

Incidente di Chernobyl: gestione dell'emergenza in Italia e in altri paesi europei

Gloria CAMPOS VENUTI, Serena RISICA, Antonia ROGANI e Eugenio TABET

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto. - Diversi provvedimenti furono adottati dai paesi europei in seguito all'incidente nella centrale nucleare di Chernobyl. Nel lavoro vengono illustrati tali provvedimenti e vengono analizzate le iniziative della Comunità Europea per quanto riguarda la commercializzazione degli alimenti nei mercati e la loro esportazione, nonché i livelli di riferimento per la concentrazione di radioattività nei principali alimenti fissati in diversi paesi europei nei primissimi giorni dopo l'incidente. Un'attenzione particolare viene rivolta alla gestione dell'emergenza in Italia, descrivendo il quadro legislativo esistente all'epoca dell'incidente e le scelte effettuate per quanto riguarda i livelli di riferimento per la contaminazione degli alimenti. Nelle conclusioni si tenta un bilancio sulla gestione dell'emergenza in Italia e si pongono alcuni interrogativi sugli impegni assunti o da assumere da parte delle istituzioni internazionali.

Parole chiave: Chernobyl, emergenza nucleare, livelli di riferimento, Italia, Europa.

Summary (*Emergency management in Italy and Europe after the Chernobyl accident*). - Several measures were adopted by European countries in the aftermath of the Chernobyl accident. In this paper these measures are reviewed and the European Communities initiatives for food marketing and exports are analyzed, together with the reference levels for radioactive concentration in the main food matrices chosen in different European countries in the very few days after the accident. A particular attention has been devoted to the emergency management in Italy, outlining exhaustively the laws enforced at the time of the accident and explaining how the reference levels for food contamination were chosen. Finally, a tentative balance about emergency management in Italy is struck and some questions are raised about the commitments undertaken or to be undertaken by international institutions.

Key words: Chernobyl, nuclear emergency, reference levels, Italy, Europe.

Introduzione

La gestione di un'emergenza nucleare è un problema ancora aperto in tutti i paesi.

Nel 1986 l'incidente alla centrale elettronucleare di Chernobyl in Ucraina mise a dura prova le strutture radioprotezionistiche e di protezione civile in molti paesi europei. L'Istituto Superiore di Sanità (ISS), ed in particolare il Laboratorio di Fisica, furono chiamati in quella occasione a svolgere un ruolo importante nell'analisi delle conseguenze radiologiche dell'incidente, nelle misure di contaminazione radioattiva e nel supporto tecnico alla gestione dell'emergenza da parte sia del Ministro della Sanità che del Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile.

Gli autori analizzano la situazione venutasi a creare in seguito all'incidente e le iniziative intraprese dall'Italia e dai diversi paesi europei, con l'esclusione dell'ex Unione Sovietica, per trarne degli insegnamenti a oltre dieci anni di distanza dall'evento.

Per meglio comprendere le considerazioni che seguiranno sulle raccomandazioni internazionali e comunitarie elaborate subito dopo l'incidente, nonché

sulle azioni decise nei diversi paesi, è necessario premettere un richiamo alle caratteristiche tecniche dei piani di emergenza nucleari prima del 1986. E' altresì opportuno ricordare sinteticamente l'evolversi temporale, nei primissimi giorni, delle informazioni disponibili relative all'incidente e alla sua evoluzione.

Pianificazione dell'emergenza nucleare (prima di Chernobyl)

Nel 1984 la Commissione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (International Commission on Radiological Protection, ICRP), anche in seguito all'incidente al reattore americano di Three Miles Island, TMI (28 marzo 1979), aveva pubblicato una raccomandazione [1] con indicazioni sulla dinamica temporale degli incidenti ipotizzabili in una centrale nucleare e con l'identificazione di tre fasi temporali successive all'incidente (immediata, intermedia e a lungo termine). Venivano inoltre classificate le aree intorno all'impianto e fissati dei livelli di dose per le persone esposte alle radiazioni, da assumere come riferimento

Tabella 1. - Livelli di dose per l'adozione di contromisure raccomandati dall'International Commission on Radiological Protection 40/84 e, tra parentesi, quelli proposti dalla CCE/82

Contromisure	Corpo intero (mSv)	Tiroide, polmone e altri organi (mSv)
Fase immediata		
Riparo al chiuso	5-50 (5-25)	50-500 (50-250)
Somministrazione di iodio		50-500 (50-250)
Evacuazione	50-500 (100-500)	500-5000 (300-1500)
Fase intermedia		
Controllo cibi	5-50	50-500
Riutilizzo del territorio	50-500	

per le diverse azioni da intraprendere: permanenza al chiuso, evacuazione, interdizione di alcune derrate alimentari, uso di pastiglie di iodio per proteggere la tiroide da inalazione o ingestione di radioiodio, ritorno nelle aree precedentemente contaminate, ecc.

Anche sulla base del prestigio e quindi dell'influenza dell'ICRP, analoghe scelte erano state proposte da agenzie dell'ONU, quali l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) [2] e l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (AIEA) [3].

Anche se nel rapporto dell'ICRP si suggeriva di prendere in considerazione nella predisposizione dei piani di emergenza un ampio spettro di incidenti, appare evidente che tutte le raccomandazioni ipotizzavano contaminazioni che, pur rilevanti, interessavano soltanto aree spazialmente limitate (con raggi dell'ordine di una decina di km) ed un numero limitato di persone. La scelta di determinati livelli di riferimento in termini di dose era basata, come spesso accade per altre attività umane, anche su valutazioni economiche e politiche: i valori rappresentavano un compromesso fra ciò che si riteneva possibile fare, i costi economici delle azioni e le conseguenze sanitarie associate a determinate esposizioni alle radiazioni (Tab. 1).

La Commissione delle Comunità Europee (CCE) aveva richiesto agli inizi degli anni '80 al gruppo di esperti previsto dall'art. 31 del Trattato Euratom di preparare dei criteri da adottare in caso di emergenza nucleare: una guida venne preparata a tale scopo e pubblicata nel 1982 [4]; essa teneva conto esplicitamente di quanto stava elaborando l'ICRP e dell'esperienza acquisita nell'incidente di TMI. L'impostazione era quindi analoga a quella che venne poi proposta dall'ICRP, anche se l'intervallo dei livelli di dose suggeriti era in generale più conservativo (Tab. 1).

Sulla base degli stessi principi alcuni paesi industrializzati avevano rianalizzato i propri piani di emergenza, che, comunque, continuavano a prendere in esame soltanto i propri impianti o al più quelli situati vicino alle frontiere nei paesi limitrofi e avevano quindi caratteristiche locali e non nazionali. I piani contenevano generalmente livelli di riferimento per le dosi e per le concentrazioni ammissibili di radionuclidi. Va ricordato che, poco prima dell'incidente di Chernobyl, l'organismo di radioprotezione inglese (National Radiological Protection Board, NRPB) aveva pubblicato un rapporto sui livelli di riferimento derivati per l'emergenza per i principali radionuclidi e per diverse vie di esposizione (inalazione, ingestione, irraggiamento esterno dalla nube o dal suolo), differenziati per classi di età [5].

Per quanto riguarda l'Italia, la normativa di base in campo nucleare all'epoca dell'incidente (DPR 185/64) si basava su una Direttiva della Comunità Europea della fine degli anni '50, e anche i decreti ministeriali applicativi erano datati, con scelte di pianificazione dell'emergenza carenti e non adeguate agli sviluppi delle conoscenze. Il capitolo del DPR n.185 relativo allo stato di emergenza nucleare conteneva indicazioni su come elaborare i presupposti tecnici del piano, che dovevano basarsi su "l'esposizione analitica delle presumibili condizioni ambientali pericolose per la popolazione e per i beni, derivanti dai singoli incidenti nucleari *credibili* ^(*), in relazione alle caratteristiche strutturali e di esercizio dell'impianto". La compilazione del piano era elaborata da un comitato alle dipendenze del prefetto della provincia

^(*) Corsivo aggiunto dagli autori.

ove era sito l'impianto e nel caso di coinvolgimento nell'incidente di altre province, il piano interprovinciale era coordinato dallo stesso prefetto.

Gli incidenti *credibili* venivano allora internazionalmente identificati con gli *incidenti base di progetto*, che il progettista del reattore prendeva in esame al fine di predisporre le salvaguardie dell'impianto, così da limitarne la probabilità e le conseguenze. Tali incidenti, la cui probabilità per reattore veniva valutata non superiore a circa 10^{-4} all'anno, non comportando un serio danneggiamento del nocciolo davano luogo a rilasci all'esterno piuttosto limitati e non costituivano certo gli incidenti più gravosi ipotizzabili. Questi ultimi incidenti, che solo alla metà degli anni '70 erano stati ipotizzati tramite tecniche di analisi avanzate, avevano una probabilità di almeno un ordine di grandezza inferiore.

Un gruppo di studio della Commissione Tecnica del Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN) aveva alla fine degli anni '70 preso in esame anche gli incidenti dell'ultimo tipo [6], che venivano associati al cosiddetto "rischio residuo", comportando rilasci all'esterno di entità anche molto elevata. Va comunque osservato che anche in relazione a questo tipo di incidente non venivano ipotizzate contaminazioni su distanze di migliaia di chilometri dall'impianto. Tali studi rimasero riservati, anche se l'Istituto Superiore di Sanità aveva negli stessi anni più volte sollevato il problema della revisione dei piani di emergenza [7]. In particolare, un'attenzione preoccupata veniva rivolta dall'Istituto alla possibilità di eventi con conseguenze catastrofiche - nel contesto demografico ed economico del nostro paese - la gestione dei quali sembrava porre problemi estremamente complessi dal punto di vista socio-sanitario.

Non furono, comunque, assunte in Italia decisioni politiche e organizzative di revisione dei piani esistenti: quindi, come in altri paesi europei, era assente un piano di emergenza nazionale capace di fronteggiare grandi rischi industriali, sia nucleari che convenzionali.

In definitiva, come afferma l'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "the scale and severity of the Chernobyl accident had not been foreseen and took most national authorities responsible for public health and emergency preparedness by surprise. The intervention criteria and procedures existing in most countries were not adequate for dealing with an accident of such scale and provided little help in decision-making concerning the choice and adoption of protective measures. [...] The accident also demonstrated the need to include the possibility of transboundary implications in the emergency plans, as it had been shown that the radionuclide release would be elevated and the dispersion of contamination more widespread. The concern, raised by the experience of Chernobyl, that any country could be affected not only by nuclear accidents occurring on its territory but also by the consequences of accidents happening abroad, stimulated the establishment of national emergency plans in several countries" [8].

Nei paesi europei, accanto all'assenza di piani di emergenza nazionali in grado di gestire incidenti con scala spaziale rilevante, non erano stati definiti e soprattutto concordati livelli di riferimento non solo per le dosi, ma anche per le concentrazioni di radioattività nelle matrici ambientali e alimentari che servissero da guida operativa per le azioni da intraprendere, per lo scambio di merci, ecc.

Mancava infine, nella maggioranza dei casi, una programmazione che permettesse una seria e corretta informazione del pubblico: questo aspetto così importante rappresentò uno dei punti più deboli nella gestione dell'emergenza post-Chernobyl e una delle cause di diminuita fiducia nelle istituzioni in molti paesi europei.

Arrivo della nube radioattiva in Europa occidentale

Il rilascio di radionuclidi dall'impianto di Chernobyl iniziò il 26 aprile 1986 e terminò il 6 maggio: la maggior parte del rilascio ebbe luogo durante i primi giorni ed il 4 e 5 maggio. La complessità delle condizioni meteorologiche e la non uniformità temporale del rilascio determinò un complicato percorso atmosferico e una variegata deposizione al suolo anche nell'Europa non sovietica. Come è possibile vedere nella Fig. 1, la nube raggiunse la Svezia il 27 aprile ma solo il 28 aprile la presenza di radioattività venne registrata presso un impianto nucleare di quel paese. La Svezia comunicò tempestivamente ai paesi limitrofi il fenomeno, attribuendolo ad un incidente avvenuto nell'URSS.

L'ingresso della nube in Italia avvenne nella notte tra il 29 e il 30 aprile e venne rilevata la mattinata del 30 nelle regioni settentrionali: il Ministro della Protezione Civile ne informò nello stesso giorno la popolazione con un comunicato stampa.

Le autorità e i tecnici dei vari paesi europei non ebbero nei primi giorni successivi all'incidente nessuna informazione ufficiale e attendibile sulle caratteristiche e sull'entità del rilascio che permettesse previsioni affidabili sulla evoluzione delle ricadute radioattive. Informazioni disorganiche vennero raccolte tramite la CCE, i comunicati ufficiali di alcuni paesi raccolti dalla stampa o tramite le ambasciate e, soprattutto, i contatti diretti telefonici con le istituzioni scientifiche e radioprotezionistiche preposte al controllo nei diversi paesi.

Iniziative della Comunità Europea in occasione dell'incidente

Nei giorni successivi all'incidente diversi paesi europei affrontarono la situazione sulla base delle normative già in vigore, adattate ad una circostanza non prevista. Essi

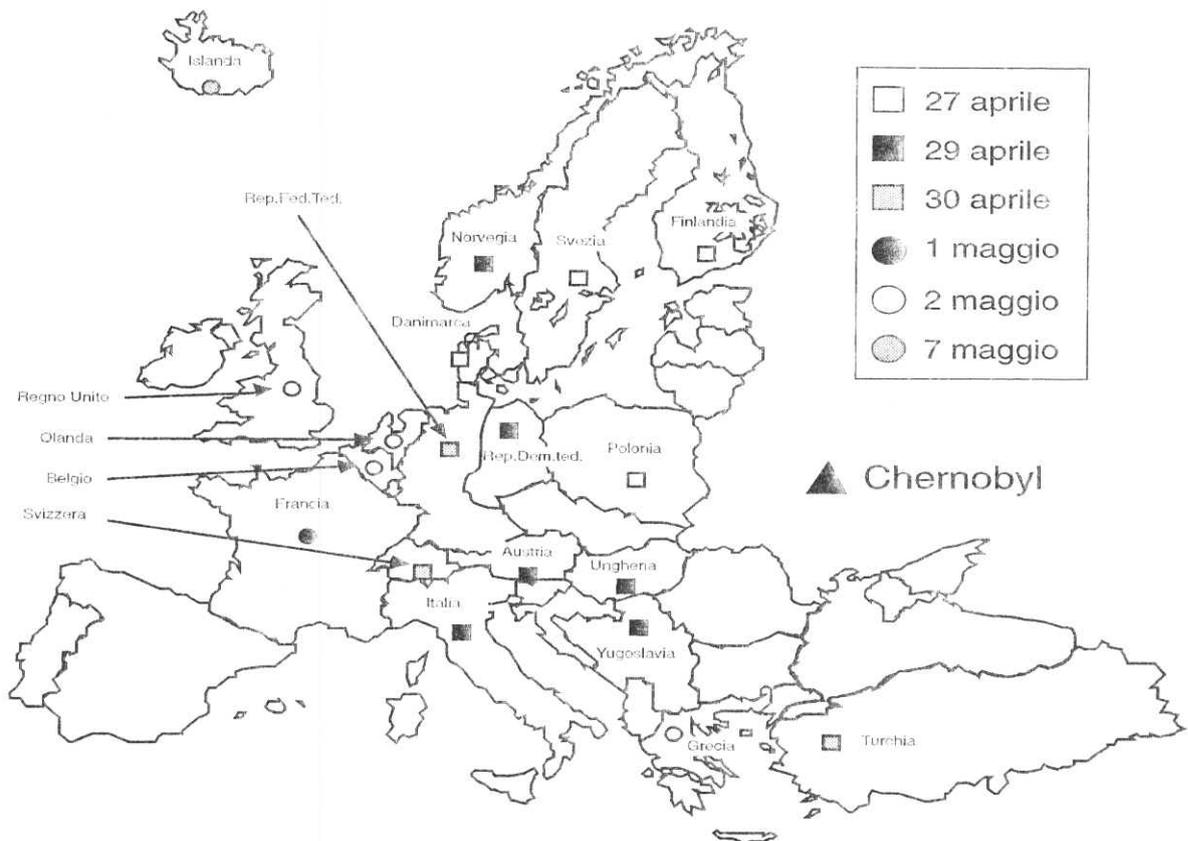


Fig. 1. - Ingresso della nube in Europa.

raccomandarono in alcuni casi ai propri cittadini determinati comportamenti o imposero alcuni divieti sull'utilizzo di derrate alimentari. Parallelamente, la Commissione delle CE si pose l'obiettivo di coordinare le misure adottate dagli Stati Membri relativamente alla commercializzazione di alimenti nei propri mercati e la loro esportazione. Il 6 maggio 1986, in seguito a numerose riunioni con esperti dei paesi membri, venne emanata una prima raccomandazione volta a far rispettare nella commercializzazione sul mercato interno dei vari paesi concentrazioni fissate di radioattività, sottoponendo i prodotti esportati agli stessi limiti (Tab. 2). Il 12 maggio, con apposito regolamento, vennero sospese le importazioni di una serie di prodotti (dal latte e suoi derivati ai crostacei, dagli ortaggi freschi patate incluse ai volatili vivi da cortile, ecc.) originari della Bulgaria, Cecoslovacchia, Jugoslavia, Polonia, Romania, Ungheria e URSS. Infine, il 30 maggio venne emanato un regolamento riguardante il cesio 137 e 134, nel quale venne tra l'altro stabilito che "...la radioattività massima cumulata di cesio 134 e 137 non deve essere superiore a 370 Bq/kg per il latte [...], nonché per le derrate alimentari destinate all'alimentazione particolare dei lattanti [...], a 600 Bq/kg per tutti gli altri prodotti interessati". Tale regolamento venne poi rinnovato negli anni successivi.

Si può ricordare che tali valori erano più bassi di quelli suggeriti per l'occasione da alcuni esperti della Commissione: ad influenzare le decisioni del Consiglio contribuì certamente l'opportunità di armonizzare tali valori con quelli adottati in altri paesi e in particolare negli Stati Uniti d'America.

Nel dicembre 1987 e negli anni immediatamente successivi vennero infine codificati dal Consiglio della CE elementi fondamentali per una legislazione definitiva che riguardasse i limiti di concentrazione massima di attività di diversi gruppi di radionuclidi negli alimenti di largo consumo, in quelli di consumo minore e in quelli per il bestiame, nel caso di un nuovo incidente che configurasse un'emergenza radioattiva (Tab. 3). Non ci si sofferma sui modelli e sulle ipotesi (percentuali di ingestione di cibo contaminato, consumi annui dei diversi alimenti, fattori di trasferimento nella alimentazione animale, ecc.) che sono alla base dei valori adottati: i valori scelti, come spesso accade, rappresentano la mediazione fra motivazioni scientifico-sanitarie ed esigenze economico-politiche, e sono stati il frutto di lunghi e accesi dibattiti fra esperti e rappresentanti dei vari paesi comunitari, nonché con esperti di agenzie dell'ONU, quali l'OMS e l'AIEA.

Tabella 2. - Raccomandazione della CCE relativa alla concentrazione di radionuclidi nelle derrate alimentari (6 maggio 1986)

Decorrenza	Latte e prodotti derivati Bq/kg	Ortofrutticoli Bq/kg
6 maggio 1986	500	350
16 maggio 1986	250	175
26 maggio 1986	125	90

A livello mondiale, non solo subito dopo l'incidente, ma anche negli anni successivi, fu infatti assai difficile raggiungere una uniformità di opinioni sulle concentrazioni da assumere come riferimento, al di sotto delle quali fosse consentita la libera circolazione delle merci.

In alcuni paesi, la posizione nel 1986 era quella di accettare alimenti solo nel caso che non fosse rilevabile la presenza di radionuclidi. Un largo consenso internazionale fu trovato solo più tardi sulle linee guida del *Codex Alimentarius* [9] indicato nella Tab. 4. I valori differiscono da quelli adottati dalla Comunità Europea per un futuro incidente nucleare solo per alcuni radionuclidi e per alcuni elementi. Va d'altra parte ricordato che i livelli di concentrazione suggeriti dipendono, fra l'altro, dalla dieta delle popolazioni, e che gli elementi principali della dieta media mondiale sono ovviamente differenti da quelli della dieta media nei paesi comunitari. Analogamente, l'ICRP ha elaborato negli anni successivi una importante revisione [10] della precedente raccomandazione 40/84.

Provvedimenti assunti dai paesi europei subito dopo l'incidente

Come già illustrato, la contaminazione delle diverse aree europee fu assai disomogenea, sia a causa del percorso della nube, che delle ricadute piovose. La nube conteneva inizialmente una grande varietà di prodotti di fissione, ma solo alcuni di essi raggiunsero la maggioranza dei paesi: tra questi i più importanti dal punto di vista radiologico furono lo iodio 131, il cesio 134 e il cesio 137. Nella Fig. 2 sono indicate le aree con i diversi valori della deposizione media al suolo di cesio 137 [11].

L'esposizione degli individui della popolazione può avvenire, come è noto, per inalazione e irraggiamento esterno durante il passaggio della nube, per irraggiamento esterno dal materiale radioattivo depositato al suolo e per ingestione di cibo contaminato. Nella fase iniziale, lo iodio 131 (il cui tempo di dimezzamento fisico è di ~8 giorni) fu ovunque in Europa il radionuclide più rilevante: la sua inalazione o ingestione con il latte e la verdura fresca può dar luogo essenzialmente ad irraggiamento alla tiroide. I gruppi più esposti furono generalmente considerati i bambini, perché, a parità di iodio incorporato, la dose e quindi il rischio è più alto che non negli adulti, e perché nel primo anno di vita il latte costituisce l'alimento principale.

In tempi successivi, la maggiore sorgente di esposizione fu rappresentata dai due isotopi 137 e 134 del cesio (rispettivamente con tempi di dimezzamento fisico pari a ~30 e a ~2 anni). Durante il primo anno, la dose da ingestione fu essenzialmente dovuta alla contaminazione del latte, dei vegetali a foglia, della carne e dei cereali.

Come è evidente, oltre che dall'entità delle ricadute, la contaminazione degli alimenti è dipesa dallo stadio di sviluppo delle piante (in Italia la stagione agricola era già avanzata) e dall'uso del pascolo nell'allevamento del bestiame.

Tabella 3. - Regolamenti del Consiglio delle CE del 22 dicembre 1987 e del 18 luglio 1989 relativi ai livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari in caso di un nuovo incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radiologica (Bq/kg)

	Alimenti per lattanti	Prodotti lattiero-caseari	Altri prodotti (a)	Alimenti liquidi
Isotopi dello stronzio	75	125	750	125
Isotopi dello iodio	150	500	2000	500
Isotopi del plutonio e di elementi transplutonici che emettono radiazioni α	1	20	80	20
Tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni (b)	400	1000	1250	1000

(a) Sono esclusi i prodotti alimentari secondari per i quali i livelli massimi ammissibili sono stabiliti a parte.

(b) Tra questi cesio 134 e cesio 137.

Tabella 4. - Linee guida del *Codex Alimentarius* per il commercio internazionale di alimenti

Radionuclide	Livelli (Bq/kg)
Alimenti per il consumo generale	
Am-241, Pu-239	10
Sr-90	100
I-131, Cs-134, Cs-137	1000
Latte e alimenti per l'infanzia	
Am-241, Pu-239	1
I-131, Sr-90	100
Cs-134, Cs-137	1000

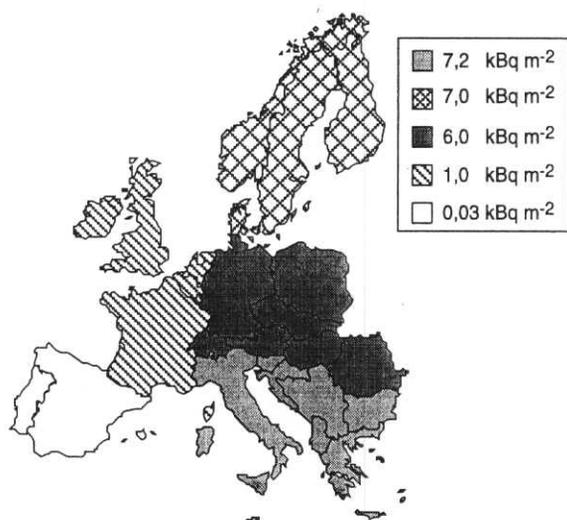


Fig. 2. - Cesio 137: deposizione media al suolo in Europa.

I livelli di riferimento derivati fissati per lo iodio in alcuni paesi europei e negli USA nei primissimi giorni sono mostrati nella Fig. 3 (molti dati sono stati desunti da [12]).

La scelta di tali livelli fu legata sia a leggi preesistenti (si vedrà in particolare il caso italiano) che a norme fissate *ad hoc* per affrontare la particolare situazione verificatasi. I provvedimenti adottati sono stati quindi, in definitiva, determinati dal superamento di livelli prefissati, dalle incertezze sulle caratteristiche dell'incidente, del rilascio e della sua evoluzione, dal tentativo di ridurre o evitare le dosi ai gruppi considerati critici, nonché, indubbiamente, da considerazioni economiche e politiche.

Tali provvedimenti andavano da una intensificazione del monitoraggio della radioattività nell'ambiente alla informazione regolare del pubblico, dai suggerimenti sul comportamento da usare all'aperto, specie in caso di pioggia, ai consigli in merito all'uso di acqua piovana,

dalle raccomandazioni o restrizioni nell'uso di determinati alimenti al suggerimento di somministrare pastiglie di iodio.

I principali provvedimenti assunti dai diversi paesi [12] non sono stati uniformi: essi riflettevano solo in parte la diversa contaminazione del terreno e le caratteristiche di alcuni prodotti particolari. Va inoltre osservato che le specifiche tecniche di comunicazione con il pubblico per ottenere determinati comportamenti (uso di raccomandazioni, consigli, divieti, ecc.) rappresentano scelte politiche che rispecchiano le caratteristiche sociali delle diverse comunità. Non si può d'altronde trascurare che, in momenti di incertezze e preoccupazioni, anche il solo consiglio di lavare bene le verdure può produrre da un lato un completo disinteresse, dall'altro atteggiamenti di panico simili a quelli associati ad una proibizione. I più recenti avvenimenti legati alla encefalopatia bovina spongiforme e le reazioni che in tutto il mondo ne sono scaturite non possono che rafforzare questo giudizio.

Gestione dell'emergenza in Italia dopo Chernobyl

Livelli di riferimento di emergenza

L'Italia, come gli altri paesi europei, si trovò del tutto impreparata ad affrontare la situazione creatasi in seguito all'incidente, a causa dell'assenza di un piano nazionale, di livelli di riferimento di dose primari e derivati idonei nel caso di fallout radioattivo diffuso e di laboratori in grado di raccogliere e misurare campioni rappresentativi su tutto il territorio. Inoltre, il numero e la rappresentatività dei campioni analizzati nell'ambito delle reti nazionali, creata negli anni '60 in seguito alle esplosioni in atmosfera, erano diminuiti nel corso degli anni, per mancanza di finanziamenti *ad hoc* dei Ministeri competenti e per la diminuzione dei livelli di radioattività nelle matrici ambientali e alimentari, che rendeva più lunghe e complesse le misure.

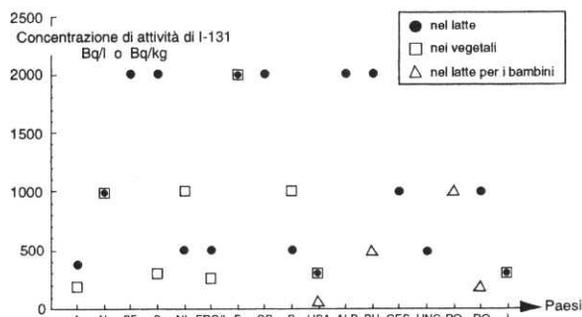


Fig. 3. - Livelli di riferimento derivati.

Tabella 5. - Valori presi come riferimento in Italia per la contaminazione degli alimenti nei primi giorni dell'incidente di Chernobyl (DM del 4 agosto 1977)

Radionuclide	Livelli di attenzione		Livelli di emergenza	
	Bq/l	nCi/l	Bq/l	nCi/l
Iodio 131	307	(8,3)	3070	(83)
Cesio 137	248	(6,7)	2480	(67)
Cesio 134	111	(3,0)	1110	(30)
Stronzio 90	4,8	(0,13)	48	(1,3)

I radionuclidi sono stati considerati in forma solubile.
I livelli per alimenti solidi vanno intesi come Bq/kg (o nCi/kg).

Per quanto riguarda i livelli da assumere come riferimento per intraprendere particolari provvedimenti, lo scenario era il seguente. L'articolo 108 del DPR 185/64 sulle "situazioni eccezionali" affermava: "Qualora nel corso delle operazioni con sostanze radioattive ... si verificano eventi che possono comportare rilevante contaminazione dell'aria, delle acque e del suolo di zone non controllate, coloro che effettuano dette operazioni sono tenuti a ..." seguire una serie di prescrizioni, fra cui informare il Prefetto e prendere misure per ridurre la contaminazione radioattiva ai valori minimi possibili. L'articolo, per come era formulato, sembrava limitarsi a considerare eventi nazionali di portata ridotta.

Con un DM del 4 agosto 1977 erano stati fissati i livelli al di sopra dei quali applicare le suddette disposizioni, facendo riferimento ad un DM precedente (2 febbraio 1971) relativo alle dosi e alle concentrazioni massime ammissibili (DMA e CMA) per la popolazione. Per l'aria e per le acque (sia potabili che per altri usi) i livelli di concentrazione dei diversi radionuclidi erano pari a quelli massimi ammissibili per la popolazione (CMA_p) nel caso di esposizione della durata di 12 mesi consecutivi; alle CMA_p x 4, per un intervallo di 13 settimane consecutive; alla CMA_p x 50, per un intervallo di 7 giorni consecutivi ed alla CMA_p x 400, per un intervallo di 24 ore consecutive. Per gli alimenti e le bevande, i livelli erano fissati uguali a quelli per le acque, mentre per il suolo erano pari a quelli dell'aria x 10⁶ (per 12 mesi consecutivi).

Si considerava stato di emergenza nucleare quello in cui i livelli di contaminazione in aria, acque, suolo, alimenti e bevande fossero superiori di un fattore 10 rispetto ai valori di cui sopra. I primi livelli furono assunti in Italia in occasione dell'incidente di Chernobyl quali livelli di attenzione, i secondi quali livelli di emergenza.

Il valore per il quale moltiplicare le CMA_p era quindi legato ad un periodo temporale di esposizione da definire secondo le circostanze. Nell'applicazione pratica si scelse

per lo iodio 131 un periodo di 14 giorni e fu usato un fattore moltiplicativo pari a 25, tenendo conto sia del tempo di dimezzamento che della possibile durata del rilascio (che ebbe infatti una netta diminuzione solo dopo 10 giorni). Per gli isotopi 137 e 134 del cesio fu assunto il periodo di un anno.

Va osservato che nel decreto ministeriale non era ipotizzata la necessità di tener conto della presenza contemporanea di diversi radionuclidi, come veniva di contro esplicitamente previsto nel DM 6 giugno 1968 che fissava le CMA per i lavoratori professionalmente esposti nel caso di condizioni normali, e come fu previsto per i due isotopi del cesio nel regolamento CCE 30/5/1986.

I livelli assunti come riferimento per la concentrazione di alcuni radionuclidi negli alimenti sono riportati in Tab. 5. In questa tabella vengono utilizzate le unità di misura coerenti con il Sistema Internazionale di unità di misura, accompagnate da quelle, ormai superate, che apparivano nei diversi decreti ministeriali citati.

E' infine utile ricordare che il Ministero dell'Interno aveva emanato l'8 agosto 1973 una circolare relativa alle situazioni di emergenza nucleare, con i criteri di base ed i criteri congiunti. Alcune proposte della circolare, che si basava in larga parte su un documento elaborato nel 1966 da un gruppo di studio della Commissione Tecnica del CNEN [13], sono riportate in Tab. 6. Un elemento interessante, da sottolineare, è rappresentato dalla scelta di un livello di riferimento anche per la dose collettiva (2 · 10³ Sv · persona). Il confronto fra i valori della dose collettiva e di quella individuale indica chiaramente che l'incidente ipotizzato dalla circolare aveva una scala spaziale limitata, tale da coinvolgere un numero non elevato di persone.

Per concludere su questo aspetto, i livelli di attenzione assunti in Italia sin dai primi giorni dopo l'incidente come base per raccomandazioni (e poi per divieti), erano molto simili a quelli raccomandati per lo iodio 131 (Tab. 2) dalla Commissione delle CE il 6/5/1986 ed a quelli per il cesio 137 e il cesio 134 del regolamento CEE del 30/5/86.

Tabella 6. - Livelli di riferimento della circolare n. 70 del Ministero dell'Interno

Gruppi di popolazione	Dose individuale mSv (rem)
Bambini fino a 16 anni	150 (15)
Donne gravide	150 (15)
Adulti	250 (25)

Tutti i livelli utilizzati in occasione dell'incidente di Chernobyl sono, d'altro canto, decisamente più bassi per gli adulti di quelli previsti per il caso di futuri incidenti nei regolamenti del Consiglio delle CE del 22/12/87 e 18/7/89 (Tab. 3).

Misure di contaminazione radioattiva

Come si è già detto, la mattina del 30 aprile 1986 il Centro Comunitario di Ricerca di Ispra segnalò un aumento dalle ore 6 della radioattività in aria a livello del suolo: tale aumento venne comunicato lo stesso giorno alla stampa dal Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile (On. G. Zamberletti) affermando che: "allo stato attuale i rilevamenti indicano valori notevolmente inferiori a quelli potenziali di pericolo". A Roma la presenza di iodio 131 in aria venne rilevata dalla stazione posta sopra il terrazzo dell'Istituto Superiore di Sanità la notte fra il 30 aprile e il 1 maggio.

La gestione delle emergenze era affidata in Italia al Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile. In seguito all'incidente di Chernobyl, la stessa mattina del 30 il Ministro insediò un Comitato tecnico-scientifico "per coordinare le attività di controllo e le iniziative da assumere in caso di coinvolgimento del nostro territorio negli esiti dell'incidente", composto da rappresentanti dell'Ente Nazionale per l'Energia Atomica/Dipartimento Sicurezza e Protezione (ENEA/DISP), dell'ISS, dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL), e dei Ministeri dell'Interno, della Difesa e della Protezione Civile e presieduto da un suo rappresentante. L'informazione del pubblico era prerogativa del Ministro, che l'espletò nei giorni successivi con quotidiani comunicati stampa, contenenti dati sulla radioattività in Italia, commenti sull'andamento dei livelli, previsioni meteorologiche e raccomandazioni.

Il coordinamento dei dati sperimentali raccolti sul territorio nazionale venne effettuato dall'ENEA/DISP. Le misure provenivano da laboratori già inseriti nelle reti nazionali o in quelle locali, o collegati al Servizio Sanitario Nazionale, dalle Università o dal Centro di Difesa Atomica dei Vigili del Fuoco. Nei casi assai frequenti di particolare carenza di informazioni radiometriche relative ad alcune

aree del territorio, squadre dei Vigili del Fuoco (VVFF) o dell'ENEA/DISP provvedevano alla raccolta dei campioni che venivano successivamente misurati in uno dei laboratori nazionali (presso ENEA, ENEA/DISP, ISS, VVFF, ecc.).

L'attenzione era centrata inizialmente sulla presenza di iodio 131 e in un secondo tempo di cesio 137 e cesio 134 nelle matrici ambientali e alimentari più importanti per la valutazione dell'esposizione della popolazione. L'obiettivo era quello di analizzare la rilevanza sanitaria di tale esposizione a livello della comunità nazionale e suggerire, ove ciò fosse stato ritenuto opportuno, indicazioni o raccomandazioni sui comportamenti individuali e collettivi, al fine di minimizzare le conseguenze dell'incidente.

I dati raccolti relativi alla concentrazione di radioattività nell'aria, nei vegetali e nel latte, matrici che vengono più rapidamente contaminate, vennero accorpate in tre gruppi, relativi all'Italia settentrionale, centrale e meridionale. Mentre nel caso del Nord i campioni delle diverse matrici potevano essere considerati rappresentativi della situazione, ben diversamente andavano le cose nel caso del Centro e del Sud. Ciò dipendeva dal numero assai maggiore di laboratori di misura (Fig. 4), già attivi o attivati rapidamente subito dopo l'incidente, nell'Italia settentrionale e dalla maggiore potenzialità e capacità delle strutture del Servizio Sanitario Nazionale di quelle regioni per la raccolta dei campioni in punti rappresentativi. Di contro, in parte dell'Italia

**Fig. 4.** - Dislocazione geografica dei laboratori di misura.

Tabella 7. - Ordinanza del Ministro della Sanità del 2 maggio 1986**Disposizioni contingibili ed urgenti cautelari per la sanità pubblica con efficacia estesa all'intero territorio nazionale**

IL MINISTRO DELLA SANITÀ

Considerata la situazione venutasi a determinare a seguito dell'incidente alla centrale elettronucleare di Chernobyl (U.R.S.S.);
Ritenuto di dover adottare disposizioni contingibili ed urgenti cautelari per la sanità pubblica con efficacia estesa all'intero territorio nazionale;

Visto l'art. 32 della legge 23 dicembre 1978, n. 833, istitutiva del Servizio sanitario nazionale:

ORDINA:

Art. 1.

Nei quindici giorni successivi all'entrata in vigore della presente ordinanza è vietata la vendita al pubblico e la somministrazione di verdure fresche a foglie.

Per lo stesso periodo è altresì vietata la somministrazione di latte fresco ai bambini sino all'età di anni dieci ed alle donne in gravidanza. Tale divieto non si applica ai latti a lunga conservazione (UHT o sterilizzati), in polvere o condensati prodotti e confezionati anteriormente alla data del 2 maggio 1986.

Art. 2.

E' fatto obbligo a chiunque spetti di osservare e di far osservare le norme della presente ordinanza.

La presente ordinanza entra in vigore il giorno della sua pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale*.

Roma, addì 2 maggio 1986.

Il Ministro: DEGAN

centrale e in quella meridionale pesava maggiormente l'assenza di una programmazione precedente e, malgrado gli sforzi generosi di alcune strutture, il numero di campioni sulla base dei quali si doveva valutare la contaminazione di certe aree era decisamente insoddisfacente.

Dal 3 maggio, comunque, sulla base dei dati esistenti, il Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile iniziò a comunicare al paese i valori medi di contaminazione nelle principali matrici per le 3 aree del paese.

Le medie sull'intera area non potevano certamente evidenziare le cosiddette "zone calde", dove le concentrazioni nel latte, nei pesci di lago, ecc., raggiungevano valori assai più elevati di quelli medi, talvolta di uno o due ordini di grandezza. Va però osservato che, in una valutazione a carattere nazionale, si deve tenere conto che le anomalie di cui sopra, correlate a precipitazioni locali particolarmente intense, hanno interessato aree di estensione limitata: le implicazioni di tali contaminazioni in termini di dose collettiva, poiché trattasi in ogni caso di effetti stocastici, sono quindi meno rilevanti. A fronteggiare le situazioni particolari, nell'Italia settentrionale intervennero in alcune zone le strutture sanitarie regionali, che mantennero, specialmente nei mesi dopo l'incidente, un contatto frequentissimo con le amministrazioni centrali e in particolare con le istituzioni scientifiche nazionali (ENEA/DISP e ISS).

Provvedimenti adottati per il consumo di alimenti

Il 1° maggio il Comitato tecnico-scientifico consigliò di lavare accuratamente frutta e verdure fresche, di non bere acqua piovana dove si fossero verificate piogge

nelle ultime 48 ore e di utilizzare per il bestiame foraggio conservato (suggerendo di conservare quello fresco per periodi successivi). Il 2 maggio il Comitato consigliò di evitare il consumo di verdura fresca a foglia e di ricorrere a latte in polvere o a lunga conservazione (preparato prima del 2 maggio 1986) per bambini fino a 10 anni. Come è ben noto, sulla base di tale parere, il Ministro della Sanità emanò un'ordinanza, riportata in Tab. 7. Molta polemica suscitò in Italia tale ordinanza, con pareri favorevoli e contrari. E' indubbio che la sua applicazione operativa fu confusa, spesso caotica, forse anche per l'assenza di programmazione o di esperienze precedenti e quindi di operatori già addestrati ad illustrare e fare attuare una norma di tale tipo. Va tuttavia osservato che i livelli di iodio (comunque più alti di quelli raccomandati dalla Comunità Europea) nei vegetali superarono i livelli di attenzione su tutto il territorio nazionale e nei primi giorni anche quelli di emergenza nel Nord (Fig. 5). I livelli di iodio nel latte rimasero invece più bassi, pur risultando molto vicini e in alcuni giorni superiori ai livelli di attenzione. All'origine della raccomandazione del Comitato tecnico-scientifico e dell'ordinanza del Ministro della Sanità ci fu, per tale matrice, la preoccupazione di proteggere al meglio i gruppi di popolazione più radiosensibili di cui, come si è visto, non si teneva esplicitamente conto nei diversi decreti ministeriali. In secondo luogo, non va dimenticato che quando fu emanata l'ordinanza il rilascio era ancora in atto e non era possibile prevedere l'evoluzione dell'incidente, della meteorologia e, quindi, delle ricadute radioattive, anche per l'assenza di informazioni sulla situazione creatasi presso l'impianto. L'emanazione, infine, di un'ordinanza - in aggiunta alle raccomandazioni del Comitato - decisa dal Ministro della Sanità, aveva

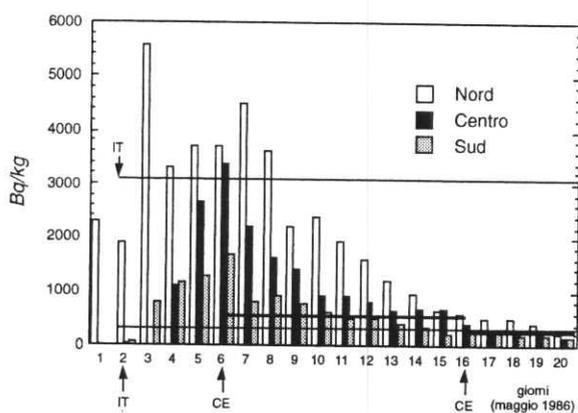


Fig. 5. - Concentrazione di attività di iodio 131 nei vegetali, nel primo periodo dopo l'incidente. Sono indicati per confronto i livelli di attenzione e di emergenza italiani e quelli raccomandati dalla Comunità Europea con decorrenza il 6 e il 16 maggio 1986.

chiaramente lo scopo di garantirne l'applicazione da parte di *tutta* la cittadinanza, anche quella non raggiunta dai *media*. I provvedimenti rimasero in vigore per il latte fino al 24 maggio su tutto il territorio italiano, e per i vegetali fino al 17 al Nord e fino al 12 al Centro e al Sud (per le misure del primo periodo e i commenti cfr. [14-16]).

Superate le tre settimane dall'incidente, la responsabilità gestionale passò al Ministro della Sanità, e quindi al Comitato di coordinamento per gli interventi per la radioprotezione dei lavoratori e delle popolazioni previsto dall'art.21 del DPR 6/9/1980.

Dal luglio 1986 il sistema di organizzazione dei prelievi e delle misure venne così ristrutturato, prevedendo l'esistenza di due livelli. Il primo livello era costituito dall'Osservatorio Nazionale, basato sulle misure di 3 laboratori dell'ENEA (di Saluggia, della Casaccia e della Trisaia), dal laboratorio dell'ENEL presso la centrale elettronucleare del Garigliano, quello del CRESAM presso Pisa, del PMIP di Milano, del Servizio di Fisica Sanitaria dell'Ospedale di Udine, del PMP di Piacenza e dell'USL 35 di Catania. L'Osservatorio aveva il compito di seguire su scala nazionale l'evoluzione temporale della contaminazione in un numero limitato di matrici significative: i dati venivano periodicamente resi noti tramite comunicati stampa.

Il secondo livello era costituito da laboratori distribuiti sul territorio nazionale (in 13 regioni) con il compito di seguire la contaminazione di tutte le matrici alimentari rilevanti per la dieta italiana presenti nella loro area di produzione.

Accanto a questi incarichi i laboratori dei due livelli, insieme ad altri, continuarono a svolgere, anche negli anni successivi, misure in campioni ambientali e alimentari, con obiettivi fiscali (importazione ed esportazione), e sanitari (su particolari matrici) o di ricerca scientifica.

Conclusioni

Alcune conclusioni schematiche possono essere dedotte da quanto fin qui illustrato:

- in Italia, l'assenza di un piano di emergenza nazionale ha pesantemente influenzato le capacità di gestire l'emergenza;

- le difficoltà incontrate, le incertezze emerse, gli errori fatti nella conduzione e nella informazione, i trionfalismi mostrati da alcuni personaggi politici, i messaggi contrastanti trasmessi anche da personalità scientifiche note, ecc., che hanno caratterizzato la gestione italiana, non differiscono molto, nella sostanza, da quelli in altri paesi europei (molti ricordano le affermazioni tranquillizzanti inglesi, che poi per anni non hanno potuto utilizzare le pecore di alcune regioni, e quelle francesi, i cui vegetali e le cui erbe mediche contenevano in realtà concentrazioni non trascurabili di radiocesio);

- l'assenza di una rete aerea di allarme in tempo reale in grado di individuare i radionuclidi presenti [17] non permise di disporre di uno scenario aggiornato, ora per ora, sul fallout;

- il mancato varo delle reti regionali (le cui basi tecniche e scientifiche erano state elaborate già da tempo) privò il paese di una rete di laboratori, in grado di effettuare misure secondo protocolli prefissati, con strumentazione calibrata e interconfrontata, coprendo in modo organico ed omogeneo tutto il territorio;

- malgrado le gravissime deficienze del sistema, la generosità e la disponibilità di molte strutture e di tanti operatori permise di evitare grossi errori e aiutò a elaborare soluzioni spesso ragionevoli e, ad avviso degli autori, corrette dal punto di vista sanitario.

E' lecito chiedersi se, al di là della gestione dell'emergenza nei singoli paesi, e dei cambiamenti poi introdotti per ovviare alle carenze più gravi, le Agenzie e le Istituzioni Internazionali abbiano svolto in pieno il loro compito negli anni successivi all'incidente. Molta ricerca scientifica di buon livello è stata condotta, anche grazie ai loro finanziamenti, sul trasferimento dei radionuclidi nell'ambiente, sulla loro permanenza nel corpo umano, sul ruolo giocato da numerosissimi fattori che li influenzano, sugli indicatori ambientali e così via. Nuove elaborazioni sono state prodotte, in particolare dall'ICRP, sulla gestione delle emergenze. Va in particolare ricordato che negli anni 1993-1997 la Nuclear Energy Agency (NEA) ha organizzato diverse esercitazioni internazionali di emergenza nucleare con l'obiettivo principale di verificare il sistema predisposto per lo scambio di informazioni con l'AIEA e l'Unione Europea (UE) e le modalità di informazione al pubblico. Molti progetti sono stati sviluppati intorno a Chernobyl, sull'ambiente e sugli esseri umani. D'altro canto, molte controversie sono però ancora in atto in campo scientifico e politico, come vari recenti congressi internazionali hanno evidenziato.

A più di dieci anni dall'incidente di Chernobyl il quesito che molti si pongono, fuori e dentro l'ambiente scientifico, è il seguente: quali garanzie si hanno che incidenti di gravità paragonabile a quello di Chernobyl non possano ripetersi in altri reattori della stessa o di altre filiere? Quali impegni tecnici e finanziari sono stati assunti, in particolare da parte dei paesi più industrializzati, per garantire le popolazioni che tale rischio sia stato affrontato, migliorando le salvaguardie e chiudendo gli impianti ormai obsoleti?

Per quanto riguarda, in particolare, il nostro Paese, è legittimo chiedersi se le carenze presenti nel nostro sistema sono superate e se oggi l'Italia sarebbe in grado di gestire una emergenza in modo del tutto soddisfacente.

La risposta, purtroppo, non è affermativa. Grandi passi in avanti sono stati fatti e, tra questi, basterà citare la creazione delle reti regionali, basate sulla crescita di Centri di Riferimento Regionale per il controllo della radioattività ambientale con laboratori in molti casi affidabili e di qualità [18] e l'istituzione di un Centro di Elaborazione e Valutazione Dati (CEVaD), una struttura tecnica che opera a supporto del Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile in caso di emergenza radiologica (DL.vo 230/95). Va poi, in particolar modo, menzionata la stesura definitiva del piano nazionale di emergenza, trasmesso ufficialmente agli enti interessati nel maggio 1997, anche se la sua elaborazione era iniziata dieci anni prima.

Esistono ancora, però, gravi carenze. Alcune di queste possono essere qui solo accennate: l'assenza della parte operativa del piano nazionale di emergenza e quindi anche l'impossibilità di effettuare esercitazioni di emergenza su vasta scala, la mancata attivazione a tutt'oggi di un collegamento in rete con i numerosi laboratori regionali di misura qualificatisi in questi anni, la mancanza di una chiara normativa sul ruolo istituzionale di questi laboratori. Infine, non è stata ancora realizzata una rete aria di allarme in tempo reale, sono tuttora presenti macroscopiche carenze in molti laboratori di misura della radioattività nell'Italia meridionale e non è stata ancora data attuazione alle norme sull'informazione al pubblico sia preventiva che durante l'emergenza.

Solo una chiara volontà politica del Governo e dei Ministri responsabili potrà superare gli ostacoli ancora oggi esistenti che certamente non sono più di natura scientifica o tecnica, traendo insegnamento dai problemi incontrati nel 1986.

Ricevuto il 6 ottobre 1997.
Accettato il 9 dicembre 1997.

BIBLIOGRAFIA

- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1984. *Protection of the public in the event of major radiation accidents: principles for planning*. Pergamon Press, New York. (ICRP Publication 40).
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1981. *Nuclear power: accidental releases - principles of public health actions*. WHO, Copenhagen. (Regional Publications, European Series, 16).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. 1985. *Principles for establishing intervention levels for the protection of the public in the event of a nuclear accident of radiological emergency*. IAEA, Vienna. (Safety Series, 72).
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. 1982. *Radiological protection criteria for controlling doses to the public in the event of accidental releases of radioactive material*. CEC, Luxembourg. (V/5290/82 EN).
- NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD. 1986. *Derived emergency reference levels for the introduction of countermeasures in the early to intermediate phases of emergencies involving the release of radioactive materials to atmosphere*. NRPB, Chilton, Didcot. (DL10).
- COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE. 1978. *Rischio residuo in incidenti in centrali nucleari di tipo provato: influenza sulla valutazione di siti proposti e sui piani di emergenza*. Commissione tecnica, Roma.
- POCCHIARI, F. 1980. Posizione dell'Istituto Superiore di Sanità sul problema della sicurezza nucleare. In: *Atti della Conferenza Nazionale sulla Sicurezza Nucleare*. Venezia, 25-27 gennaio 1980. ENEL, Roma. vol. 1. p. 63-69.
- NUCLEAR ENERGY AGENCY/ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. 1995. *Chernobyl: ten years on radiological and health impact*. NEA/OECD, Paris.
- JOINT FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1991. *Food standards programme. Codex Alimentarius*. vol. 1, section 6.1. "Levels for radionuclides". FAO/WHO, Geneva.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1992. *Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency*. Pergamon Press, New York. (ICRP Publication, 63).
- BENNETT, B.G. 1996. Assessment of doses and health consequences from the Chernobyl accident. In: *Atti del Convegno "Dieci anni da Chernobyl: ricerche in radioecologia, monitoraggio ambientale e radioprotezione"*. Trieste, 4-6 marzo 1996. C. Giovani & R. Padovani (Eds). ANPA, Roma. p. 3-9.
- NUCLEAR ENERGY AGENCY/ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. 1989. *Nuclear accidents. Intervention levels for protection of the public. A report by a NEA expert group*. NEA/OECD, Paris.
- COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE. 1966. *Relazione del gruppo di studio istituito dalla Commissione Tecnica del CNEN sui livelli di dose da prendere in considerazione per la valutazione dei gravi incidenti nucleari*. Commissione tecnica, Roma. (SAN/21/66).
- BELLI, M., BERTOCCHI, A., CAMPOS VENUTI, G., FRULLANI, S., GARIBALDI, F. *et al.* 1987. Il rischio ambientale nella produzione di energia: risultati sperimentali, calcoli e riflessioni dopo Chernobyl. S. Risica (Ed.). *Ann. Ist. Super. Sanità* 23 (2): 177-522.