

I PRIMI SEGNI

Dell'ultimo decennio di questo secolo, la prima metà è quasi trascorsa. All'inizio avevamo auspicato che le mutate condizioni sociali ed economiche di alcuni importanti paesi, il rinnovamento nelle politiche industriali, l'affermarsi di posizioni più rispettose dell'ambiente, stimolassero una seria riconsiderazione dei problemi dell'energia nucleare e, di riflesso, un ritorno di attenzione anche in Italia. Fino ai tempi recenti, purtroppo, anche la scadenza del quinquennio dal Referendum Popolare del 1987, trascorso impropriamente come "moratoria nucleare", è passata inosservata all'opinione pubblica, completamente presa dai fatti che hanno radicalmente trasformato la vita del Paese.

Eppure sembra, con l'inizio di questo 1994, di cogliere i segni di un risveglio.

È stato detto che in molte delle nazioni dell'Europa Occidentale e negli Stati Uniti, il quadro della politica energetica non ha lasciato, negli ultimi anni, uno spazio sufficientemente ampio al nucleare. Le ragioni, non nuove, che si adducono, sono, oltre al peso finanziario degli investimenti, l'incidenza delle tecnologie del ciclo del combustibile, soprattutto dopo il reattore, il problema dello smaltimento dei rifiuti radioattivi ad alta attività, l'opposizione dell'opinione pubblica, e non ultimo, il richiamo del petrolio a costo relativamente basso.

Ma quale, fra tutte le fonti energetiche primarie, non ha le sue pecche e le sue difficoltà?

Sta di fatto che alla fine del 1993 risultano in costruzione, nel mondo, centrali elettronucleari di potenza per circa quarantaseimila megawatt elettrici, rispetto ad un totale in esercizio di oltre trecentotrentaquattromila.

Parlavamo di segni di risveglio.

Per quanto riguarda i paesi industrializzati con tradizione nucleare, è improbabile che tale tradizione, dopo qualche rallentamento subito, possa interrompersi. Nei paesi asiatici il ricorso al nucleare si prospetta molto sostenuto.

Per quanto riguarda il nostro Paese, dopo un lungo silenzio, in alcuni ambienti professionali si è riaperto il dibattito. I fatti più recenti e significativi sono legati ai convegni promossi dai Lions il 28 marzo scorso a Milano ed il 15 aprile a Roma, per una discussione sulle prospettive dell'energia nucleare in Italia.

A quello di Milano ha partecipato Carlo Rubbia che ha illustrato di nuovo anche la sua recente proposta, sulla quale pubblichiamo di seguito un esteso commento di Mario Silvestri basato sulla comunicazione resa dallo stesso Rubbia nell'incontro ad Ispra del 24 novembre 1993 e sulla sintesi presentata nel citato convegno del 28 marzo 1994.

Se si considera che in Italia per molto tempo non erano stati più organizzati convegni sul nucleare, quando, una volta, proprio a Milano venivano tenute periodicamente "Le giornate dell'energia nucleare" con grande partecipazione e largo consenso pubblico, le citate iniziative dei Lions possono apparire atti di coraggio. Al quesito: "È tempo di tornare al nucleare?" è stato associato un tema nazionale di studio così enunciato: "Ritornare al nucleare per garantire al Paese più autonomia, ambiente ed aria pulita, sviluppo tecnologico ed energia a costo più basso".

Segno positivo è che la stampa abbia dato buon risalto ai convegni e che l'isteria contro il nucleare sembri dissipata. Ma importante, ed assolutamente innovativo, è il fatto che la Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 10 marzo scorso, annunci una proposta di legge di iniziativa popolare, promossa da ventitré cittadini firmatari, denominata "legge di delegazioni per la razionalizzazione del sistema energetico nazionale". Nello schema della legge rientra il nucleare.

È chiaro che se la proposta di legge andrà in porto, il Piano Energetico Nazionale del 1988, l'ultimo a cui ci si possa riferire, verrà completamente riveduto.

Affinché qualcosa di nuovo veramente accada, alla spinta appena accennata dovranno seguire una volontà politica ferma e risoluta, e quindi, se il cammino dovrà essere ripreso, il necessario recupero della "sapienza nucleare" un tempo acquisita operando e poi disprezzata, della competenza e della organizzazione industriale in gran parte distrutte, del consenso pubblico malignamente distolto.

Intanto la rivista inaugura il suo secondo decennio sotto l'egida dell'ENEA, il quale per recente decisione del suo Consiglio di Amministrazione, ha parzialmente rinnovato la composizione del Comitato Scientifico come riportato in copertina. Agli uscenti il ringraziamento della redazione e della direzione della rivista, ai nuovi il benvenuto, a tutti l'augurio di buon lavoro.

Oltre all'articolo di Silvestri sulle proposte di Carlo Rubbia, ed ancora a proposito di un aspetto dell'uso dell'acceleratore di particelle, prosegue la pubblicazione degli articoli di Landeyro (ENEA), Orazi e Santilli (ENEA-DISP) sul sistema ATW di Los Alamos per la trasmutazione degli attinidi (la prima parte era stata pubblicata sul n. 1 del 1993).

Uno degli aspetti più interessanti relativi alla resa energetica dell'uranio come fonte primaria riguarda la possibilità di utilizzare al meglio, oltre al materiale fissile contenuto nel combustibile fresco, anche quello che si genera sotto forma di plutonio durante l'esercizio. Lombardi e Mazzola (Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Nucleare), espongono le loro valutazioni sulla sorte del plutonio.

In condizioni di incidente nucleare possono verificarsi emissioni di iodio radioattivo, elemento presente nei reattori ad elevati livelli di attività e in un ampio numero di specie chimiche; l'evoluzione nel tempo della composizione delle fasi gassosa e liquida all'interno del contenimento è stato studiato per simulazione da Lacquaniti, Palitto (CONSIT srl, Roma), Squillace (SOGEI SpA, Roma) e Verdone (Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia).

Gli stessi ricercatori hanno indagato la dinamica della crescita di aerosol, parimenti importante nel caso di rischio di contaminazione radioattiva, con una versione più accurata del programma di calcolo SPARC.

Uno dei problemi del ciclo del combustibile nucleare riguarda la sorte degli elementi di combustibile irraggiati. Una panoramica internazionale sulle principali esperienze di immagazzinamento a medio-lungo termine del combustibile irraggiato è illustrata da Dionisi e Grossi (ENEA-DISP).

Completano il numero la relazione di Landeyro sul convegno di Tel Aviv (23-26 gennaio 1994) dal titolo "Reactor Physics and Reactor Computations", le consuete rubriche Informazione e Congressi e l'indice analitico dal 1991 al 1993.

Enrico Cerrai

UNA "FILIERA" IN ESTINZIONE

La notizia che l'ultima unità nucleare del tipo gas-grafite posseduta dall'ente elettrico francese (EdF) è stata definitivamente fermata il ventisette maggio di quest'anno, induce a spendere qualche parola sulla "filiera" alla quale tale reattore appartiene.

L'unità dai francesi messa in pensione, dopo ventidue anni di servizio, con cinquantacinque miliardi di chilowattora elettrici prodotti ed una potenza lorda di 555 MW, è la Bugey 1. Da fine maggio, quindi, il considerevole parco nucleare francese, oltre cinquantasettemila MW installati, secondo solo a quello degli Stati Uniti, conta unicamente sulle cinquantacinque unità ad acqua in pressione-uranio arricchito. La decisione di abbandonare la "filiera" gas-grafite, tanto propugnata ed appassionatamente difesa dai progettisti dell'ente elettrico francese, risale al 1962 quando la superiorità tecnica ed economica dei reattori ad acqua naturale di matrice statunitense, fu riconosciuta, sia pure a malincuore, persino da Charles de Gaulle. Per eludere la dipendenza dalle forniture estere di uranio arricchito per il combustibile, fu sostenuta la necessità di costruire un impianto europeo per la separazione dell'uranio duecentotrentacinque, a fini civili.

In Francia il tramonto dei reattori gas-grafite era stato definitivamente sancito dall'ente elettrico nel marzo 1988 -"gli ultimi quattro gas-grafite sono da chiudere"- sulla base di considerazioni economiche e pratiche: costi di esercizio più alti di quelli dei reattori ad acqua in pressione, o perfino di alcune unità a combustibile fossile, necessità di un ciclo del combustibile appositamente dedicato.

Nel Regno Unito invece la fedeltà alla "filiera" a gas è stata lunga e duratura. Si ricorderà che il sistema gas-grafite-uranio naturale era stato adottato, sia in Francia che in Inghilterra, per la relativamente semplice capacità di produrre plutonio fissile, a fini militari, sostituito dell'uranio duecentotrentacinque ottenibile solo con impianti costosi ed impegnativi di separazione isotopica. Fu abbastanza logico pensare di utilizzare unità nucleari di quel tipo per equipaggiare centrali elettronucleari a fini civili, sfruttando il combustibile, uranio naturale metallico, non per produrre plutonio militare, ma per produrre energia. La centrale inglese di Calder Hall, munita di quattro unità da 45 MWe aventi combustibile metallico incamicciato con lega di magnesio, detta Magnox, moderate a grafite e raffreddate con anidride carbonica, inviò in rete, per la prima volta nella storia del nucleare, energia elettrica su base commerciale: era il 1956. Dal nome della lega, quei reattori gas-grafite sono stati denominati Magnox.

Tuttora nel Regno Unito i trentacinque reattori in esercizio appartengono alla categoria gas-grafite, molti ancora del tipo Magnox, alcuni del tipo più avanzato (AGR), per una potenza totale installata di circa dodicimila megawatt. L'intenzione delle autorità britanniche è di proseguire lo sfruttamento di quelle centrali, operando una accurata manutenzione ed una accorta gestione, in attesa del subentro dei reattori ad acqua in pressione. Infatti, anche nel Regno Unito, l'abbandono dei reattori gas-grafite, almeno di quelli classici, i Magnox, è ormai segnato. Nel Suffolk sta per essere ultimata la centrale Sizewell B di circa 1200 MWe, equipaggiata con un reattore ad acqua in pressione. Inoltre, il governo britannico ha manifestato il consenso per la costruzione di una seconda centrale sul sito di Hinkley Point nel Somerset, già approvato per insediamenti nucleari, con la riserva che la revisione della politica nucleare da parte del governo, prevista entro quest'anno, dia esito favorevole.

Addio dunque, entro pochi anni, ai vecchi Magnox.

Per quanto ci riguarda, il nostro esemplare, Latina, uno dei pochi esistenti fuori dai confini francesi o britannici, fu condannato alla chiusura, per editto del CIPE, alla fine del 1987.

I giapponesi sono oggi gli unici al mondo, fuori dal Regno Unito, a mantenere in esercizio commerciale una piccola centrale Magnox (154 MWe) acquistata trent'anni fa in Inghilterra.

L'indice di questo numero è stato rimaneggiato a causa della improvvisa scomparsa del prof. Mario Silvestri, avvenuta il 13 settembre. La direzione e la redazione della rivista, in accordo con l'editore, hanno deciso di inserire un ricordo della persona e di ristampare tre articoli che Silvestri aveva dedicato alle principali tappe dell'energia nucleare del primo cinquantennio. Per manifestare il nostro profondo cordoglio abbiamo inteso testimoniare la grande capacità critica, la lucidità di giudizio e l'obiettività scientifica dello scomparso.

Veniamo al resto del contenuto.

Un dilemma classico nella scelta di un sistema di reattore a fissione è stato quello posto dal quesito se convenga o meno adottare contemporaneamente due classi di materiali che comportino, per la loro produzione, l'uso di tecnologie basate su separazioni isotopiche. La risposta pratica è stata: ove si usa uranio arricchito non si adotta acqua pesante, dove si adotta quest'ultima si usa uranio naturale. Questa fu la scelta dei Canadesi che aprì la strada allo sviluppo commerciale dei CANDU, che sono, come è noto, reattori ad acqua pesante in pressione ed uranio naturale. Alessandro Mazzola del Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano ha esaminato il possibile vantaggio economico ed energetico che un leggero arricchimento, circa due volte quello naturale, può conferire a reattori del tipo CANDU. Nelle condizioni economiche attuali, data la disponibilità di uranio arricchito sul mercato, il risultato appare positivo.

La situazione del nucleare nell'Europa Occidentale e nel Nord America e le prospettive di sviluppo, una volta che vengano rimossi determinati ostacoli, vengono presentate da Di Sapia dell'ENEA e Foskolos dell'Istituto svizzero P. Sherrer, come risultano da un rapporto presentato al simposio IAEA a Seoul nei giorni 18-22 ottobre 1993, dal titolo "Advanced Nuclear Power Systems: Design, Technology, Safety and Strategies for their Deployment".

Durante la vita di un reattore, alcune barre di regolazione possono accumulare al loro interno una certa quantità di tritio generato da reazioni nucleari con neutroni. Quando tali barre fossero poste fra i rifiuti solidi del reattore possono divenire fonte di inquinamento radioattivo dell'ambiente a causa del rilascio del tritio. Dworschak, Mannone e Modica dei laboratori del CCR di Ispra e Nannicini dell'ENEA hanno messo a punto un metodo per la estrazione a caldo del tritio da suddetti rifiuti.

Un tema legato alle possibili conseguenze di una grave perdita di fluido termovettore dal nocciolo del reattore è quello della possibile fusione del nocciolo stesso. Ferroni (della Electrowatt Engineering Services Ltd. di Zurigo) e Schiel (della Sulzer Thermtec Ltd. di Winterthur, Svizzera) hanno affrontato i tre principali problemi riguardanti il sistema di contenimento ai fini della sicurezza e, cioè, rottura per eccesso di pressione, interazione del nocciolo fuso col basamento di calcestruzzo, deflagrazione dell'idrogeno. Gli autori descrivono tre sistemi innovativi atti a mitigare le conseguenze di un incidente grave.

Cumo, Celata, Mariani e Zummo dell'ENEA presentano un nuovo modello fisico per il calcolo del flusso termico critico in convezione forzata, in condizioni di ebollizione sottoraffreddata e in presenza di elevate portate e sottoraffreddamenti del fluido. È un contributo alla interpretazione dei fenomeni termofluidodinamici così importanti agli effetti del corretto funzionamento di un reattore a fusione.

Il procedimento formale e pratico della disattivazione di una centrale nucleare è molto complesso. Luciano Sani del Dipartimento di Ingegneria Nucleare e Conversioni di Energia dell'Università di Roma "La Sapienza" illustra le problematiche e le strategie delle attività preliminari di tutto il procedimento.

Seguono gli articoli due interessanti rassegne. La prima riguarda il convegno "Idrogeno e metalli" del 26-27 maggio 1994 a Milano (Roberto Coppola), la seconda la Giornata di Studio ANDIN 1994 "Il contributo del nucleare per una nuova politica dell'energia e per lo sviluppo del Paese" del 14 luglio 1994 a Roma (Diana Savelli).

Completano il numero le conclusioni della riunione del Consiglio Europeo (Corfù, 24-25 giugno 1994) e del G7 (Napoli, 8-9 luglio 1994) riguardanti la sicurezza delle centrali nucleari in Ukraina, il Progetto di Norma UNICEN 160.0 sulla disattivazione degli impianti nucleari e la consueta rubrica di Informazione e Convegni.

Enrico Cerrai

IL "VECCHIO" E IL "NUOVO"

Il bilancio del nucleare, considerato "vecchio" da un sommario giudizio corrente, soprattutto di chi il nucleare non ha, risulta dal consuntivo ad oggi della potenza elettronucleare installata, della sua produzione energetica e dalla misura del ritmo di crescita degli impianti nel mondo.

Questo bilancio è riportato in modo analitico e completo nell'articolo di Diana Savelli (ENEA) che fa il punto al 31 dicembre 1994.

Secondo ulteriori dati, peraltro non ancora completi, relativi al 1994, la produzione elettronucleare ha coperto poco più del 17% del fabbisogno totale di energia elettrica e il raffronto con l'anno precedente registra un incremento del 2% nel valore assoluto della produzione che ha superato i duemiladuecento miliardi di kWh, alla generazione dei quali hanno maggiormente contribuito USA, Francia, Giappone, Germania e Russia.

L'evento più importante dell'anno è la conferma ufficiale della scelta cinese per la tecnologia nucleare. Nell'ultimo decennio quel paese ha goduto di una espansione economica talmente rapida da dover soddisfare un fabbisogno di elettricità crescente ad un tasso annuo superiore al 7%, valore che i paesi industrializzati dell'occidente registravano nei primi decenni del dopoguerra. La Cina, dunque, che già conta su tre unità nucleari con complessivi duemiladuecento MWe, ne ha in costruzione altri milleduecento ed ha deciso un piano che ne aggiungerà altri diecimila entro il 2006.

Per parlare di paesi asiatici di recente ingresso nel nucleare, la Corea del Sud ha fatto passi da gigante. Essa ha in esercizio più di settemiladuecento MWe, ne ha in costruzione quasi altri seimila ed ha annunciato un piano per altri seimilasettecento MWe al 2006.

Complessivamente, dunque, a fronte di paesi che hanno rallentato il loro sviluppo nucleare, come USA e Germania, ne esistono altri che procedono speditamente per la loro strada. Nel totale degli impianti in costruzione, l'Europa Orientale e l'Asia contano per oltre il settantacinque per cento. È importante anche notare che, quanto a tipo di reattore, i PWR, in termini di potenza, superano il sessantacinque per cento del totale e che in tutti i casi le versioni adottate, pur migliorate grazie al normale aggiornamento della progettazione, sono ancora da annoverare fra il "vecchio".

Che cosa significa allora parlare del "nuovo". La volontà di rimuovere gli aspetti meno "graditi" del nucleare, come il rischio, pure con bassissima probabilità, della fusione del nocciolo, del rilascio di radioattività all'ambiente e le complicazioni in ambito organizzativo e sociale dei piani di emergenza con ipotesi di allontanamento dei cittadini da ampie zone in prossimità degli impianti, ha spinto verso nuovi progetti che, a seconda della distanza dal passato, sono stati chiamati avanzati, evolutivi o addirittura innovativi. Anche se fra i più recenti progetti dei reattori ad acqua, ancora considerati "vecchi", e gli avanzati non può essere tracciato un netto confine, il paese che concretamente ha scelto la formula del tipo avanzato è il Giappone. Si tratta di reattori ad acqua bollente di grossa taglia (ABWR), due già in avanzata costruzione ed almeno quattro programmati per il 2005. Con essi il Giappone si aspetta, accanto a miglioramenti nella sicurezza, addirittura un risparmio nei costi di investimento.

Ciò che segna invece una netta demarcazione è il concetto di sicurezza intrinseca. Si tende a modificare i progetti introducendo sistemi di sicurezza "passivi" che intervengono grazie a principi fisici naturali e non a seguito di comandi volontari di operatori e di dispositivi predisposti. Tali modifiche di progetto, che richiedono ancora ricerca, sviluppo e prove, portano gli impianti nel campo del "nuovo", con reattori detti di tipo evolutivo e innovativo.

L'impressione complessiva che si ha dal panorama mondiale è che i buoni progetti dei "vecchi" reattori siano ancora validi e prescelti nei paesi che perseguono con determinazione una politica energetica basata anche sul nucleare, mentre quelli "nuovi", evolutivi o innovativi che siano, serviranno in futuro in alcuni fra quei paesi ove le preoccupazioni sulla sicurezza e la sensibilizzazione dell'opinione pubblica sono tali da aver generato ostacoli difficilmente sormontabili al momento attuale.

Val la pena parlare anche del "nuovo" ancora più nuovo. In realtà si tratta di un ritorno a schemi già proposti nei primi anni cinquanta, ma riveduti oggi con occhio moderno grazie anche ad una adeguata maturazione tecnologica intervenuta nel frattempo. Si tratta dei sistemi detti comunemente "ibridi", che si basano sull'impiego di un acceleratore di particelle abbinato ad una struttura a fissione in condizioni sottocritiche. Lo stato dell'arte e le prospettive di detti sistemi sono diffusamente trattati in questo numero da Buccafurni (ANPA) e Landeyro (ENEA). Come si sa, i progetti concettuali di tali sistemi hanno avuto ed hanno scopi via via diversi, dalla produzione di combustibili di interesse nucleare alla trasmutazione di radionuclidi a lunga vita in radionuclidi a vita più breve o addirittura stabili.

Io voglio qui ricordare l'idea di Carlo Rubbia, che fu da lui annunciata nel novembre 1993, già da noi ricordata nel numero 3 di quell'anno, e sulla quale il Nobel è tornato con un seminario al CERN il sei dicembre 1994 alla conclusione di un primo esperimento di laboratorio.

Anche in questo caso si tratta di un sistema ibrido che però ha il fine di sostituire un normale reattore "tradizionale", non importa se avanzato o evolutivo, in una centrale di produzione elettronucleare. Circa la sicurezza, Rubbia intende eliminare il rischio di incidente nucleare per eccesso di reattività, giacché il sistema a fissione è costantemente sottocritico relativamente alla massa di combustibile e si spegne immediatamente fermando l'acceleratore. Inoltre, per il problema dei rifiuti radioattivi, date le modalità e i tempi di irraggiamento del combustibile, non si prevede accumulo di transuranici. Il primo fatto sperimentale, che è solo il primo piccolo passo di una strada molto lunga e complessa, è costituito dalla prova eseguita presso il CERN di Ginevra. E' stato dimostrato che l'irraggiamento di una massa di uranio con protoni di sufficiente energia produce neutroni. Il rapporto misurato è stato di trenta neutroni per protone. Con ciò il principio elementare della possibilità di produrre neutroni per spallazione da un nucleo pesante ad opera di protoni energetici incidenti è stato concretamente messo in pratica. Siamo ovviamente interessati a seguire le prossime tappe dello sviluppo.

Nel quadro della contaminazione ambientale di origine naturale, è ben noto che il radon costituisce una componente molto importante per le sue caratteristiche di diffusività, essendo un gas, e per la sua nocività. Bovi (ENEA) e Continenza (Università di Roma "La Sapienza") descrivono un metodo sperimentale messo a punto presso l'ENEA per la misura di detto radionuclide proveniente da materiali edili posti in opera.

Al Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino, ai fini della sicurezza, sono stati indagati anche con esperimenti fenomeni di evaporazione durante incidenti di perdita di refrigerante dovuti a piccole fessurazioni nei sistemi di raffreddamento di reattori ad acqua (Bertani, Carotta, Del Tin e De Salve).

Peter Schiller del Centro Comune di Ricerche di Ispra descrive tutte le implicazioni e le fenomenologie relative all'uso dell'idrogeno e dei suoi isotopi nel campo delle tecnologie nucleari. Molto importanti sono gli aspetti della generazione dell'idrogeno, della sua diffusione nei materiali strutturali e della sua difficile confinabilità.

Il numero riporta inoltre un commento di Mario Stefanon (ENEA) sui pionieri delle tecniche di diffusione neutronica che hanno meritato il Nobel per la Fisica nel 1994, Brockhouse e Shull, e, sempre a proposito delle tecniche basate sull'uso di fasci di neutroni, Roberto Coppola (ENEA) riferisce sulla International Conference on Neutron Scattering (Sendai, 10-14 ottobre 1994).

Il 7° Meeting della "Task 2: Treatment of Radioactive Waste" è stato tenuto a Saluggia dal 9 all'11 novembre 1994; Roberto Nannicini (ENEA) riporta una resoconto dell'incontro.

Completano il numero le consuete rubriche di Informazione e Convegni.

Enrico Cerrai

UN DISEGNO DI LEGGE

Esattamente un anno fa avevamo registrato i primi segni di risveglio nei programmi nucleari mondiali, mettendo l'accento sull'entità dello sviluppo che i piani di alcuni paesi asiatici avevano preventivato.

Paesi come, ad esempio, la Cina e la Corea del sud, hanno mostrato di fondare gran parte della loro spinta al progresso industriale ed economico anche sulla fonte nucleare.

Quanto al nostro Paese, dicevamo di qualche segno emergente da convegni o seminari e dall'annuncio della Gazzetta Ufficiale della Repubblica del 10 marzo 1994, circa una proposta di legge di iniziativa popolare per un sistema energetico nazionale che includesse, fra le fonti, anche quella nucleare.

La proposta è praticamente contenuta in un disegno di legge che i senatori Merigliano, Lorusso e Zaccagna hanno comunicato alla presidenza del Senato il 15 marzo di quest'anno. Si chiede *Delega al Governo per la realizzazione del sistema energetico nazionale*. L'obiettivo è contenuto nel primo articolo che recita: "Allo scopo di razionalizzare il sistema energetico italiano e di armonizzarlo a quelli degli altri Paesi industrializzati, nonché di evitare l'eccessiva dipendenza dalle importazioni e i corrispondenti vincoli strutturali, il Governo è delegato ad emanare decreti legislativi idonei per la definizione e l'attuazione di un piano di intervento triennale nel settore energetico, da attuarsi negli anni 1995, 1996, 1997."

E' difficile prevedere il peso che questo disegno può avere nella politica energetica del Paese. E' anche poco probabile che il principio della delega al governo venga pacificamente accolto proprio nel momento in cui il ruolo, le funzioni e la natura giuridica degli enti energetici nazionali, che dovrebbero poi attuare i decreti legislativi, sono oggetto di grande e prolungato dibattito in Parlamento.

Comunque, questa iniziativa che, se non altro, costituisce un utile stimolo alle parti politiche, sociali ed economiche, deve essere accolta con favore da tutti coloro che ritengono necessaria la razionalizzazione del nostro sistema con un riequilibrio nell'uso delle diverse fonti primarie. L'auspicio è che in sede responsabile si riprenda almeno in esame il problema.

I concetti base del disegno di legge sono esposti dai senatori firmatari nella relazione introduttiva indirizzata al Senato e, come si può constatare nel testo che riproduciamo nelle pagine successive, sono completamente condivisibili.

Non passa aprile, che su diversi organi di informazione non compaiano articoli sulle conseguenze del disastro di Chernobyl. Siamo al nono anniversario e per il prossimo anno (per il decimo anniversario) è indetta a Vienna una conferenza internazionale a cura dell'AIEA dal titolo "*One Decade after Chernobyl: Summing up the Radiological Consequences*" dalla quale, con i documenti ufficiali, potremo ricavare informazioni e valutazioni scientificamente fondate. Nel frattempo, ricordiamo che non hanno validità certi dati sul numero di morti attribuibili all'evento, divulgati dall'uno o dall'altro mezzo di informazione, perché privi del necessario riferimento statistico come, ad esempio, il numero complessivo del campione di individui considerato, l'inci-

denza della mortalità e della morbilità in condizioni normali, quella di fattori locali come clima ed ambiente o specifici come alimentazione e costumi di vita. Questo non è per dire che il disastro non abbia avuto conseguenze, ma per ribadire che cifre allarmistiche, oltreché psicologicamente e socialmente dannose, si prestano a strumentalizzazioni di comodo.

L'incidente al reattore è stato indagato da molti ricercatori. In particolare, alcuni studiosi russi (Podlazov, Trekhov e Cherkashov, RDIPE) insieme con tre italiani (Loizzo, Galati e Norelli, ENEA) avevano pubblicato su "Atomnaya Energiya" una simulazione al calcolatore dell'incidente. La traduzione in italiano, curata da Devana Lavrencic, con una presentazione di Maurizio Cumo, è all'interno di questo numero.

I primi tre articoli riguardano problemi di sicurezza. Due per i reattori ad acqua ed uno per il sistema a fusione IGNITOR.

D'Auria e Galassi (Università degli Studi di Pisa), Debrecin e Feretic (Università di Zagreb, Croazia) presentano un metodo per la valutazione degli errori che i codici di calcolo termoidraulico possono commettere nella previsione di scenari incidentali.

Passalacqua (ENEA), Renault e Tarabelli (Institut de Protection et de Sureté Nucléaire, Cadarache) trattano i fenomeni che possono avvenire durante il contenimento dei fluidi rilasciati da un incidente: si può avere stratificazione di acqua liquida sovrastata da atmosfere aeriformi con diverse concentrazioni di vapore e ciò può avere grande importanza nella evoluzione termoidraulica del contenimento.

Quanto alla macchina IGNITOR per la fusione termonucleare controllata, Carpignano, Del Tin, Franzoni (Politecnico di Torino) e Porfiri (ENEA) analizzano le conseguenze di un corto circuito sui magneti dell'impianto che può provocare la rottura catastrofica del recipiente di contenimento. Viene considerata la possibile contaminazione ambientale da sostanze radioattive e le valutazioni mostrano che le conseguenze, in termini di dose per la popolazione, sono inferiori ai limiti imposti dalle leggi in vigore.

I fenomeni più significativi del funzionamento del sistema passivo di refrigerazione del sistema di contenimento dell'impianto AP600 in condizioni di incidente severo, sono indagati da Manfredini, Mariotti, Oriolo e Vigni (Università degli Studi di Pisa) con una apparecchiatura che consente di studiare lo scambio termico di una superficie metallica lambita da uno strato di acqua discendente in controcorrente con aria, oppure dalla sola aria.

Uno dei componenti che incide molto sia nelle fasi di costruzione e montaggio sia in quelle di manutenzione ed, in prospettiva, di disattivazione di un impianto nucleare è il generatore di vapore. Giovanni Elvio Farello (Gruppo progetto MARS, Università di Roma "La Sapienza"), nell'ambito del progetto del reattore MARS, ha introdotto diverse innovazioni sul disegno costruttivo di questo componente ottenendo vantaggi nel trasporto, nel montaggio *in situ* e negli interventi manutentivi. Lo studio evidenzia rilevanti benefici economico-gestionali.

Completano il numero tre progetti di norme UNI relative agli impianti nucleari riguardanti la disattivazione e la terminologia relativa alla manutenibilità, le consuete rubriche di Informazione e Congressi e l'Indice Analitico dell'anno 1994.

Enrico Cerrai

L'ECO-EFFICIENZA

Il World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), recentemente nato dalla fusione del Business Council for Sustainable Development (BCSD) di Ginevra e dal World Industry Council for the Environment (WICE), ha proposto il concetto di "eco-efficienza" per integrare i criteri di valutazione delle prestazioni di una impresa (efficacia, efficienza) con l'apprezzamento di fattori connessi con effetti ambientali.

Al WBCSD aderisce oltre un centinaio di imprese multinazionali che nel 1990 avevano raccolto la sfida della Conferenza di Rio.

E' segno di una vera rivoluzione culturale il fatto che, fra le imprese impegnate, si annoverino le più grandi multinazionali chimiche. Ai tempi del mito della chimica onnipotente, si assicurava l'Umanità con lo slogan "A Natura avara, Chimica generosa". Oggi si è consci che non si può, né si deve, forzare più che tanto la Natura per ottenere ciò che al momento si ritiene utile e vantaggioso.

Il bilancio dunque, sulla convenienza o meno di un prodotto, di un processo o di un servizio, non può essere fatto semplicemente entro i confini dell'impresa.

Il confronto con i requisiti della salvaguardia, per quanto possibile, dell'ambiente porta a dover compiere valutazioni in termini di eco-efficienza. Perciò la competitività del prezzo di un prodotto o di un servizio, requisito essenziale per il mercato, deve essere raggiunta da una impresa con la ottimizzazione economica dei fattori da essa direttamente gestiti, ma tenendo anche conto del costo degli effetti sull'ambiente e perseguendo un uso ottimale delle risorse primarie.

L'obiettivo dell'eco-efficienza è molto impegnativo ed occorre un cambio radicale di metodo per iniziare, almeno, il cammino.

La maggiore difficoltà sta nella definizione quantitativa di costi, in gran parte generati all'esterno dell'impresa, che si aggiungono al costo determinato nel modo tradizionale, e che vengono pagati, spesso indirettamente, da una collettività più o meno ampia, della quale nessun individuo, o solo una parte, fruisce del prodotto o del servizio in questione. Peraltro, non tutti gli effetti esterni comportano un costo da sostenere, giacché, se l'analisi si estende anche a fattori socio-economici, è possibile individuare anche taluni benefici.

Il criterio della eco-efficienza comporta dunque una valutazione attenta dei costi riconducibili a quei fattori globalmente indicati come "esternalità".

Questo argomento ha ricevuto da tempo l'attenzione degli economisti e riteniamo opportuno che anche i lettori della nostra rivista vengano aggiornati in proposito.

A noi preme rilevare come nel confrontare fra loro tecnologie energetiche diverse, non basti il riferimento al puro costo del processo di produzione, ma occorra valutare anche i costi aggiuntivi delle "esternalità". Se per esempio, fra gli effetti negativi sull'ambiente si annovera quello dell'anidride carbonica, e se ne determina il costo associato al danno, per questo aspetto, ri-

sultano meno costose fonti energetiche che emettono una minore quantità di quel gas per unità di prodotto.

L'argomento delle esternalità è trattato in termini generali, che si rifanno alle teorie microeconomiche, nell'articolo di Teresa Del Ristoro (ENEA) mentre alcune valutazioni relative alla produzione di energia elettrica sono riportate nel lavoro del Politecnico di Milano (Borio di Tigliole, Bravin, Colombo, Vanossi).

Con questi lavori "Energia Nucleare" intende aprire l'argomento al contributo degli studiosi, tramite la proposta di articoli che aggiornino e sviluppino i concetti ed i metodi che, per il momento, abbiamo impostato ed, in parte, esemplificato.

Sempre in tema di effetti ambientali della produzione energetica, è argomento di grande attualità la gestione dei prodotti risultanti dal ritrattamento dei combustibili nucleari irraggiati. Tali prodotti contengono plutonio e radionuclidi a lunga vita. La Francia su questa tematica ha svolto e svolge importanti programmi, il cui stato e la cui prospettiva vengono illustrati da Massimo Salvatores del CEA francese.

Nel campo dei sistemi a fusione termonucleare controllata pubblichiamo due articoli. Il primo di Ferrari, Simbolotti e Zampaglione (Associazione ENEA-Euratom sulla Fusione) riguarda il dimensionamento di un reattore a confinamento magnetico. Il secondo, di Cambi, Costa e Sobrero (Università di Bologna) riporta la valutazione dei prodotti di corrosione, resi radioattivi dall'irraggiamento neutronico dei materiali, rilasciati dalle pareti dei tubi del sistema di raffreddamento della prima parete di una macchina a fusione nucleare tipo tokamak.

Piccole rotture nel circuito del termovettore di reattori a fissione comportano perdite che possono pregiudicare la sicurezza dell'impianto. Una analisi dei dati sperimentali ottenuti sull'impianto SPES (modello in scala di un PWR commerciale a tre circuiti) è stata effettuata, nell'ambito di una cooperazione ENEA-CEA sui reattori di nuova concezione, mediante il codice CATHARE 2; di essa riferisce Paride Meloni dell'ENEA.

L'impianto di irraggiamento gamma del Centro Ricerche della Casaccia, denominato CALIOPE, è descritto da Tata, Giuliani, Pasquali, Rossi e Zarbo dell'ENEA.

La sede ENEL di Piacenza ha ospitato, dal 16 al 19 maggio 1995, un convegno internazionale realizzato nell'ambito delle attività dello IWGATWR (International Working Group on Advanced Technologies Water Reactor) della AIEA sui progressi nella ricerca e sviluppo di sistemi innovativi per i reattori nucleari avanzati raffreddati ad acqua. Teresa Del Ristoro dell'ENEA ne fa un breve resoconto.

Del seminario ad inviti sulla sicurezza nucleare nei paesi del Centro ed Est Europa, organizzato dall'ENEL il 5 luglio 1995, riferisce Diana Savelli dell'ENEA.

Completano il numero le consuete rubriche di Informazione e Convegni.

Enrico Cerrai

RIFIUTI

E' doveroso riconoscere che durante l'anno che si sta chiudendo, i principali responsabili della politica energetica nazionale e della ricerca tecnologica non hanno del tutto ignorato il problema delle attività nucleari nel Paese. Nel 1994 il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato aveva promosso la costituzione di un "Comitato di Coordinamento per i Programmi e le Attività Nazionali in Tema di Energia Nucleare da Fissione". Nel 1995 lo stesso Ministero, d'intesa con quello dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, aveva istituito un "Gruppo di Lavoro per la definizione di un programma nazionale di ricerca e sviluppo nel campo dell'energia nucleare da fissione".

Avevamo accolto le iniziative come segno di volontà politica la quale, a fronte di un sereno riesame di tutto il quadro del nucleare in Italia, volesse delineare una possibile strategia per un programma nucleare nazionale basato, con priorità, sul tema della sicurezza, ma anche attento alla possibile partecipazione a progetti europei ed internazionali su tecnologie nucleari innovative.

Sia il Comitato che il Gruppo di Lavoro hanno operato presto e bene, producendo ciascuno un documento utile ed interessante. Dalle relazioni sintetiche dei due documenti, che pubblichiamo in questo numero, si comprende l'importanza che ragionamenti seri ed obiettivi possono avere per i responsabili della politica nazionale.

Ci chiediamo ora quale uso sia stato fatto di tanto lavoro. Non ci siamo accorti che le proposte del Comitato e del Gruppo abbiano avuto alcun effetto. Evidentemente altri problemi politici ed economici, ritenuti ancora più importanti ed urgenti, hanno soffocato quella volontà politica che sopra citavamo.

Eppure, nonostante tutto, se l'Italia ufficiale é fuori dal nucleare, di fatto esistono ancora laboratori, centri di ricerca, enti e aziende, che hanno continuato e continuano a coltivare attività nucleari. Continua, invece, purtroppo, a mancare un quadro di riferimento che dia sufficiente certezza a tutti gli operatori sia scientifici che industriali per uno sforzo che dovrebbe contribuire al conseguimento di obiettivi di sviluppo del sistema energetico nazionale o, comunque, di qualificazione del Paese per una partecipazione significativa in iniziative internazionali.

Che cosa ci resta, allora, nel campo delle tecnologie nucleari? Certamente, come dimostra il "Dossier rifiuti radioattivi" dell'ANPA, che pubblichiamo in questo numero, ci restano i rifiuti radioattivi. L'uscita dal nucleare, seguita al referendum del novembre 1987, oltre che essere costata al Paese in termini economici, ha allontanato, dalla sera stessa dell'esito, ogni tematica nucleare nazionale dall'attenzione pubblica come argomento definitivamente accantonato, se non addirittura proibito.

Le dimensioni del problema sono descritte nel documento. Non è solo questione di metri cubi i quali, per la verità, sarebbero una inezia di fronte a quelli dei rifiuti tradizionali, civili e industriali, è questione di procedimenti tecnologici impegnativi, di organizzazione, di cultura, di informazione pubblica, di volontà politica. Se per il momento non si vogliono accettare altre sfide nel campo nucleare, è bene che ci si convinca che l'esistenza dei rifiuti radioattivi nel Paese è pure

una sfida, che deriva da una necessità improrogabile, che può divenire, allo stesso tempo, l'occasione per un programma di attività, molte delle quali tecnologicamente avanzate, capace di restituire al Paese almeno una parte della dignità perduta.

Come rileva l'ANPA, il problema dei rifiuti radioattivi accumulati in Italia, è anche un problema di sicurezza. Non strettamente confrontabile con quello degli impianti nucleari eserciti, ma comunque di un certo rilievo.

Quanto agli impianti nucleari eserciti, è interessante rianalizzare lo sviluppo dei concetti di sicurezza lungo l'intero programma sviluppato da una grande potenza industriale, per trarre dall'analisi i necessari insegnamenti. L'articolo "Sviluppo del concetto di sicurezza delle centrali nucleari in Russia", di A.M. Bukrinskii del Gosatomnadzor della Federazione Russa, tradotto da Devana Lavrencic, dimostra come, essendo partiti da una situazione ben lontana, per accuratezza ed efficacia, da quella che caratterizza i reattori del mondo occidentale, ed anche a causa del disastro di Chernobyl, le autorità abbiano avviato un processo di riorganizzazione non solo nelle strutture responsabili ma anche nelle modalità dei rapporti con la comunità internazionale.

Il tema della sicurezza non riguarda soltanto quei tipi di reattore che equipaggiano impianti in esercizio sottoposti a revisione critica ma, anzi, esso è il metro principale con cui si comparano fra loro le nuove proposte.

La famiglia dei reattori raffreddati a gas, oltre che contenere quelli, ormai superati, del tipo gas-grafite (MAGNOX), affiancati da alcuni esemplari di tipo più moderno, detti avanzati (AGR), annovera anche il tipo ad alta temperatura (HTGR) che viene studiato da molto tempo, soprattutto ad opera della scuola del Regno Unito, ma che non ha ancora trovato collocazione commerciale. Eppure il reattore HTGR, essendo raffreddato con elio, non solo rende possibili cicli termici e processi tecnologici che necessitano di alte temperature, ma presenta anche molti aspetti favorevoli per quanto riguarda la sicurezza. Tali aspetti sono messi in evidenza nell'articolo "La sicurezza intrinseca dei reattori nucleari a gas ad alta temperatura" di Cerullo, Guerrini, Iannaccone (Università di Pisa e di Genova).

La proposta dell'uso di un simile reattore, di tipo modulare, in ciclo diretto con una turbina a gas, per la fornitura di energia, oltre che elettrica, anche termica, viene dai ricercatori dell'Università di Genova (Cerullo, Guglielmini, Paganini), con l'articolo "The GT-MHTGR Plant: a Practical Short-term Solution". In esso vengono messe in evidenza le caratteristiche di flessibilità, competitività, economicità e sicurezza di tale soluzione.

La serie degli studi sulla trasmutazione degli attinidi e sul bruciamento dei prodotti di fissione a lunga vita, a cura di Landeyro e Guidotti (ENEA) con Buccafurni, Orazi e Santilli (ANPA) prosegue con la terza parte del lavoro intitolata "Tridimensional Analysis of the Los Alamos Accelerator-driven Transmutation System".

Fra gli articoli tecnici pubblichiamo la descrizione di un sistema di acquisizione digitale veloce di immagini radiografiche da neutroni termici su schermo scintillatore interfacciato, tramite telecamera, con un PC. Il lavoro "Sviluppo di tecniche di radiografia neutronica con TAPER e CCD raffreddato" è stato svolto in collaborazione fra l'Università "La Sapienza" di Roma (Giannini, Sangiovanni, Storelli e Galli) e l'ENEA (Festinesi e Santoro).

Completano il numero il progetto di norma UNI ISO 31-9 contenente i nomi ed i simboli delle grandezze ed unità della fisica atomica e nucleare e le consuete rubriche di Informazione e Convegni.

Enrico Cerrai

PROSPETTIVE

A dieci anni dalla sciagura di Chernobyl abbiamo voluto parlare di prospettive, piuttosto che di inappellabili sentenze di condanna dell'uso di una fra le più importanti fonti energetiche primarie delle quali l'umanità possa giovare.

Di Chernobyl, ad ogni aprile, tutti i mezzi di informazione, qualificati o meno, riportano notizie, pareri, valutazioni e giudizi. Con l'occasione del decennale sono stati organizzati, un po' ovunque, con intensità ed enfasi maggiori del solito, riunioni, seminari, dibattiti, anche televisivi, e convegni dai quali sono emerse informazioni, le più disparate, ed anche, talvolta, fallaci.

Per parte nostra, poiché non abbiamo mai pensato di nascondere le pesantissime conseguenze dell'incidente, riteniamo di dare una corretta informazione ai nostri lettori pubblicando alcuni recentissimi documenti prodotti dagli organismi internazionali più qualificati con lo scopo di fare il punto sulla situazione.

Nella traduzione italiana di Paolo Panfilì dell'ENEA riportiamo la sintesi del rapporto del CRPPH della NEA (Commissione per la protezione dalle radiazioni e per la salute pubblica della Agenzia per l'Energia Nucleare) intitolato "Chernobyl a dieci anni - Effetti radiologici e sanitari", seguito dal testo integrale della relazione conclusiva al Convegno "Un decennio dopo Chernobyl: rassegna delle conseguenze dell'incidente" tenutosi a Vienna tra l'8 e il 12 aprile, illustrata dal presidente della Conferenza A. Merkel.

Il problema della eredità di Chernobyl non si esaurisce con il decennio. È necessario uno sforzo di cooperazione di tutti i paesi industrializzati per azioni continue e durature di recupero morale e materiale delle popolazioni più disagiate, e nel campo delle tecnologie impiantistiche perseverare nello sviluppo di una progettazione sempre più attenta alla affidabilità ed alla sicurezza. A questo proposito Lombardi e Ricotti del Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano e Luigi Noviello dell'ENEL illustrano le nuove tendenze nella progettazione degli impianti nucleari.

Ci interessa molto dalla dura lezione passare alle prospettive. Come sappiamo, nel nostro Paese Chernobyl ha praticamente soffocato ogni iniziativa politica che tendesse a portare il problema del nucleare in un quadro il più possibile obiettivo e scevro da passionalità viscerali. Così, da noi, mancano ancora direttive di politica energetica e industriale che anche soltanto sfiorino la questione nucleare.

Pur tuttavia le attività di ricerca e di studio nel campo nucleare non sono mai cessate in Italia. Enti energetici, società, università, con gruppi di studiosi, di ricercatori, di progettisti, sia pure in numero ridotto, hanno continuato a lavorare, con volenterosa perseveranza, su temi significativi per il mantenimento della "cultura nucleare" ed anche, in certi casi, per assicurare un concreto contributo al progetto di reattori innovativi che riscuotono interesse a livello internazionale. Di tale contributo l'aspetto più importante sta nell'aver proposto ad un uditorio così ampio, e nell'aver da questo ricevuto consenso, peculiari requisiti per la sicurezza. Questi, mentre da un lato estendono il campo degli incidenti da considerare, dall'altro richiedono di limitare le conseguenze esterne a livelli tali da escludere la necessità del ricorso alla evacuazione della popolazione per proteggere la salute.

Come riportato nei documenti sugli orientamenti strategici redatti dal "Comitato di Coordinamento per i Programmi e le Attività Nazionali in Tema di Energia Nucleare da Fissione" (luglio 1994) e dal "Gruppo di Lavoro per la definizione di un programma nazionale di ricerca e sviluppo nel campo dell'energia nucleare da fissione" (luglio 1995), dei quali abbiamo riportato le sintesi nel precedente

numero di questa rivista, i progetti di interesse prioritario, sui quali è opportuno concentrare gli sforzi, riguardano un impianto equipaggiato con un reattore ad acqua in pressione con potenza compresa tra 600 e 900 MWe, con caratteristiche innovative e ad elevato grado di sicurezza passiva, basato sul sistema AP600 (USA), ed uno con un reattore, pure ad acqua in pressione, di tipo evolutivo, da 1400 MWe proposto da Francia e Germania.

La necessità di un dibattito sui progressi nella ricerca e sviluppo di sistemi innovativi per i reattori nucleari avanzati raffreddati ad acqua fra esperti di tutti i paesi interessati, membri dell'IWGATWR (International Working Group on Advanced Technologies Water Reactor), ha portato, nel maggio dello scorso anno, ad un incontro, promosso dall'AIEA ed organizzato da ENEL ed ENEA con la Società di ricerca SIET, svoltosi a Piacenza con la partecipazione di 71 esperti di 12 paesi (vedere "Energia Nucleare", maggio-agosto 1995, pp. 85-86).

Il contributo degli italiani a tale incontro è stato così interessante che abbiamo ritenuto utile raccogliere in questo numero una serie di articoli (molti dei quali aggiornano gli interventi all'incontro di Piacenza, altri, ritenuti ugualmente interessanti, completano il quadro) che basta a testimoniare le importanti attività che sono state svolte nel campo.

Tali lavori sono preceduti da alcune considerazioni di Luigi Noviello (ENEL) su di un argomento di carattere generale e di grande interesse: la valutazione del rischio. La misura del rischio connesso con le tecnologie nucleari viene confrontata con quella relativa ad altre diffuse tecnologie industriali. È chiaro che in nessun caso, eccetto in quello nucleare, l'attenzione alla sicurezza ed alla riduzione del rischio è stata mai così spinta. Secondo Noviello, dovrà giungere il momento in cui il rischio nucleare potrà essere valutato all'interno del rischio globale per l'ambiente quale risulta dal complesso delle attività industriali.

Le attività svolte in Italia, come gli articoli dimostrano, sono in perfetto accordo con le problematiche che caratterizzano i programmi di ricerca in campo internazionale.

Il principale obiettivo sul quale converge anche l'aspettativa dell'opinione pubblica, è l'aumento della sicurezza degli impianti. A tal fine, è necessario approfondire la conoscenza delle caratteristiche di comportamento, sia a regime che in transitorio, dei diversi componenti e dei sottosistemi che concorrono a formare l'impianto secondo le nuove concezioni in studio.

È indispensabile perciò accompagnare la progettazione con la costruzione di prototipi sui quali compiere campagne di prove estremamente impegnative. Ed in questo campo, grazie alla tenacia ed alla passione di molti ricercatori nei laboratori e nell'industria, esistono in Italia attrezzature ed impianti comparabili, per completezza e flessibilità, con quelli di altri paesi avanzati.

Le conferme sperimentali sul comportamento di una isola nucleare concepita con criteri di progetto innovativi e lo sviluppo dei concetti afferenti al contenimento, suffragati con le necessarie prove, sono i presupposti indispensabili per poter misurare il progresso della sicurezza e quindi validare un nuovo progetto.

I principi enunciati sono parte integrante della impostazione del Quarto Programma Quadro della Unione Europea che intende esplorare la fattibilità di un impianto, realizzabile nel 2000, per il quale non risulta necessaria l'evacuazione delle popolazioni in caso di incidente.

Si constaterà, dai lavori pubblicati in questo numero, come le attività promosse da ENEA, ENEL, industrie, università, siano tutte coerenti con i suddetti principi.

Del resto, il filo conduttore è già palese nel commento di Giampiero Santarossa (ENEA), che ha curato la raccolta dei contributi a completamento dell'opera già intrapresa dal compianto Renato Martinelli, riportato nelle pagine seguenti.

Completano il numero i resoconti del Convegno "L'impegno italiano per il controllo internazionale degli armamenti nucleari" tenutosi a Bologna il 22 gennaio 1996 (a cura di Del Ristoro e Padoani dell'ENEA) e del "Consiglio informale dei Ministri dell'Energia dell'Unione Europea" svoltosi sempre a Bologna il 3 febbraio 1996 (a cura di Teresa Del Ristoro dell'ENEA), le consuete rubriche di Informazione e Convegni e l'Indice analitico del 1995.

Enrico Cerrai