioni maggiori dell'1 per cento in peso.

Per le loro doti di stabilità chimica e fisica – stabilità termica, resistenza agli acidi e alle basi, non infiammabilità, etc. – i PCB sono stati ampiamente utilizzati come fluidi dielettrici nei trasformatori e nei condensatori elettrici; sono stati inoltre largamente impiegati come fluidi idraulici, veicolanti o diluenti sinergici dei pesticidi, plastificanti, ritardanti di fiamma, fungicidi, componenti di vernici. In conseguenza di un così vasto impiego, di un frequente improprio smaltimento, e della loro elevata persistenza ambientale, i PCB sono ormai contaminanti ambientali

ubiquitari. A causa della loro lipofilità ed elevata persistenza biologica, i PCB hanno tendenza al bioaccumulo.

La tossicità dei PCB, dimostrata su animali di laboratorio, e sull'essere umano in seguito a esposizione occupazionale e accidentale, si manifesta con disordini cutanei, perdita di peso, danni epatici, disfunzioni endocrine e riproduttive. Studi sulla cancerogenicità dei PCB su modelli animali hanno messo in evidenza il loro scarso potere genotossico; pertanto essi vengono considerati cancerogeni promotori piuttosto che iniziatori. Non è stata ancora trovata una chiara evidenza che l'esposizione ai livelli ambientali di PCB sia correlabile a un aumento di rischio cancerogeno nell'uomo. La IARC ha classificato i PCB come probabili cancerogeni per l'essere umano (Gruppo 2A).

La tossicità dei PCB è correlata alla struttura dei singoli congeneri: sotto il profilo tossicologico, un interesse particolare è legato a quei congeneri approssimativamente «stereoisomeri» della 2,3,7,8-T₄CDD — i 12 DL-PCB già menzionati — i cui anelli fenilici possono disporsi sullo stesso piano in quanto le posizioni *orto* non sono sostituite o sono sostituite con un solo cloro. L'azione tossica di questi congeneri è simile a quella della 2,3,7,8-T₄CDD, ma di minore intensità; il rischio tossicologico derivante dall'esposizione ai DL-PCB viene dunque valutato sulla loro concentrazione totale espressa in equivalenti di 2,3,7,8-T₄CDD (TEQ) calcolati moltiplicando la concentrazione analitica di ciascun congenero per il corrispondente fattore di tossicità equivalente (TEF).

Negli ultimi anni, sono stati condotti numerosi studi per caratterizzare l'attività tossicologica dei PCB non-diossina-simili (NDL-PCB), prevalenti nelle matrici ambientali e alimentari. Per molti di questi congeneri è stata dimostrata attività immunotossica e la capacità d'interferire con l'omeostasi endocrina. In particolare per alcuni congeneri è stata dimostrata *in vitro* e *in vivo* un'azione simil-estrogenica e tireostatica. Si ammette, tuttavia, che i risultati di molti studi possano essere stati influenzati dalla presenza di tracce di composti con azione tossica diossina-simile, più potenti dei NDL-PCB.

4.1.3.3. *Inquinanti persistenti d'origine inorganica.*

I metalli sono elementi chimici presenti naturalmente nella biosfera ma l'uso antropogenico provoca una loro diversa distribuzione nell'aria, nell'acqua, e nel suolo: ciò porta anche a una diversa esposizione degli organismi a tali elementi. Alcuni dei metalli più spesso coinvolti in casi d'inquinamento ambientale sono l'arsenico, il cadmio, il cromo, il mercurio, il piombo, il rame, e lo zinco. Le possibili fonti di contaminazione sono costituite dalle industrie petrolchimiche, estrattive, metallurgiche (fonderie), meccaniche (processi galvanici), chimiche (materie plastiche, vernici e smalti), e ceramiche. In Italia, la contaminazione di origine urbana — una volta derivante dagli impianti d'incenerimento di rifiuti solidi urbani, dai combustibili per autotrazione, e dall'impiego di carbone e gasolio nel riscaldamento domestico — ha oggi meno rilevanza. Un ele-

mento essenziale nella valutazione della tossicità dei metalli è la loro forma chimica.

A causa degli esiti di rilevamenti locali in varie zone della Campania, l'attenzione per il biomonitoraggio verrà posta soprattutto sui livelli ematici di cadmio e mercurio.

4.1.3.3.1. *Cadmio.*

Sebbene impiegato a livello industriale solo in tempi relativamente recenti, il cadmio (Cd) riveste un ruolo molto importante per le sue svariate applicazioni: viene impiegato principalmente nella galvanoplastica o nei processi di galvanizzazione, come pigmento per pitture e plastiche, e come materiale catodico per le batterie a nichel-cadmio. Il cadmio è un sottoprodotto dell'estrazione dello zinco e del piombo.

La solubilità in acqua dei sali di cadmio varia da composto a composto: alcuni sali, come il solfuro, il carbonato e l'ossido, sono praticamente insolubili, ma possono essere trasformati in natura in sali solubili per azione dell'ossigeno e degli acidi; solfato, nitrato, e alogenuri sono solubili in acqua. Scarsi dati sono disponibili sulla solubilità di questi composti nei fluidi biologici; la maggior parte del cadmio trovato in mammiferi, uccelli e pesci è probabilmente legato alle molecole proteiche.

La popolazione generale è esposta a cadmio principalmente per ingestione e inalazione. Carne, uova, pesce, e latticini in genere ne contengono basse quantità (<10 µg/kg, peso fresco). Concentrazioni dell'ordine di 1000 µg/kg, peso fresco, sono state riscontrate in organi di animali da reddito. Crostacei e molluschi – tra cui cozze, pettini, e ostriche – possono contenere quantità dell'elemento anche sensibilmente superiori a 1000 µg/kg, peso fresco, ed essere una delle principali fonti di cadmio alimentare. Anche l'assunzione per inalazione è una fonte d'esposizione importante; in particolare, il fumo di sigarette può costituire un fattore di rischio non trascurabile. Il fumo di uno o più pacchetti di sigarette al giorno può raddoppiare la quantità di cadmio assunta giornalmente.

Circa il 50-75 per cento del cadmio contenuto nell'organismo si trova nel fegato e nei reni, dove si accumula con gli anni. I dati disponibili indicano un'emivita nell'essere umano dell'ordine di molti anni. Il cadmio può dar luogo a fenomeni di tossicità acuta (nausea, vomito, e dolori addominali) in seguito a ingestione di concentrazioni relativamente alte del metallo e ciò può accadere con alimenti o bevande contaminate. L'inalazione di vapori di cadmio, o di altri materiali contenenti cadmio trattati termicamente, può causare polmonite acuta ed edema polmonare. I principali effetti a lungo termine di un'esposizione a bassi livelli di cadmio sono ostruzione polmonare cronica, enfisema, e patologie croniche del tubuli renali. Possono verificarsi anche effetti a carico del sistema cardiovascolare e di quello scheletrico. Il cadmio e i suoi composti sono stati classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1).

4.1.3.3.2. Mercurio.

Il mercurio (Hg) è un metallo liquido a pressione e temperatura ambiente; forma sali in due differenti stati di ossidazione: Hg(I) (sali mercuriosi) e Hg(II) (sali mercurici). I derivati mercurici sono molto più comuni di quelli mercuriosi e hanno valori più alti di solubilità in acqua. Il cloruro mercurioso, per esempio, ha un valore di solubilità a 25 °C di 2 mg/L, mentre il cloruro mercurico di 69 g/L a 20 °C. I vapori di mercurio elementare sono poco solubili (2 µg/L a 30 °C). Nessun metallo mostra meglio del mercurio la diversità degli effetti provocati da differenti specie chimiche di uno stesso elemento raggruppabili, in base alle caratteristiche tossicocinetiche e tossicologiche, nelle tre forme di mercurio elementare, inorganico, e organico.

La principale fonte naturale di mercurio è l'emissione gassosa proveniente della crosta terrestre, nell'ordine di migliaia di tonnellate all'anno. Le sorgenti antropogeniche (es.: estrazioni minerarie) ne producono quantità simili, ed è dunque difficile valutare se la fonte predominante sia quella antropogenica o quella naturale. Nel passato, l'attività industriale ha contribuito all'inquinamento ambientale da mercurio in misura notevole; attualmente, l'uso industriale del metallo appare notevolmente diminuito, e similmente i suoi rilasci nell'ambiente. Il combustibile fossile può contenerne fino a 1 mg/kg e si valuta che la quantità di mercurio che può essere emessa in un anno bruciando carbone e metano e durante la raffinazione dei prodotti petroliferi sia intorno alle 5000 tonnellate. Il mercurio viene utilizzato primariamente come catodo nella produzione elettrolitica del cloro, nelle amalgame dentarie, nell'estrazione dell'oro dai materiali minerari arricchiti, in apparati elettrici, e in strumenti di misura della temperatura e pressione.

Le specie mutilate del mercurio (mono- e dimetilmercurio) presenti nell'ambiente acquatico derivano dalla metilazione biologica del mercurio inorganico. Il monometilmercurio entra rapidamente nelle catene alimentari sia per diffusione sia legandosi ai gruppi solfidrilici di importanti molecole biologiche. Viene bioaccumulato con facilità e nelle reti alimentari acquatiche va incontro a un significativo processo di biomagnificazione. I fattori di bioconcentrazione per i pesci rispetto al mezzo acquatico sono dell'ordine di 10^4 - 10^5 . I livelli riscontrati nelle parti eduli di alcuni predatori del mare Mediterraneo, come tonni e pesci spada, superano in alcuni casi i 1200 µg/kg.

Dopo inalazione dei vapori, circa il 70-80 per cento del mercurio metallico inalato viene trattenuto e assorbito; scarso è invece l'assorbimento del metallo quando è assunto per via orale. Al contrario, il mercurio organico presente in alcuni alimenti ha un elevato assorbimento gastrointestinale seguito dalla distribuzione in molti tessuti. Il mercurio metallico passa nel cervello e nel feto; nell'organismo viene ossidato a Hg(II), prodotto che si lega ai gruppi solfidrilici. Il rene è il principale organo d'accumulo sia quando il metallo è assunto come tale sia in forma ossidata (mercurica). Il Hg(II) è eliminato principalmente nelle urine e nelle feci,

ma anche nel latte. Negli esseri umani, il mercurio inorganico presenta due emivite di *clearance*, una dell'ordine di giorni, l'altra molto più lunga. Il mercurio organico è primariamente escreto con la bile; una frazione è bioconvertita in mercurio (Hg(II)) inorganico ed escreto con le feci. Negli esseri umani, il mercurio organico (metilmercurio) ha un'emivita di circa due mesi.

Un'elevata esposizione ai vapori del metallo può determinare danni polmonari; analogamente, l'ingestione di derivati del Hg(II) può causare necrosi gastrointestinale e renale. Fra i sali di mercurio, i derivati mercuriosi sono meno corrosivi e meno tossici dei sali mercurici, presumibilmente a causa della loro minore solubilità in acqua. L'esposizione prolungata al metallo produce encefalopatia e danni renali. Il sistema nervoso centrale è il principale bersaglio del metilmercurio. L'intossicazione da mercurio presenta sintomi che possono comprendere, oltre alla nevrite, tremore, aumento della dimensione della tiroide, aumento della captazione di iodio radioattivo nella tiroide, polso debole, tachicardia, alterazioni ematologiche, o incremento dell'eliminazione urinaria del mercurio. I derivati organici del mercurio inducono effetti avversi nell'essere umano, quali microcefalia e deficit nello sviluppo neurologico. Come osservato in molti studi sperimentali, tali effetti sono stati osservati in varie specie di laboratorio, con severità maggiore nel concepito (esposizione *in utero*) relativamente all'organismo materno. Il mercurio organico determina effetti avversi su riproduzione e sviluppo a dosi generalmente più basse del mercurio inorganico e coinvolge un maggior numero di *endpoints*.

Il mercurio non sembra possedere chiara attività genotossica. Il metallo e i suoi composti inorganici sono stati ritenuti dalla IARC come non classificabili rispetto alla loro cancerogenicità per l'uomo (Gruppo 3); il metilmercurio è stato classificato come possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B).

4.1.3.4. Studi in collaborazione in corso nella Regione Campania.

Nel Novembre 2003, il Comitato Tecnico-Scientifico (CTS), costituito dalla Regione Campania per affiancare con adeguata consulenza l'emergenza dovuta a presenza di diossine nel latte d'origine zootecnica, era invitato a formulare una bozza preliminare di progetto di studi scientifici in seguito intitolato «Studio epidemiologico sullo stato di salute e sui livelli di accumulo di contaminanti organici persistenti nel sangue e nel latte materno in gruppi di popolazione a differente rischio di esposizione nella Regione Campania». In seguito il progetto veniva rielaborato fino all'attuale configurazione, e attivato nel Luglio del 2007 con erogazione di fondi dalla Regione all'Istituto superiore di sanità (ISS), incaricato del coordinamento scientifico (Responsabile Scientifico: A. di Domenico). Il progetto è articolato in tre linee di ricerca di cui due d'interesse zootecnico – con il coinvolgimento dei Dipartimenti di Patologia e Sanità Animale e di Scienze Zootecniche e Ispezione Alimenti, Università degli Studi di Napoli – e una di profilo chimico (biomonitoraggio) ed epidemio-

logico, con la partecipazione di varie istituzioni tra cui le strutture territoriali locali del SSN, l'Istituto di Fisiologia Clinica del Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Osservatorio Epidemiologico Regionale, il Registro Tumori, e lo stesso ISS.

Il biomonitoraggio umano costituisce un importante mezzo per la determinazione del carico corporeo (*body burden*) di inquinanti persistenti, tra i quali PCB, diossine, e metalli pesanti. Il *body burden* è ritenuto in effetti la migliore stima dell'esposizione a tali inquinanti e il parametro più affidabile per la valutazione del correlato rischio tossicologico. L'analisi dei livelli corporei degli inquinanti predetti, effettuata su tessuti o fluidi biologici, consente infatti di definire la reale dose interna di queste sostanze, tenendo conto delle trasformazioni metaboliche e dei processi di bioaccumulo che determinano nell'organismo concentrazioni e profili di carico inquinante che possono essere notevolmente differenti da quelli che caratterizzano matrici ambientali e alimentari.

Il progetto si articola quindi sulle seguenti linee: (1) studio epidemiologico trasversale sulla popolazione residente in aree selezionate mediante indagine campionaria di caratterizzazione del livello di accumulo di contaminanti organici e inorganici persistenti nel sangue (siero) e nel latte, e valutazione dello stato di salute mediante studio di parametri di mortalità, morbosità e salute riproduttiva (valutazione della prevalenza di alcune patologie d'interesse nei soggetti adulti); (2) definizione e sperimentazione di un sistema di sorveglianza basato su indicatori ambiente-salute, costruiti sulla base delle acquisizioni dello studio epidemiologico, utilizzando cioè parametri di qualità dell'ambiente, biomarcatori di esposizione, e indicatori di mortalità, morbosità e salute riproduttiva; (3) studio delle interazioni tra esposizione a diossine e sistema immunitario negli animali da reddito, utilizzando gli indicatori di morbosità ad alcune malattie animali ad eziologia virale (BHV-1, il BHV-4 e BVDV) quali biomarcatori di possibili esposizioni ambientali in ruminanti al pascolo; (4) studio dell'esposizione in animali a produzione latte e differenziazione dei contributi mangimistici e ambientali nel determinare il carico corporeo e il trasferimento della contaminazione al latte e ai prodotti derivati.

In termini generali, per l'analisi degli inquinanti nelle matrici di biomonitoraggio si proseguirà come segue. A ciascuno degli individui che risponderanno ai criteri di selezione, verrà prelevata una quantità di sangue pari a circa 40–50 mL per il dosaggio dei contaminanti d'interesse in *pools* di 10 reperti di siero «epidemiologicamente» omogenei; la raccolta di latte materno richiederà circa 150 mL/donatrice, successivamente anch'essi riuniti in *pools* di 10 reperti omogenei. I campioni verranno analizzati presso l'ISS per la determinazione di PCDD, PCDF, PCB, e i metalli pesanti cadmio e mercurio. La metodologia per la determinazione dei composti cloro-organici prevede l'estrazione della frazione lipidica dal siero o dal latte, una serie di trattamenti di purificazione per liberare gli analiti e concentrarli in forma purificata nelle rispettive frazioni, e il dosaggio mediante gas cromatografia ad alta risoluzione abbinata a spettro-

metria di massa ad alta risoluzione. L'analisi dei metalli sarà effettuata per spettrofotometria d'assorbimento atomico.

4.1.4. *Reparto di Epidemiologia Ambientale.*

Il Reparto di Epidemiologia Ambientale dal 2004 è stato impegnato, insieme al Reparto Suolo e Rifiuti con il quale ha operato in stretto coordinamento, in un ciclo di studi epidemiologici, svolti su mandato del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, in collaborazione con il Centro Europeo Ambiente e Salute dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, il Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Osservatorio Epidemiologico della Regione Campania e l'ARPA Campania. I principali risultati di questo ciclo di studi sono descritti in tre pubblicazioni (Comba et al 2006, Fazzo et al 2007, Trinca et al 2007) e in due rapporti (Martuzzi et al 2007, Leonardi et al 2007) disponibili sul sito della Protezione Civile <http://www.ulpiano11.com/docs/correlazione.pdf>. Rinviano per una trattazione esaustiva alla lettura dei documenti originali, interessa in questa sede sottolineare quanto segue.

Gli effetti sanitari della gestione dei rifiuti in Campania sono da tempo oggetto di interesse e allarme. Un primo studio di fattibilità, completato nel 2004, ha confermato la presenza di rischi elevati di mortalità per varie cause e malformazioni congenite nelle province di Napoli e Caserta. Lo studio condotto in seguito, ha esaminato la correlazione di questi rischi con l'intensità delle esposizioni legate allo smaltimento dei rifiuti, analizzando nei 196 comuni delle due province i dati di mortalità per tutte le cause, tutti i tumori, tumore del polmone, del fegato, dello stomaco, della vescica, del rene, sarcomi dei tessuti molli e linfomi non Hodgkin (separatamente per uomini e donne, periodo 1994-2001); i dati di registrazione di malformazioni congenite, nel loro insieme e suddivise in 11 tipi (nati maschi e femmine combinati, periodo 1996-2002). È stata analizzata, tramite modelli di regressione multipla, la correlazione a livello comunale tra questi esiti sanitari e un indice sintetico di pressione ambientale legata ai rifiuti. Questo indice ha combinato tutte le informazioni disponibili circa i siti di smaltimento rifiuti, legali e non, in un'unica misura che esprime il carico complessivo sulla popolazione residente, in funzione della numerosità, estensione e pericolosità dei siti di smaltimento. I comuni sono stati classificati in cinque gruppi di crescente intensità di esposizione. L'analisi ha tenuto conto del ruolo dei fattori socioeconomici, dato il loro possibile effetto di confondimento.

Sono state rilevate numerose associazioni positive e statisticamente significative (cioè ragionevolmente non imputabili al caso) fra salute e rifiuti. *Trend* di rischio in aumento al passaggio da una delle cinque classi di rischio a quella superiore sono stati osservati per: mortalità generale (aumento medio di 2 per cento per ogni classe, uomini e donne), tutti i tumori (1 per cento, uomini e donne), tumore del polmone (2 per cento uomini), tumore del fegato (4 per cento uomini, 7 per cento donne), tumore dello stomaco (5 per cento uomini); malformazioni congenite del si-

stema nervoso (*trend* 8 per cento) e dell'apparato uro-genitale (14 per cento). Per le altre cause non sono stati osservati *trend* positivi significativi. I *trend* osservati si traducono in differenze marcate di rischio se si confrontano i comuni più a rischio con quelli poco o non esposti: ad esempio la mortalità generale nei primi è 9 per cento in eccesso rispetto ai secondi per gli uomini e 12 per cento per le donne.

Nell'interpretazione dei risultati vanno tenute in considerazione alcune limitazioni di completezza, accuratezza e risoluzione spaziale dei dati. In ogni caso, le associazioni osservate, la loro consistenza e coerenza, suggeriscono che le esposizioni legate al ciclo dei rifiuti, subite dalla popolazione negli ultimi decenni (fino al 2002, ultimo anno di disponibilità dei dati), giochino un ruolo importante fra i determinanti della salute nelle province di Napoli e Caserta. Se da un lato appare necessario colmare numerose lacune conoscitive in merito agli effetti e all'impatto sanitario, è d'altra parte urgente attivare e rafforzare misure di contenimento delle esposizioni, attraverso politiche integrate della gestione dei rifiuti.

I risultati di questo primo ciclo di studi costituiscono le basi scientifiche sulle quali fondare le fasi ulteriori del percorso di valutazione dell'impatto sulla salute della popolazione residente in Campania, delle pratiche illegali di smaltimento di rifiuti pericolosi e combustione incontrollata dei rifiuti pericolosi e solidi urbani.

Nelle conclusioni del Rapporto «Trattamento dei rifiuti in Campania: impatto sulla salute umana – *Correlazione tra rischio ambientale da rifiuti, mortalità e malformazioni congenite*» era stata richiamata la necessità di sviluppare ulteriori studi e ricerche, che è opportuno richiamare brevemente. L'esame a livello sub-comunale della distribuzione spaziale dei siti di smaltimento dei rifiuti categorizzati per pericolosità, densità e entità della popolazione ad essi contigua, può consentire di individuare per ogni comune i punti più critici rispetto ai quali avviare gli interventi di bonifica e le successive attività di monitoraggio.

Sia l'indicatore di esposizione a rifiuti che i risultati della analisi di correlazione geografica possono essere utilizzati per identificare nei diversi comuni le situazioni maggiormente meritevoli di uno studio epidemiologico mirato. A questo fine, diverse metodologie potranno essere proposte, discusse e applicate: lo studio di coorti di residenti, studi caso-controllo di particolari patologie, studi di monitoraggio biologico.

Questi approfondimenti, da decidere nell'ambito di una strategia unitaria, hanno bisogno di una progettazione specifica e risorse economiche e di personale dedicate, e per loro natura necessitano di tempi di realizzazione almeno biennali.

Contestualmente, appare opportuno aggiornare i dati prodotti dai flussi informativi già esistenti (mortalità, incidenza di tumori e prevalenza di malformazioni alla nascita), nonché promuovere l'utilizzo di ulteriori flussi informativi, in particolare quelli relativi alle ospedalizzazioni (attraverso le schede di dimissione ospedaliera), anche curandone le necessarie valutazioni di qualità ed effettuando studi pilota.

Queste attività dovranno svolgersi in collaborazione con le strutture regionali e locali competenti in materia di tutela dell'ambiente e protezione della salute. Utili contributi potranno giungere inoltre dalle stesse comunità in esame nonché dalle associazioni che in esse operano in difesa di questi valori.

Su queste basi, sarà possibile valutare costi economici e benefici sanitari legati a diversi scenari di gestione del ciclo dei rifiuti, nonché pervenire a una vera e propria valutazione d'impatto sanitario da considerare nei processi decisionali relativi alle politiche pubbliche in questo settore, garantendo così le istanze di trasparenza e partecipazione.

4.2. PROSPETTIVE.

In questo quadro, alla luce di quanto esposto, e tenendo conto delle numerose attività di ricerca e di intervento istituzionale che l'ISS sta portando avanti in collaborazione con le strutture tecniche della Regione Campania, l'OMS e il CNR, si propone di concentrare l'attività futura sulle seguenti direttive.

4.2.1. *Miglioramento della caratterizzazione ambientale e territoriale dell'area in esame in base ai dati di ARPA Campania (*)*.

Dati disponibili secondo i punti definiti nella nota di richiesta relativa alle fonti di rischio ambientali per la salute delle popolazioni:

a) **Miglioramento** del quadro conoscitivo sulla presenza e concentrazione in diverse matrici ambientali di specifici agenti chimici

Dati ARPAC ambientali e cartografia tematica sulle matrici ambientali:

atmosfera, idrosfera, geosfera in dettaglio nella tabella di cui al punto e)

b) **Miglioramento** del quadro delle conoscenze sulla presenza di Diossine, Furani e PCB nei suoli della regione Campania

CD «DATI_GENERALI_DIOSSINE_CAMPANIA»: contiene le informazioni relative alle campagne di monitoraggio sulle diossine in possesso di ARPAC eseguite sul territorio della Regione Campania dalla ARPAC stessa e dall'APAT dal 2002 al 2006.

(*) A una di Massimo Menegazzo, Dir. ARPA Campania

Le informazioni sono riportate nei seguenti files/cartelle:

Campagna di monitoraggio	File Dati	File Report
ARPAC (2002)	Tabella_diox_1_CampagnaARPAC2002.exe	RELAZIONE_1CampagnaARPAC2002.doc
ARPAC (2003)	Tabella_diox_2_CampagnaARPAC2003.exe	RELAZIONE_2CampagnaARPAC2003.pdf
APAT (2004-2005)	Cartella CampagnaAPAT2004_2005: cartelle varie dati formato pdf e excel	Cartella CampagnaAPAT2004_2005: Rapporto Finale_APAT_Giugno_2007.pdf
ARPAC (2005-2006)	EstrattoSirdic_diox_3_Campagna-ARPAC2005-2006.doc	EstrattoSirdic_diox_3_Campagna-ARPAC2005-2006.doc
Report generali		Bozza Relazione Generale diossine_ottobre07 (per Sito_web).doc Relazione diossine 10 ottobre 2007.doc

c) **Ampliamento** del Database ISS sui siti di trattamento dei rifiuti in Campania.

Dati ARPAC contenuti nel CD Rom Consegnato all'Istituto superiore di sanità per il progetto «Trattamento di Rifiuti in Campania – Impatto sulla salute umana» (Aprile 2004)

Contenuto del CD Rom		
DATI ARPAC	Formato	Tipologia dati
Idrogeologia	File cartografici	Complessi idrogeologici, Ubicazione sorgenti di maggiore portata e direttrici principali di flusso idrico-sotterraneo
Reti di Monitoraggio	Dati analitici e Stazioni di Monitoraggio georeferenziati	Balneazione, Acque superficiali, Acque sotterranee
Tematismi	File cartografici	ATO, Autorità di Bacino, Batimetria, Comuni, Corpi idrici, Fiumi, Province, Regione, Zone vulnerabili
Campania WGS84 bpm	Cartografia delle Regione Campania 1:25.000	Tavolette
IGM Campania UTMED50	Cartografia delle Regione Campania 1:25.000	Tavolette

Dati Produzione e gestione rifiuti disponibili in ARPAC

MATRICE	Nome indicatore	Copertura Spaziale	Copertura Temporale	Rappresentazione	
				Tabelle	Carte tematiche
		Regionale, Provinciale, Comunale			
	Produzione Rifiuti Urbani	R, P, C	2000-2006	x	x
Produzione rifiuti	Quantità di rifiuti raccolti in modo differenziato	R, P, C	2000-2006	x	x
	% percentuali di raccolta differenziata	R, P, C	2000-2006	x	x
Gestione rifiuti	quantità RU destinati a discarica	R, P, C	2003-2006	x	
	quantità RUM destinati a trattamento CDR	R, P, C	2003-2006	x	
	quantità RD destinata a recupero	R, P, C	2003-2006	x	
	n. discariche x rifiuti urbani e simili esistenti	R, P, C	2003-2006	x	
	n. discariche x rifiuti urbani e simili attive	R, P, C	2003-2006	x	
	siti di stoccaggio ex CDR	R, P, C	2003-2006	x	
	n. impianti incenerimento rifiuti speciali	R, P, C	2003-2006	x	
	Quantità di rifiuti inceneriti, totale e per tipologia di rifiuti	R, P, C	2003-2006	x	
	Impianti di trattamento meccanico biologico	R, P, C	2001-2006	x	
	Impianti di compostaggio	R, P, C	2003-2006	x	
	Impianti di gestione RAEE	R, P, C	2003-2006	x	
	Impianti di gestione PCB	R, P, C	2005-2006	x	
	Impianti di gestione Pneumatici fuori uso	R, P, C	2005-2006	x	
	Impianti di gestione veicoli fuori uso	R, P, C	2005	X	
Mud	comunicazioni MUD	R, P, C	2005-2006		

Dati da aggiornare:

- Siti contaminati e aree dismesse
- Bonifiche siti contaminati
- Censimento siti inquinati del Litorale Domitio Flegreo e dell'Agro Aversano
- Siti di abbandono incontrollato di rifiuti
- Siti contaminati soggetti a bonifica
- Industrie a rischio di incidente rilevante
- Industrie di particolare interesse e zone industriali complesse (Acerra-Giugliano)
- Dati sui siti di raccolta e smaltimento rifiuti (discariche autorizzate, ex art. 13, consorzi) per le Province di Napoli e Caserta
- Aree geografiche limitrofe
- Siti individuati in periodi successivi al 2003
- Bonifiche effettuate

d) **Miglioramento** della definizione e caratterizzazione delle aree soggette alla contaminazione sulla base di:

Tipologia Dati	Ente
Localizzazione incendi e relativa frequenza	Vigili del fuoco Corpo Forestale dello Stato Regione Campania
Dati di qualità del suolo	Assessorato all'Agricoltura SeSIRCA
Dati meteorologici rilevati da stazioni presenti nell'area	Regione Campania Settore Protezione Civile - ARPAC (dal 2008)

e) **Perfezionamento** dello studio dell'esposizione umana in specifiche aree con particolare riferimento a:

Situazione idrografica superficiale e profonda
Dati relativi alle sorgenti, alle falde e corsi d'acqua
Portata (ex SIMN, disponibile qualche dato aggiornato al 1990)
punti di prelievo, usi (Autorità di Bacino – ATO - SOGESID)
condizioni degli acquiferi (ARPAC)
Falde acquifere (ARPAC)

Dati di Monitoraggio sulla qualità delle acque (ARPAC)

Attività ARPAC di monitoraggio	Punti di prelievo	Copertura Temporale	Tipologia Dati	Rif. Normativi
Acque superficiali	92	Ott. 2001-2006	- Caratterizzazione chimico-fisica dei corsi di acqua (LIM) - Caratterizzazione biologica dei corsi di acqua (IBE) - Stato ecologico dei corsi di acqua (SECA) - Stato chimico dei corsi d'acqua (SCCA) - Stato ambientale dei corsi d'acqua (SACA) - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06
Acque sotterranee	188	sett. 2002-2006	- Stato chimico acque sotterranee (SCAS) - Stato ambientale acque sotterranee (SAAS) - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06
Acque marino-costiere	7	2002-2006	- Dati analitici - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06 l. 979/82
Acque di balneazione	367	1999-2006	- Dati analitici - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	DPR 470/82
Qualità acque idonee alla vita dei molluschi	13	2003	- Dati analitici - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06
Qualità acque idonee alla vita dei pesci	92	2003	- Dati analitici - Cartografie Rete di monitoraggio (Regionale, Provinciale, Comunale)	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06
Acque di transizione	19	2001-2006	- Parametri chimico-fisici biologici ed ecotossicologici	D. lgs. 152/99 D. lgs. 152/06

Situazione dei suoli

- Tipologia
- Vulnerabilità
- Uso dei suoli

Carta Corine Land Cover 1:250.000 - Carta suoli 1:50.000 (ARPAC)

- Parametri chimico- fisici

Distribuzione della rete idrica

- Acquedotti e reti di approvvigionamento idrico (SOGESID)
- Pozzi artesiani (PROVINCE)

Presenza di rete fognaria e servizi di smaltimento (depuratori)

- Reti fognarie (PROVINCE – SOGESID)

Dati meteorologici e direzione dei venti (ARPAC – CRIA)
Attività agricole (tipologia ed estensione) (CORINE)
Allevamenti di bestiame (Allevamenti zootecnici – Assessorato all'agricoltura)
Presenza aree ricreative
Raccolta e valutazione di studi effettuati sulla contaminazione di alimenti prodotti nell'area e di stili alimentari della popolazione residente

4.2.2. *Valutazione delle mappe di ricaduta delle emissioni dell'impianto di incenerimento di Acerra, Pianificazione del monitoraggio ambientale. Valutazione della esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici (*)*.

L'altezza efficace del camino (altezza geometrica più spinta entalpica), le condizioni meteo locali e la situazione orografica sono importanti per i fenomeni della diluizione delle emissioni in atmosfera. Si rende quindi necessario per la valutazione delle ricadute al suolo dei microinquinanti, reperire i dati relativi all'impianto di incenerimento e la serie storica di dati meteorologici rappresentativi dell'area. Questo consentirà, utilizzando modelli matematici di dispersione, di effettuare una mappatura delle aree maggiormente interessate alle ricadute dell'impianto. I risultati ottenuti forniranno un supporto alla fase di pianificazione del monitoraggio ambientale.

L'interesse sanitario connesso a questo tipo di tecnologia di smaltimento è principalmente volto ad una serie di inquinanti che per loro natura risultano persistenti nell'ambiente e/o presentano una elevata tossicità. Inoltre va considerato che la presenza di questi inquinanti si ha in genere in maggior misura nella frazione a più bassa granulometria del materiale particellare sospeso.

A tale proposito si rende necessario poter disporre di dati relativi a detti inquinanti, quali Policlorodibenzodiossine e Policlorodibenzofurani (PCDD/F), Policlorobifenili diossino simili (PCBdl), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), metalli pesanti, sia nelle emissioni che nelle immissioni.

Altrettanto importante risulta la determinazione dei flussi di deposizione al suolo di detti inquinanti, deposizione secca e umida, in quanto la loro deposizione al suolo è il fattore chiave della contaminazione della catena alimentare. Per tale motivo il rilevamento del rateo di deposizione di inquinanti, tramite deposimetri di tipo *bulk*, viene oggi considerato un affidabile sistema di controllo ambientale che consente anche una correlazione dei valori di contaminazione ambientale con i valori di *tolerable daily intake* (TDI) (Van Lieshout 2001, Menichini 2006, OSPAR Commission 2007).

(*) A cura di Giuseppe Viviano, Direttore Reparto Igiene dell'Aria, ISS.

Per una migliore caratterizzazione dell'esposizione della popolazione è opportuno effettuare un'indagine sugli stili di vita ed i comportamenti (anche alimentari) della popolazione residente nell'area interessata. Quanto sopra consentirà di mettere a punto un modello di valutazione dell'esposizione per le principali vie (inalatoria e ingestiva).

I dati raccolti e le valutazioni effettuate consentiranno di fornire un supporto ai decisori finalizzato ad individuare eventuali criticità e relative azioni di mitigazione.

Stima dei costi

Personale a contratto	€ 120.000
Apparecchiature di rilevamento	€ 150.000
Materiale di consumo	€ 80.000
Missioni	€ 20.000
Overhead	€ 37.000
TOTALE	€ 407.000

4.2.3. *Valutazioni della ricaduta a suolo degli inquinanti aerodispersi (*)*.

In stretta connessione con il reparto di Igiene dell'Aria dell'ISS (dott. G. Viviano) e con l'ARPA Campania (dott. Menegozzo) si valuterà l'opportunità di procedere a campagne di monitoraggio delle ricadute al suolo di inquinanti, tramite campionamenti di suolo e tramite l'utilizzo di un bioindicatore, quale i «muschi».

Detto monitoraggio potrà essere effettuato su una specifica area di limitate dimensioni (ad esempio l'area intorno l'inceneritore di Acerra, vedi in seguito le modalità esecutive), oppure su aree vaste, fino ad ipotizzare una copertura dell'intero territorio campano. Le aree da indagare saranno scelte in funzione: a) delle necessità di valutazione ed in base a specifiche esigenze che verranno evidenziate; b) delle coperture finanziarie del progetto.

Di seguito vengono riportate alcune considerazioni sulla utilità dell'utilizzo di suoli e muschi per valutare le ricadute di inquinanti inorganici e organici aerodispersi e le modalità esecutive di detti studi.

Premessa

L'analisi del suolo è da ritenersi indispensabile per valutare l'inquinamento di tipo organico e inorganico di un'area, inoltre se lo studio del suolo viene abbinato allo studio dei muschi si ottiene la valutazione dei fattori di arricchimento che permettono una più adeguata e completa interpretazione dei risultati.

Il limite fondamentale dell'indagine attraverso solo i suoli è che i risultati sono condizionati dalla composizione geologica delle rocce e si rischierebbe di effettuare una errata interpretazione. Così, alte concentra-

(*) A cura di Loredana Musmeci, Direttore del Reparto Suolo e Rifiuti, ISS.

zioni di un elemento potrebbero essere attribuite a contaminazione di origine antropica, mentre la vera causa andrebbe ricercata nella natura geo-chimica del territorio. La sola analisi dei suoli non è quindi un metodo sufficiente per determinare con sicurezza il grado di contaminazione di un'area.

Il biomonitoraggio

Informazioni dettagliate e complete sullo stato e sugli effetti dell'inquinamento atmosferico si possono ottenere solo attraverso analisi chimico-fisiche dell'aria affiancate da saggi biologici.

Il concetto di «biomonitoraggio», ossia il monitoraggio dell'inquinamento effettuato mediante organismi viventi, si basa sul principio che una sostanza tossica può essere rilevata dagli organismi viventi, i quali sono in grado di indicarne la presenza e, in prima approssimazione, la quantità presente nell'ambiente. In generale, ogni organismo vivente dà una risposta alle differenti pressioni ambientali, sia naturali che antropiche, e poiché l'inquinamento atmosferico determina delle variazioni nell'ambiente interessato, queste si riflettono sugli organismi viventi (Manning & Feder 1980).

Gli organismi pertanto possono essere impiegati nel monitoraggio dell'inquinamento atmosferico sia come bioindicatori che come bioaccumulatori. Nel primo caso la loro sensibilità ai contaminanti atmosferici permette una stima della qualità dell'aria della zona indagata (metodo indiretto).

Nel caso del bioaccumulo si sfrutta il principio opposto a quello della bioindicazione, vengono cioè ricercate le specie maggiormente resistenti all'inquinamento atmosferico, in grado di accumulare per lungo tempo notevoli quantità di contaminanti, quali i metalli pesanti, i composti organici (metodo diretto). Un organismo quindi è adatto ad essere utilizzato come bioaccumulatore se presenta certe caratteristiche, e in particolare deve avere una alta tolleranza agli inquinanti indagati, essenziale per evidenziare le punte di inquinamento.

In particolare è richiesta la capacità di accumulare le sostanze esaminate possibilmente in correlazione lineare tra la concentrazione dei contaminanti nell'ambiente e quella nell'organismo.

Le due strategie si possono considerare complementari, e permettono di ottenere informazioni sull'inquinamento garantendo un efficace biomonitoraggio integrato.

Tra gli organismi più usati come bioaccumulatori vi sono le briofite, di cui fanno parte i muschi.

I principali vantaggi dell'utilizzo dei muschi consistono in:

- Bassi costi di gestione se raffrontati a tecniche «tradizionali»
- Rapidità nell'ottenimento delle informazioni e dei risultati per un più pronto ed efficace intervento
- Possibilità di impiego sia su vaste aree sia su aree ridotte
- Possibilità di intervento nelle aree prive di muschi