

Incidenti nucleari: una lezione per il futuro

written by Marino Ruzzenenti | 14 Settembre 2021



Premessa

Dopo l'ultimo referendum del 2011, in Italia la questione nucleare è stata in gran parte rimossa, per diverso tempo non ha fatto parte dell'agenda politica, trovando anche scarsa attenzione nei movimenti che si preoccupano della salvaguardia dell'ambiente; invece abbiamo ancora a che fare con grandi problemi irrisolti: quello delle scorie e dei rifiuti radioattivi provenienti dalla dismissione delle vecchie centrali, ma anche di rifiuti a bassa radioattività derivanti da apparecchiature tecnologiche e sanitarie; per tacere dell'inquietante presenza di ordigni nucleari nelle basi di Aviano e di Ghedi.

Inoltre, recentemente, nel momento in cui ci si sta avvicinando al tema della "transizione ecologica" e della fuoriuscita dai

fossili, da più parti si avanza l'ipotesi di una sorta di ineluttabilità di un nuovo ricorso all'energia nucleare. E se può non stupire la posizione di Bill Gates che con la sua Fondazione sta investendo su progetti di centrali nucleari in linea teorica "intrinsecamente sicure" (B. Gates, *Clima. Come evitare un disastro, La Nave di Teseo*, Milano 2020, p. 133-141.)), inquieta che l'attuale ministro della Transizione ecologica, Roberto Cingolani, non escludesse in un recente passato la necessità di ricorrere all'energia nucleare ("Se è vero che il cambiamento climatico sta avanzando più rapidamente di quanto i modelli matematici avessero previsto, allora non basta più ridurre o azzerare le emissioni di CO₂. Può essere necessario un immediato e intensivo investimento tecnologico nell'assorbimento di CO₂, una sorta di «progetto Manhattan», o la rivalutazione di tecnologie cadute in disgrazia come il nucleare", in P. Vineis, L. Carra, R. Cingolani, *Prevenire. Manifesto per una tecno politica*, Einaudi, Torino 2020, p. 110. "Bisogna consentire ai Paesi meno ricchi di usare i fossili ancora un po', mentre si crea un vero mercato mondiale delle rinnovabili. Anche il nucleare tradizionale potrebbe aiutare".)) e che un serio esperto, in verità di trasporti, come Marco Ponti possa sostenere che nel pnrr andrebbero destinate risorse per un "nuovo balzo" nella tecnologia nucleare, con la motivazione che garantirebbe abbondante energia non fossile ed a costi contenuti, evitando di far pagare ai più poveri la transizione (M. Ponti, "Proposte per non far pagare la 'carbon tax' ai più poveri", "Il fatto quotidiano", 26 luglio 2021.)). Del resto, proprio dal Ministero diretto da Cingolani arriva, il 29 luglio 2021, la prima conferma: il nuovo regolamento per la ristrutturazione organizzativa dello stesso Ministero, disegnato dai consulenti privati di Ernst & Young e che ha incorporato il comparto energia dallo Sviluppo economico, prevede esplicitamente l'affidamento al Dipartimento Energia delle competenze in materia di "impieghi pacifici dell'energia nucleare".

È bene, quindi, che si faccia un ripasso della materia e che si riapra il dibattito, cominciando dall'avventurosa e avventata storia del nucleare italiano, per focalizzarci infine sulle criticità che fanno del nucleare una tecnologia da lasciarci alle spalle: il problema irrisolto delle scorie e l'intrinseca e devastante pericolosità dimostrata dagli incidenti nucleari.

La storia del nucleare italiano: tra velleità pionieristiche, conflitti di potere e sprechi di risorse.

Da quando l'economia mondiale è entrata nell'era termoidustriale, ovvero in un'industrializzazione fondata su grandi disponibilità di energia termica concentrata offerta dai combustibili fossili, l'Italia ha sempre sofferto per la scarsità nel proprio sottosuolo di queste nuove fonti energetiche (largamente insufficiente il carbone sardo e il metano che l'agip scoprirà nella Pianura Padana, come pure, oggi, il petrolio della Basilicata o quello ricavabile dalle perforazioni marine). Il "miracolo economico", si è più volte ricordato, è stato possibile anche perché, grazie all'eni di Mattei, l'Italia si è vista inondare da fiumi di petrolio a costo pressoché zero con la conseguente sensazione di aver risolto in questo modo la carenza di energia.

In realtà, nel dopoguerra, alcuni settori politici, imprenditoriali e scientifici, consapevoli della dipendenza dall'estero che i fossili comportavano, continuavano a coltivare l'idea di fare dell'Italia un Paese potente e autosufficiente, in particolare sul piano energetico: guardavano, quindi con grande interesse al possibile impiego pacifico dell'energia atomica, anche facendo tesoro delle ricerche pionieristiche degli anni Trenta del gruppo di Enrico

Fermi di via Panisperna, di cui Edoardo Amaldi, il più noto fisico nucleare dell'epoca, era in Italia l'erede. Nell'autunno del 1957 era iniziata la costruzione del primo reattore nucleare italiano, presso il Centro per le Ricerche Nucleari di Ispra, il cosiddetto ispra-1, dove, attraverso 32 barre di uranio arricchito con U-235 fornito dall'Atomic Energy Commission degli Usa, si sviluppò per la prima volta in Italia una reazione nucleare autosostenentesi, il 24 marzo 1959. L'avvenimento fu salutato come un evento storico, tale da meritare la presenza del Capo dello Stato, Presidente Gronchi, all'inaugurazione ufficiale il 13 aprile successivo ("La chimica e l'industria", n. 3, a. xli (marzo 1959), pp. 249-251 e n. 6 (giugno 1959), pp. 570-573.)). Anche il nostro Paese faceva il suo ingresso ufficiale nell'era nucleare. E inizia una vicenda alquanto travagliata che riassumiamo qui per sommi capi, utilizzando un pregevole lavoro di ricerca, purtroppo rimasto in bozza ((Si tratta di un lavoro, per diverse ragioni unico nel suo genere, condotto nel 2010 da Silvia Bassoli, *Il nucleare in Italia*, rimasto in bozza, mai pubblicato, presso la Fondazione Luigi Micheletti di Brescia.)). La prima fase fu segnata dalla smania dei diversi attori sul campo, in competizione tra loro, di giungere per primi a controllare questa nuova promettente tecnologia: un gruppo di imprese private, Edison, Fiat e Cogne; il Comitato nazionale per le ricerche nucleari (Cnen), organo statale affidato in un primo tempo a Felice Ippolito, intenzionato a sviluppare una tecnologia autoctona, e aziende pubbliche come l'Agip nucleare di Mattei. Ognuna perseguiva un suo percorso, senza preoccuparsi di verificare se fosse il più conveniente sul piano dei rendimenti e della sicurezza. Nell'ansia di questa corsa anche il Cnen decise di comprare un reattore dall'estero, al fine di risparmiare sui tempi di costruzione, accantonando il progetto di Ippolito. Risultato paradossale fu che dall'Italia partirono ordini per tre centrali tecnologicamente diverse, alle americane Westinghouse e General Electric e alla Npcc inglese: al Nord, in Piemonte, a Trino Vercellese a 15 km da Torino, dove venne costruita la

centrale del tipo pwr da 270 mw, entrata in funzione nel 1965; al Centro, nei pressi di Latina, a Borgo Sabotino, fortemente voluta da Mattei, una centrale del tipo gas-grafite da 216 mw, entrata in funzione nel 1964; al Sud, nelle campagne casertane di Sessa Aurunca nei pressi del fiume Garigliano, una centrale di tipo bwr da 150 mw, la prima costruita, entrata in funzione nel 1964, spenta dopo un incidente l'8 agosto 1978 e disattivata nel 1982. Inoltre nel 1971 era cominciata la costruzione a Caorso (pc) della centrale bwr da 850 mw che sarebbe diventata operativa nel 1981.

Com'è evidente si trattò di una falsa partenza: se con l'entrata in funzione dei primi tre impianti, l'Italia era diventata uno dei paesi leader per produzione di energia termoelettrica dal nucleare, aveva comunque perso quel potenziale di innovazione originale nel settore ereditato dall'esperienza pionieristica del gruppo di Fermi, riducendosi ad importare, peraltro in ordine sparso, tecnologie dall'estero. In seguito all'*oil choc* del 1973 il progetto nucleare sembrò riprendere fiato, nel quadro di quella che allora si denominava programmazione economica con relativi Piani energetici nazionali (pen), anche se sempre accompagnato da furiosi scontri di potere che coinvolgevano le diverse fazioni politiche al governo e interessi economici non sempre convergenti.

Ma in questa fase il Paese si trovò ad affrontare anche un forte movimento popolare di protesta sostenuto da alcuni prestigiosi scienziati, primo tra tutti Giorgio Nebbia: in particolare, per l'Italia, il grande problema, oltre a quelli intrinseci alla tecnologia nucleare, era individuare il sito adatto ad ospitare questi impianti, sufficientemente lontano da abitazioni (secondo il Rapporto Rasmussen del 1957, era necessaria una zona di sicurezza intorno alle centrali per un raggio di 16 chilometri), non tutelato dal punto di vista paesaggistico o monumentale, privo di attività sismica. Il primo pen, approvato dal cipe il 23 dicembre 1975, prevedeva

una potenza nucleare installata di 7.400 mw al 31dicembre1982; inoltre la costruzione, nel 1983-1985, di 13-19mila mw nucleari e nel 1986-1990 di altri 26-36mila mw nucleari. Fra i possibili siti veniva indicata la Lombardia orientale. La localizzazione di una centrale nucleare sul Po sarebbe stata indicata da Angelini, allora direttore generale dell'Enel, tra Viadana e San Benedetto Po. Ma nel Mantovano, a partire dal 1976 si svolse e fu vinta una delle grandi battaglie antinucleari del Novecento. I comuni interessati si opposero, vennero promossi referendum popolari che, nonostante la promessa di compensazioni economiche, a schiacciante maggioranza dissero no all'impianto (a Viadana nel 1984 i no raggiunsero il 91%), finché l'ipotesi fu abbandonata anche in seguito all'emergenza seguita all'incidente di Chernobyl. Sta di fatto che l'Italia, con il referendum nazionale seguito a quell'incidente, decise di abbandonare il nucleare: aveva tre reattori attivi (Latina, Trino e Caorso) che vennero chiusi, due in costruzione a Montalto di Castro, e due ordinati dall'Ansaldo sotto direttiva del Progetto unificato nucleare, cioè la scelta di produrre un solo tipo di reattore (pwr) a condizioni standard. Il paradosso per gli attori nostrani del nucleare fu che, dopo quasi trent'anni di scontri di potere, raggiunta finalmente una decisione dal loro punto di vista ragionevole e sensata di adottare un'unica soluzione tecnologica, questa dovette essere cestinata per volontà popolare ancor prima di vedere la luce. Poche parole sul più recente tentativo, molto politico e affaristico, di resuscitare il progetto nucleare in Italia, lanciato a freddo il 22 maggio 2008, quando un ministro del iv governo Berlusconi ha annunciato, davanti all'assemblea della Confindustria, che il governo italiano prevedeva la costruzione "di un gruppo di centrali nucleari di nuova generazione" capaci di "produrre energia su larga scala, in modo sicuro, a costi competitivi e nel rispetto dell'ambiente", la cui "prima pietra" sarebbe stata posta entro il 2013. Si sa com'è andata a finire con l'inaspettato risultato dei referendum del 12 e 13 giugno 2011 sull'acqua

pubblica e contro il ritorno al nucleare. A differenza del precedente referendum dell'87, da alcuni anni eravamo nel periodo in cui chi non voleva che i quesiti referendari abrogassero determinate leggi propugnava la non partecipazione al voto: così bastava aggiungere poco più di un 20% di contrari attivi al 30% circa di non voto ormai da tempo consolidato ed il gioco era fatto. Inoltre, a differenza del precedente, in cui tutti i grandi partiti (pci, psi e dc), per una ragione o per l'altra, si erano alla fine schierati per votare sì all'abbandono del nucleare, i partiti di governo in questo secondo caso hanno nei fatti invitato al non voto, mentre il principale partito di opposizione si è collocato nel fronte dei referendari solo all'ultimo momento e con non pochi distinguo e perplessità. La vittoria dei referendum sembrava dunque un'impresa impossibile, poi realizzatasi grazie soprattutto alla campagna capillare transitata attraverso il web e i tanti comitati che in questi ultimi anni si sono disseminati per il Paese. Una vittoria ancor più clamorosa di quella dell'87 che aveva sfruttato la paura di un'opinione pubblica, sconvolta dalle proibizioni, introdotte dopo Chernobyl anche per il nostro Paese, del consumo di verdure a foglia larga, di determinati funghi, di latte per i bambini. Non si può certamente sottovalutare il ruolo che ha avuto il grave incidente di Fukushima del marzo 2011. È probabile che esso abbia contribuito a deprimere lo schieramento dei filonucleari, appoggiato da tutte le forze che contano, piuttosto che a determinare il passaggio di questi al fronte avverso. Il fatto è che gli eventi giapponesi si sono inseriti in un trend di crescente diffidenza verso le pratiche manipolatorie del sistema della comunicazione al servizio del potere politico ed economico. Una diffidenza confermata dall'opacità delle informazioni sul disastro giapponese, con l'esplicito tentativo di farlo sparire il prima possibile, come se nulla di grave fosse avvenuto. A differenza di 33 anni fa, l'esito del referendum ha sancito una maggioranza assoluta degli elettori contraria al ritorno al nucleare: nell'87 la partecipazione al voto fu superiore (65,7%) ma con una

percentuale di no significativa (19,43%), per cui i sì furono meno della metà degli elettori (20.984.110, su 45.869.897); nel 2011 la partecipazione al voto più bassa (54,79%) viene compensata da una percentuale di no irrisoria (5,95 %), per cui i sì superano la metà degli elettori (25.643.652, su 50.594.868). E con questo l'Italia ha messo definitivamente una pietra sopra l'avventura nucleare, anche se sotto quella pietra si nasconde l'eredità ingombrante del passato di cui si dirà più avanti.

Il nucleare impossibile nel Belpaese

Non bisogna nascondersi, tuttavia, che, mentre sul piano politico basterebbero quelle consultazioni popolari a sancirne il fallimento definitivo, sul piano storico e culturale potrebbe comunque essere legittima una valutazione diversa, ovvero che la maggioranza degli italiani avrebbe preso un abbaglio, abbandonando un progetto tecnologico di frontiera che avrebbe permesso all'Italia l'approdo tra le nazioni industrialmente più avanzate, come la Germania ((Si vedano a questo proposito: L. Caramiello, G. De Salvin, *L'energia politica. La vicenda del nucleare civile nel Bel Paese*, Editoriale scientifica, Napoli 2015; M. Perugini, *Il fallimento dei progetti tecnologici di frontiera*, in F. Amatori (a cura di), *L'approdo mancato. Economia, politica e società in Italia dopo il miracolo economico*, Annali, a. li 2016-2017, Feltrinelli, Milano 2017, pp. 27-48.)). Tuttavia, al di là delle solide argomentazioni sostenute all'epoca da chi era contrario al nucleare ((V. Bettini, G. Nebbia (a cura di), *Il nucleare impossibile. Perché non conviene tornare al nucleare*, Utet, Torino 2009. Le ragioni sono diverse e ampiamente argomentate: il nucleare non è ad emissione zero e, sulla base di tecniche di valutazione integrata risulta che il ciclo nucleare presenta fasi di lavorazione ad alta intensità di emissione di CO₂; il ricorso al nucleare non esaurisce la

problematica della sicurezza degli approvvigionamenti energetici, sia in termini di continuità di forniture sia di disponibilità di fonti di energia; la generazione di energia da fonte nucleare è ben lungi dall'essere economicamente conveniente; a fronte del rilancio del nucleare resta irrisolto il problema dei residui radioattivi, del ritrattamento, del combustibile misto (mox) e del rischio di proliferazione militare; il programma nucleare italiano, in questo contesto, si rivela insensato per molte ragioni (carenze nella ricerca, carenze nel sistema industriale e tecnologico, sicurezza.), lo storico non può non confrontarsi con la realtà dura dei fatti. Dal 1993 al 2018 il consumo di energia nucleare nel mondo è rimasto fermo a circa 600 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio mentre i consumi totali sono aumentati da 8.400 milioni di tonnellate equivalenti nel 1993 a 13.865 nel 2018: di conseguenza l'incidenza del nucleare nel periodo è scesa da circa il 7% all'attuale, quasi residuale, 4,4%. Invece, nello stesso periodo le rinnovabili, compreso l'idroelettrico, da circa 500 milioni di tonnellate equivalenti del 1993, pari a circa 5,4%, sono pressoché triplicate a 1.510 milioni di tonnellate equivalenti, pari al 10,9% dei consumi totali, e sono in continua crescita((bp, *Statistic Review of World Energy*. 2019, 68° Edition, pp. 9 e 10.)). Ma ciò che ancor più interessa è che il Paese leader europeo a cui sempre si fa riferimento, la Germania, ha sostanzialmente abbandonato l'opzione nucleare e spegnerà l'ultimo reattore nel 2022((Redazione, *La Germania abbandona ufficialmente il nucleare*, in "Qualenergia", (30 maggio 2011). <https://www.qualenergia.it/articoli/20110530-la-germania-abbandona-il-nucleare-post-fukushima-merkel/>.)). Peraltro l'incidente di Fukushima, che ha spinto la Germania alla totale dismissione, dovrebbe convincere definitivamente tutti gli italiani, compresi gli storici e i nuclearisti irriducibili, che il nostro Paese Italia ha tre ragioni in più della Germania per mantenere fermo l'abbandono definitivo del nucleare: non ha più un ambiente scientifico, tecnologico e

industriale attivo in grado di assecondare questa opzione, per cui i costi di una ripartenza sarebbero insostenibili, comportando comunque una totale dipendenza dall'estero ancor più pesante di quella dei combustibili fossili; se, com'è evidente, l'alternativa è l'energia solare, l'Italia, baciata dal sole, ha mille motivi in più della Germania per sposare convintamente questa opzione; infine, se il maremoto di Fukushima ha preoccupato la Germania, che dire dell'Italia che è dal punto di vista sismico una sorta di Giappone europeo. E qui veniamo al vero punto critico per cui si può affermare che il nucleare in Italia è impossibile, innanzitutto perché, banalmente, non si sa dove collocarlo, come insegna l'irrisolta questione delle scorie, e come argomentava Giorgio Nebbia all'indomani del tentativo, poi fallito, di far resuscitare il nucleare in Italia:

Il governo può fare tutti i decreti che vuole, può coprire col segreto le decisioni relative alla costruzione delle centrali nucleari, ma non c'è nessun posto in Italia in cui localizzarle. [...] Sono stati provati tutti i possibili siti: Carovigno, Avetrana, San Pietro Vernotico in Puglia, Viadana e dintorni nel Mantovano, Trino Vercellese dove esisteva già una delle piccole centrali degli anni Sessanta, Montalto di Castro, l'unico posto in cui è stata avviata la costruzione di una centrale nucleare poi fermata non solo per il referendum del 1987, ma perché le indagini territoriali avevano mostrato la inadeguatezza della scelta. Adesso naturalmente i sostenitori della resurrezione del nucleare in Italia proporranno una serie di nuovi siti per le eventuali quattro grosse centrali nucleari che il governo dice di voler costruire insieme ai francesi, le centrali "di terza generazione" simili a quelle in costruzione in Finlandia e in Francia. Per quanto il governo intenda riservarsi di fare uscire all'ultimo momento le scelte, i siti indicati dovranno ben essere sottoposti ad un controllo geografico e territoriale e le popolazioni avranno ben la possibilità di essere informate. [...] Forse il governo tenterà di proporre la

localizzazione delle eventuali centrali nelle zone demaniali come quelle in cui si trovano i poligoni di tiro e le servitù militari, ma anche in questo caso dovrà fare i conti con i vincoli posti dalla natura. Una eventuale centrale dovrebbe essere installata in un luogo in cui ci sia abbondante acqua di raffreddamento per i macchinari, un flusso di acqua di 70 metri cubi al secondo, quattro volte la portata dell'Ofanto, il principale fiume pugliese, che ritorna nell'ambiente riscaldata di alcune diecine di gradi. Nessun fiume d'Italia può assicurare un tale flusso di acqua di raffreddamento e non resterebbe che una localizzazione in riva al mare, su quelle coste già così martoriate per insediamenti ed erosione e sfruttate per fini turistici. L'eventuale sito di una centrale deve essere stabile dal punto di vista sismico, e non so dove se ne potrebbe trovare uno in un paese come l'Italia in cui i problemi dei terremoti sono tanto rilevanti. [...] Una eventuale centrale nucleare dovrebbe essere insediata in un posto lontano almeno una quindicina di chilometri da paesi e villaggi, da strade di grande comunicazione, da linee ferroviarie, da aeroporti, da impianti industriali, da depositi di esplosivi e munizioni. Inoltre deve essere un posto geologicamente stabile e non esposto a frane e alluvioni: vogliamo ricordare che la centrale nucleare di Caorso, ormai chiusa da anni, è stata insediata nella golena del Po, con problemi di infiltrazioni di acqua? Una eventuale centrale dovrebbe comunque disporre di un porto; la centrale finlandese deve far venire per mare alcuni pezzi del reattore dal Giappone, l'unico paese in cui vengono fatte delle saldature resistenti a possibili incidenti nucleari((G. Nebbia, *Nucleare impossibile*, in "Tera e Aqua", Mestre maggio-giugno 2009.)).

Insomma, anche in questo caso la Natura, con le straordinarie caratteristiche geologiche, geografiche, paesaggistiche del Belpaese, ha prevalso sull'arroganza, in questo caso anche poco avveduta, dell'uomo.

Il tempo perduto per fare dell'Italia l'Arabia del solare

Ma se la Germania dovesse essere il nostro modello, dovremmo considerare anche che la stessa, per quanto riguarda le energie rinnovabili, al netto dell'idroelettrico in gran parte eredità storica, è passata da 16,5 milioni di tonnellate equivalenti nel 2008 a 47,3 nel 2018, e, in percentuale su tutti i consumi energetici, da 4,9% a 21,1%, mentre l'Italia sconta un distacco che non riesce a colmare, da un'incidenza del 2% sul totale dei consumi energetici nel 2008 al 9,6% del 2018((bp, *Statistic*, cit., p. 51.)). E' solo il caso di ricordare, a questo proposito, che, dopo trent'anni di retorica su "sviluppo sostenibile", "green economy", "economia circolare", i sussidi erogati dallo Stato italiano favorevoli all'ambiente sono stati stimati per il 2017 in 15,2 miliardi di euro, mentre quelli dannosi in 19,3 (quelli di incerta classificazione in 6,6); e fra i dannosi, i sussidi alle fonti fossili sono stimati in 16,8 miliardi di euro l'anno, più di quanto l'Italia versa al bilancio europeo. A certificare questo disastro, non è la solita organizzazione ambientalista radicale, ma lo stesso Ministero dell'Ambiente, attraverso la sua Direzione generale per lo sviluppo sostenibile, con il contributo scientifico del gruppo di Economia Ambientale della Sogesid, che ha provveduto alla redazione del Catalogo dei sussidi ambientali((Ministero dell'Ambiente, *Catalogo dei sussidi ambientalmente dannosi e dei sussidi ambientalmente favorevoli*. 2017, Roma, luglio 2018. https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/csa_ii_edizione_2017_luglio_2018.pdf.)). Ma questa situazione apparentemente assurda e incomprensibile è il risultato di quel processo di privatizzazioni che ha investito le imprese pubbliche che si occupano di energia, tra il 1990 ed il 2000, e che si è concluso con la loro quotazione in borsa: enel, eni, e quindi le grandi multiutility ex municipalizzate a livello

territoriale. Un processo inverso a quello della nazionalizzazione che aveva accompagnato il “miracolo economico”. All’epoca le grandi aziende private dell’elettricità erano criticate per essere espressione di un capitalismo parassitario, che prosperava sulle “tariffe dei contatori”. E in effetti, quei “capitani d’industria” delusero amaramente Guido Carli che gli aveva voluto affidare gli indennizzi della nazionalizzazione, invece che ai singoli azionisti, perché sviluppassero nuova imprenditoria nei settori più avanzati, come la chimica: “i gruppi dirigenti di quelle società si dimostrarono impari al compito storico che gli era stato affidato. Questo fallimento è stato uno dei più gravi nella storia della classe imprenditoriale italiana”((G. Carli, *Intervista sul capitalismo italiano*, Bollati Boringhieri, Torino 2008, p. 88.)). Ma evidentemente quella lezione non è bastata. Oggi la gestione di queste aziende sembra avere gli stessi difetti del capitalismo parassitario che prospera sulle “tariffe dei contatori”, con l’aggravante di un’innaturale commistione tra il pubblico (Stato e Enti locali) che ne controlla la maggioranza azionaria e che di fatto decide le “tariffe”, incassando parte dei profitti, e il privato che, sul mercato azionario, ne gode in gran parte gli utili, pressoché al riparo da ogni rischio, operando queste società, in buona parte, in regime di monopolio di fatto o di tariffe concordate, usufruendo spesso di incentivi pubblici (come i famosi cip6, concessi per produrre energia da rifiuti e da morchie del *craking*, o come quelli summenzionati tutt’ora in corso) e sostanzialmente al riparo dalla concorrenza. Si comprende che un amministratore di queste società sia in qualche modo “costretto” a perseguire la strada della produzione di energia dai fossili o dai rifiuti nel momento in cui queste pratiche producono utili per gli azionisti e premi di risultato per la sua gestione. Salvo, ovviamente, alcune iniziative *green* di facciata. Così, nonostante le documentate denunce di Greenpeace, risalenti quasi a un decennio fa, sui costi ambientali e sanitari dell’uso del carbone nelle centrali termoelettriche((Greenpeace, *enel. Il carbone costa*

un morto al giorno, 29 aprile 2012. <http://www.greenpeace.org/italy/Global/italy/report/2012/clima/Enel-Il-carbone-costa-un-morto-al-giorno.pdf>)), ancora oggi quasi tutte le centrali a carbone italiane in attività, sei su otto, appartengono all'Enel e di queste, solo due verrebbero dismesse, magari perché collocate come quella del Sulcis in un'area destinata alla deindustrializzazione, mentre le altre quattro verrebbero convertite a gas, dunque ancora alimentate per decenni da fossili((Alla centrale a carbone di Civitavecchia è in corso una dura lotta sostenuta dalla comunità locale e anche dai sindacati perché vengano definitivamente abbandonati i fossili, compreso il gas caldeggiato invece da Enel, e ci si incammini verso l'eolico off-shore e stoccaggio in loco di idrogeno verde. M. Agostinelli, *Civitavecchia, no al gas: un caso nazionale*, Civitavecchia 5 gennaio 2021, <https://www.pressenza.com/it/2021/01/civitavecchia-no-al-gas-un-caso-nazionale/>)). A sfatare la presunta svolta green propagandata dall'Eni è giunta recentemente la puntuale analisi critica elaborata in un dossier dall'Associazione A Sud, che ne conferma la sostanziale continuità della politica energetica basata sui fossili al di là di rifacimenti di immagine((Associazione A Sud, *Follow the green. La narrazione di Eni alla prova dei fatti*, Roma, maggio 2020. <https://asud.net/follow-the-green-la-narrazione-di-eni-alla-prova-dei-fatti/>)). Anche le grandi multiutility territoriali, come Hera o A2A, che condividono con Enel ed Eni i difetti costitutivi della privatizzazione, sono diventate inutilizzabili per Enti locali che volessero avviare una riconversione energetica solare, troppo sbilanciate sul facile business delle grandi combustioni e dell'incenerimento dei rifiuti, gestito in regime di monopolio e di tariffe "garantite": la stessa A2A, controllata da Amministrazioni comunali tutte di centro-sinistra, per la sua centrale a carbone di Monfalcone, in contrasto con il Comune e gli ambientalisti locali che vorrebbero convertire l'area ad altri usi, ne progetta il rilancio con una mega centrale a gas da

680 mwe((Centrale a2a di Monfalcone, si anima il dibattito sulla riconversione a gas, "Rai news", 16 aprile 2021 <https://www.rainews.it/tgr/fvg/video/2021/05/fvg-riconversione-centrale-a2a-monfalcone-96fd0486-d3b0-4aab-9132-40cf5b949d9b.html>; Associazione Ambientalista Eugenio Rosmann, *Controdeduzioni nuova centrale elettrica a Monfalcone*, Monfalcone, aprile 2021. <http://ambientalistimonfalcone.it/6002-2/>)). Insomma, l'attuale assetto imprenditoriale nel settore energetico sembra molto funzionale ad una continuità del vecchio modello fondato sulle grandi combustioni e sui fossili e incapace di avviare davvero la transizione al solare.

Eppure il nostro Paese, anche per ragioni naturali, aveva goduto in passato di geniali scienziati, veri precursori a livello internazionale delle possibilità straordinarie offerte dallo sfruttamento dell'energia solare, convinti che i fossili fossero uno stock di energia, enorme ma comunque non illimitato, e che, prima o poi si sarebbe verificata una crisi di penuria, con inevitabile rialzo dei prezzi e che, a lungo termine, necessariamente sarebbe sopraggiunto anche il loro esaurimento. Proponevano perciò di indirizzare la ricerca su fonti energetiche non destinate all'esaurimento, in particolare alla fonte primaria, il sole, che, tra l'altro, fa girare il motore della biosfera, la fotosintesi clorofilliana. Purtroppo non vi è lo spazio per ricostruire la straordinaria e troppo ignorata storia dell'energia solare in Italia((Dal 1998 è stato costituito il Gruppo per la storia dell'energia solare, gses, su iniziativa di Giorgio Nebbia, Pier Paolo Poggio e Cesare Silvi, che ne è il presidente. Cfr. www.gses.it)). Tuttavia ci sembra giusto citare alcuni nomi di scienziati rinviando ad alcune fonti cui attingerne la conoscenza: innanzitutto, già agli inizi del secolo scorso, Giacomo Ciamician((Su Giacomo Ciamician (1857-1922) si veda: G. B. Bonino, *Giacomo Ciamician, in Dizionario biografico degli italiani, vol. 25, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1981, pp. 118-122; M. Venturi (a cura di), Ciamician.*

Profeta dell'energia solare, atti del convegno storico scientifico in occasione del 150° anniversario della nascita, 16-18 settembre 2007, Dipartimento di chimica Giacomo Ciamician, Università di Bologna, Fondazione eni Enrico Mattei, Milano 2008.)); diversi ricercatori ed innovatori impegnati in particolare degli anni Trenta del Novecento, in periodo autarchico, a trovare nel sole l'alternativa ai fossili di cui l'Italia era priva: Gaetano Vinaccia, Mario Dornig, Luigi D'Amelio, Tito Romagnoli, Giovanni Andri, Daniele Gasperini, Alessandro Amerio((Si veda in particolare il capitolo v, *Le fonti rinnovabili, la vera soluzione del problema energetico italiano*, in M. Ruzzenenti, *L'autarchia verde*, Jaca Book, Milano 2011, pp.169-224.)); Giorgio Nebbia, a partire dagli anni Cinquanta((G. Nebbia, *Alcuni nuovi studi sui distillatori solari*, in "La chimica e l'industria", a. xxxvi, n. 1 (gennaio 1954), pp. 20-27. Si veda anche G. Nebbia, G. Righini, *L'energia solare e le sue applicazioni*, Feltrinelli, Milano 1966.)) e infine Giovanni Francia tra gli anni Sessanta e primi anni Settanta((gses, *Giovanni Francia (1911-1980)*, <https://www.gses.it/pionieri/francia.php>. Il gses, Gruppo per la storia dell'energia solare, presieduto da Cesare Silvi, già ingegnere nucleare convertito al solare, ha prodotto numerose ricerche sui pionieri dell'energia solare. <https://www.gses.it>. Presso la Fondazione Luigi Micheletti di Brescia è custodita una parte dell' archivio di Francia, *Fondo "Giovanni Francia"*. <https://www.fondazionemicheletti.eu/italiano/documentazione/archivio/dettaglio.asp?id=121&pagina=2>)).

Era, quella intuita da Nebbia e da pochi altri tra cui Francia, circa sessant'anni fa, la via alternativa ai combustibili fossili ed alla scorciatoia dell'energia nucleare, via che prefigurava un percorso capace di futuro, come sarebbe stato definito quarant'anni dopo. Ma già in quegli anni era palpabile la disattenzione del sistema nei confronti della ricerca pionieristica sulle energie rinnovabili, rispetto alla soluzione "magica" del nucleare che

si stava prospettando. Il futuro, infatti, nella convinzione pressoché generale, apparteneva alla fissione dell'uranio. C'è da chiedersi perché allora prevalse questa opzione sostenuta con convinzione dal potere politico, dal sistema industriale, dalle istituzioni scientifiche. Il percorso del solare era necessariamente lento, paziente, diversificato, decentrato, di piccola scala, se vogliamo "democratico", mentre il nucleare, anche per ragioni di sicurezza e di vicinanza al settore bellico, era centralizzato, con dotazioni finanziarie ingenti, luogo per eccellenza di potere scientifico ed economico, poco trasparente e quindi consono al sistema dominante all'epoca ed anche alle alleanze internazionali del Paese nel clima della guerra fredda. Sta di fatto che quell'opzione si impose, cancellando quel patrimonio di ricerche sul solare e sulle energie rinnovabili accumulate precedentemente dall'Italia.

Eppure, fu detto giustamente che "l'Italia è l'Arabia delle energie rinnovabili" (*L'economista americano Jeremy Rifkin alla Camera dei Deputati. "L'Italia è l'Arabia delle energie rinnovabili", "Corriere.it", 6 giugno 2007. https://www.corriere.it/Primo_Piano/Economia/2007/06_Giugno/05/energie_rinnovabili.shtm*). L'avevano intuito i nostri saggi profeti e pionieri dell'energia solare, che abbiamo citato, i tanti scienziati e inventori che vi si cimentarono negli anni Trenta e infine i padri della "primavera ecologica" che mezzo secolo fa cercavano di spiegare come il nucleare fosse un vicolo cieco, mentre era il solare la strada maestra per l'Italia. Mezzo secolo sprecato, ma soprattutto enormi risorse pubbliche buttate via in un'impresa fallimentare. Se queste risorse fossero state impiegate nei tanti settori della ricerca e dell'innovazione tecnologica, nonché delle attività produttive, collegati alle molteplici forme di cattura ed impiego dell'energia solare, l'Italia oggi potrebbe essere all'avanguardia a livello internazionale, ben oltre la stessa Germania, su un tema oggi cruciale per la lotta ai cambiamenti climatici, per la riduzione dell'inquinamento atmosferico, ma anche per la cosiddetta competitività (Per un progetto

documentato e dettagliato di alternativa energetica solare per l'Italia si veda: V. Balzani, N. Armaroli, *Energia per l'astronave Terra*, Zanichelli, Bologna 2011.)). Invece di rimpiangere Felice Ippolito e la sua fissazione per costruire reattori nucleari di fattura nazionale (ma con combustibile importato), dovremmo riconoscere l'errore di non aver ascoltato un Giorgio Nebbia o un Giovanni Francia, di non aver compreso che la svolta ecologica avrebbe fatto bene anche ad un sistema produttivo che in anticipo su altri si sarebbe lasciato alle spalle la paleotecnica dei fossili ed oggi sarebbe davvero all'avanguardia sul piano tecnologico, ma anche nel rapporto con l'ambiente.

Fare i conti con la pesante eredità del passato. I. Il carico ingombrante ed irrisolto di scorie

Il primo grande problema, tuttora irrisolto, è quello della gestione delle scorie e dei rifiuti radioattivi provenienti dalla dismissione delle vecchie centrali e del loro confinamento in sicurezza. L'ultima ipotesi progettata e tentata, quella di un unico deposito in una miniera di salgemma dismessa a Scanzano Jonico (mt), naufragò nel 2003 di fronte alla rivolta dell'intera popolazione ((R. Montemurro, *I giorni di Scanzano*, Ediesse, Roma 2004; P. Stigliani, F. Buccolo, *Fragole e uranio. Scanzano Jonico: storia di una rivolta*, Palomar, Bari 2008.))x. Giorgio Nebbia, in un articolo uscito in quel periodo, era lapidario a proposito del problema tecnicamente irrisolvibile delle scorie nucleari:

L'unica cosa certa è che la radioattività che abbiamo creato e stiamo creando oggi è praticamente eterna. *I Rifiuti eterni (The forever waste)* è il titolo di un lungo articolo apparso nei giorni scorsi nel settimanale "Chemical and Engineering News" della Società Chimica Americana i cui soci non sono furiosi antinuclearisti o agitati ecologisti, ma chimici che,

proprio come tali, e come esseri umani responsabili, si sono interrogati se è moralmente lecito condannare le generazioni future a trattare e a vigilare su materiali che sono stati utili (si fa per dire) alla nostra generazione, ma di cui forse i nostri discendenti avranno dimenticato perfino l'origine e il pericolo((G. Nebbia, *Scorie nucleari*, in "La Gazzetta del Mezzogiorno", 1 luglio 2008.)).

Il progetto di deposito nazionale di Scanzano, com'è noto, era stato elaborato e gestito dalla sogin, costituita nel 1999 come società per azioni, ossia soggetto dotato di personalità giuridica di natura privata, interamente partecipata dal [Ministero dell'Economia e delle Finanze](#) e operante in base agli indirizzi strategici formulati dal [Ministero dello Sviluppo Economico](#), con l'obiettivo di "intraprendere una nuova impresa pionieristica, avviando la dismissione delle 4 centrali e diventando apripista nel campo del [decommissioning nucleare](#). Si trattava di smantellare impianti che non erano stati pensati per la loro futura disattivazione"(<https://www.sogin.it>). E immediatamente la sogin si mise al lavoro cercando di individuare un luogo adatto per il Deposito nazionale ed il Parco tecnologico ad esso funzionale, come viene illustrato nel sito aziendale:

Il Deposito Nazionale è un'infrastruttura ambientale di superficie dove mettere in sicurezza i rifiuti radioattivi. La sua realizzazione consentirà di completare il [decommissioning](#) degli [impianti nucleari italiani](#) e di gestire tutti i rifiuti radioattivi, compresi quelli provenienti dalle attività di medicina nucleare, industriali e di ricerca. Insieme al Deposito Nazionale sarà realizzato il Parco Tecnologico: un centro di ricerca, aperto a collaborazioni internazionali, dove svolgere attività nel campo del *decommissioning*, della gestione dei rifiuti radioattivi e dello sviluppo sostenibile in accordo con il territorio interessato. La [localizzazione](#), la progettazione, la realizzazione e la gestione dell'infrastruttura sono affidate a sogin, come disciplinato

dal D.lgs. n. 31/ 2010. Il Deposito è una struttura con barriere ingegneristiche e barriere naturali poste in serie, progettata sulla base delle migliori esperienze internazionali e secondo i più recenti standard iaefa (International Atomic Energy Agency) che consentirà la sistemazione definitiva di circa 78 mila metri cubi di rifiuti a bassa e media attività e lo stoccaggio temporaneo di circa 17 mila metri cubi di rifiuti ad alta attività. Il trasferimento dei rifiuti radioattivi in un'unica struttura garantirà sia la totale sicurezza per i cittadini e l'ambiente sia il rispetto delle direttive europee, allineando l'Italia ai Paesi che da tempo hanno in esercizio sul loro territorio depositi analoghi(<https://www.sogin.it/it/chiusura-del-ciclo-nucleare/depositonazionale-eparcotecnologico/Pagine/default.aspx>)).

Dopo l'esperienza disastrosa di Scanzano, la stessa sogin riconosceva che "il percorso immaginato all'inizio si è rivelato più difficile e tortuoso del previsto" ed ora si sta procedendo con i piedi di piombo. Da dieci anni, con il Dlgs 31/2010, si attendeva che venisse pubblicato l'elenco dei siti idonei (cnapi) ad ospitare il deposito Nazionale. Il 22 febbraio del 2019, il sottosegretario al Ministero dello Sviluppo economico Davide Crippa, aveva assicurato che nel giro di 6 mesi, dopo una più rigorosa selezione tesa ad escludere ogni località a rischio sismico, sarebbe finalmente avvenuta la pubblicazione e si sarebbe aperto il confronto con le popolazioni interessate. In verità dovette trascorrere un lasso di tempo più lungo, quasi due anni, finché il 5 gennaio 2021 la sogin rendeva pubblici i potenziali 67 siti idonei, aprendo la consultazione dei territori interessati e la discussione pubblica che nel giro di 5 anni dovrebbe portare alla decisione su dove allocare il deposito nazionale di stoccaggio permanente(<https://www.depositonazionale.it>). Ovviamente, per nostra fortuna, non spetta allo storico indicare quale sia il percorso migliore per risolvere il problema, ma semmai evidenziare alcuni aspetti problematici della vicenda.

Non sorprende, in verità, che sia tanto difficile trovare la soluzione per il Deposito Nazionale, se si pensa che anche rifiuti a bassa radioattività da Cesio 137, prodotti ad esempio nella filiera tipicamente bresciana delle acciaierie da rottame, accidentalmente contaminati dalla fusione di apparecchi radiologici non bonificati od altro, da decenni, in gran parte, non trovano neppure una soluzione provvisoria di messa in sicurezza, minacciando di disperdere radioattività in falda ((M. Ruzzenenti, *“Ma la terra dei fuochi no!” L'immondezzaio d'Italia sì?*, Brescia 2019, pp. 31-35. <http://www.ambientebrescia.it/TerradeifuochiBrescia2019.pdf>)).

Inoltre, questa vicenda senza fine dovrebbe rappresentare il definitivo argomento, di palmare evidenza, a sostegno di quanto sia stato errato intraprendere l'avventura nucleare in Italia, almeno per chi non è oscurato da una sorta di fondamentalismo nuclearista. In ogni caso, non serve una gestione opaca: le popolazioni sono giustamente preoccupate, la massima trasparenza è una precondizione indispensabile e va evitato ogni tentativo di minimizzare la complessità ed i pericoli dell'operazione; quindi la cittadinanza interessata va informata correttamente e senza reticenze. Purtroppo l'avventura nucleare ha messo alla luce davvero una brutta bestia che ora è impresa ardua domare. A questo proposito può essere molto utile rileggere la lezione che Giorgio Nebbia aveva tratto dalla vicenda di Scanzano:

Tali rifiuti radioattivi derivano dalle attività dell'industria nucleare, come preparazione di cariche per centrali e reattori nucleari o trattamento del “combustibile” nucleare; essi contengono uranio, plutonio, torio e altri nuclei radioattivi e tossici. [...] Fra i rifiuti radioattivi da smaltire vi sono poi i materiali impiegati nei quattro reattori delle centrali elettronucleari costruite in Italia dal 1960 in avanti: Trino Vercellese, in provincia di Vercelli; Garigliano, in provincia di Caserta; Latina, nel Lazio e Caorso, in provincia di Piacenza. Durante il

funzionamento di tali centrali, ormai ferme dal 1987, dopo il referendum, l'uranio che è stato caricato all'inizio si è trasformato in parte in plutonio e sia l'uranio sia il plutonio hanno liberato energia con formazione di numerosi prodotti di fissione radioattivi. Si tratta di alcune migliaia di tonnellate di combustibile nucleare "irraggiato" che, per esempio a Caorso, sono state tenute a "raffreddare" in una piscina; altri rifiuti sono stati inviati in Inghilterra per separare uranio e prodotti di fissione che l'Italia dovrà ritirare e mettere in adatti depositi. Infine, a mano a mano che le centrali, i reattori e gli impianti di trattamento di sostanze radioattive saranno smantellati, si dovrà trovare una sistemazione per altre migliaia di metri cubi di materiali da costruzione divenuti anch'essi radioattivi per fenomeni di "attivazione". Infine in Italia devono tornare anche le scorie dell'infelice reattore francese Superphenix, chiuso dopo alcuni anni, alla cui costruzione l'Italia aveva partecipato per un terzo del capitale e che quindi è condannata a riprendersi un terzo delle scorie generate. Nel complesso occorre trovare una sistemazione definitiva ai materiali radioattivi italiani oggi in condizioni insoddisfacenti di sicurezza; si tratta di circa 70.000 metri cubi di rifiuti di "seconda categoria", contenenti nuclei radioattivi che devono essere isolati dalle acque e da qualsiasi contatto con essere viventi per almeno 10 o 15mila anni, con una attività di oltre 10.000 curie (la radioattività di un curie corrisponde a quella emanata da un grammo di radio puro). Poi ci sono i rifiuti di "terza categoria" contenenti nuclei radioattivi che devono essere sepolti e isolati per almeno 150mila anni: circa 8.600 metri cubi con una attività di 190.000 curie. Nel corso del decadimento radioattivo i rifiuti generano continuamente calore che deve essere ventilato all'esterno del loro deposito [...] Dove metterle ? [...] il problema della sepoltura delle scorie radioattive riguarda tutti i paesi che hanno affrontato l'avventura nucleare, sia per la costruzione di bombe atomiche, sia per produrre elettricità commerciale. Per i tempi lunghissimi ricordati, le scorie nucleari devono essere

poste in zone sotterranee costituite da rocce geologicamente stabili, non esposte a terremoti, senza circolazione di acqua e nessun possibile contatto con esseri viventi. [...] Non basta: le scorie sepolte emettono continuamente calore che deve essere ventilato all'esterno, con sistemi che devono funzionare per *centinaia di secoli*; devono essere vigilate contro l'invasione delle acque e contro azioni terroristiche da una forza militare di vigilanza. [...] Tanto più che si fa presto a parlare di "seppellire" migliaia di tonnellate di materiali altamente pericolosi e tossici per decine di migliaia di anni; e supposto anche che si trovi una struttura geologica, sicura da infiltrazioni di acqua e da terremoti, in cui depositare i rifiuti radioattivi, come è possibile, per tempi così lunghi, avvertire le popolazioni che si susseguiranno nel territorio, di non entrare nel deposito, di non scavare nei dintorni ? Per cercare una risposta a questo problema di comunicazione destinata alle generazioni future, nel 1984 l'ufficio americano preposto alla realizzazione di un sito in cui localizzare le già allora crescenti scorie nucleari chiese consiglio ad un noto studioso di semiologia (la scienza dei modi e dei mezzi con cui comunicare), Thomas Sebeok, che scrisse una relazione intitolata: *Perché e come comunicare con quelli che vivranno fra diecimila anni*. Il tema è stato ripreso dall'altrettanto noto semiologo italiano Umberto Eco nello scritto: *Alla ricerca di una lingua perfetta*. Diecimila anni sono un periodo nel quale possono nascere e scomparire interi imperi; appena pochi secoli dopo la fine dei faraoni era scomparsa anche la conoscenza di come leggere i geroglifici. Se dovessimo mettere un avviso, all'ingresso dei depositi di scorie: "Attenzione: non avvicinatevi", in quale lingua dovrebbe essere scritto? con quali caratteri e segni? già oggi, quando osserviamo le pitture rupestri delle società primitive di poche migliaia di anni fa, ci è difficile capire se i personaggi rappresentati stavano cacciando o ballando o combattendo fra loro. E poi chi dovrebbe tramandare la leggibilità e il significato del messaggio? Sebeok suggerì che occorrerebbe creare una "casta

sacerdotale atomica", in grado e col compito di tramandarsi, nel corso delle 300 generazioni che si susseguirebbero nei diecimila anni considerati, la lingua e il significato di quell'avviso apposto sul cimitero dei rifiuti radioattivi. E poi su quale supporto fisico l'eventuale messaggio custodito dai sacerdoti atomici potrebbe essere tramandato a tutti gli abitanti del pianeta per 300 generazioni? su piastre di metallo? su monoliti di granito? Non certo su supporti informatici, dal momento che la maggior parte del materiale informatico odierno sarà illeggibile già fra poche decine di anni. Qualcuno ha suggerito di utilizzare ... i papiri, i supporti che ci sono pervenuti quasi leggibili, sia pure in parte ancora incomprensibili, a quattromila anni dalla loro scrittura. E sarà un bel lavoro, perché si dovranno trasferire alle generazioni future le informazioni sulla pericolosità del contenuto del deposito di scorie radioattive, con tutti i necessari dati, diagrammi e disegni tecnici. Se includessimo anche queste considerazioni nelle decisioni di politica nucleare, nazionali e internazionali((G. Nebbia, *Scanzano*, in "Verde Ambiente", a. 21, n.6, novembre-dicembre 2005, pp. 17-21.))?

Fare i conti con la pesante eredità del passato. II. I danni disastrosi provocati dagli incidenti nucleari

Occorre, ora, accennare ai danni per la salute indotti dagli incidenti nucleari. Un tema controverso, anche per la difficoltà oggettiva a valutare eventi patologici, come tumori, che possono manifestarsi anche a distanza di decine di anni e causati anche da altri fattori (ereditarietà, stili di vita, esposizione ad altre sostanze tossiche..).

Gli incidenti più rilevanti per l'impatto sanitario sono indubbiamente i due più recenti, Chernobyl, soprattutto, e Fukushima. Per una valutazione il più possibile "oggettiva" è

fondamentale riferirsi alla pubblicazione del 2013 dell'Agencia europea per l'ambiente sul principio di precauzione((P. Dorfman, A. Fucic, S. Thomas, Late lessons from Chernobyl, early warnings from Fukushima, in European Environment Agency, *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation, Report n. 1*, Copenhagen, 2013, pp. 432-457.)) che ha compiuto una vasta rassegna critica di tutti gli studi epidemiologici prodotti negli anni sui due casi, ovviamente, per ragioni temporali, particolarmente esaustiva per l'incidente di Chernobyl.

Con una premessa. Va rimarcato che in questi come negli altri incidenti le conseguenze potevano essere molto più disastrose, per la loro imprevedibilità e soprattutto perché si è spesso proceduto per tentativi disperati nel contenimento del disastro senza una precisa contezza della loro efficacia. Nel caso di Chernobyl è comune il riconoscimento che senza il sacrificio "eroico" dei cosiddetti "liquidatori", tra cui ben 147 di fatto "condannati a morte" ("Entro il 5 maggio, 10 giorni dopo l'incidente, 172 persone, di cui 47 vigili del fuoco, erano state ricoverate nell'ospedale n. 6 con la forma più grave di malattia da radiazioni. Tutti avevano ustioni visibili, soffrivano di forti dolori e avevano poche possibilità di sopravvivere" (Grigoriev, 2012). Cfr.: *Ibidem*, p. 435.)), le conseguenze per una parte dell'umanità sarebbero state ben più importanti.

Focalizzando l'attenzione su questo che è sicuramente l'incidente di gran lunga più rilevante, è significativo quanto gli esperti dell'eea scrivono nel loro rapporto e che si riporta in gran parte di seguito:

Durante i sei giorni di contenimento aperto, il 30-60 % dei prodotti di fissione del nucleo del reattore di Chernobyl sono stati rilasciati nell'atmosfera, 6,7 tonnellate di materiale dal nucleo. Questo materiale è stato proiettato in alto nell'atmosfera, diffondendo isotopi radioattivi su oltre

200.000 chilometri quadrati (km²) d'Europa (undp, 2002). In risposta, le autorità hanno evacuato e successivamente trasferito circa 115.000 persone da aree circostanti il reattore; dopo il 1986, ulteriori 220.000 persone dalla Bielorussia, Federazione Russa e Ucraina sono state risistemate (unscear, 2008). Ogni giorno circa 3.500 lavoratori entrano nei 30 chilometri zona di esclusione, istituita dall'Ucraina, per monitorare, pulire e sorvegliare il sito, dove i lavori di risanamento continueranno probabilmente fino al 2065 – anche se meno della metà delle risorse necessarie per finanziare il risanamento è stata raccolta e la data di completamento è slittata di un decennio. Il lavoro comprende la gestione dello stoccaggio a lungo termine dei rifiuti dal Reattore 4, e più di 20.000 contenitori di combustibili esauriti degli altri reattori del sito. Significative le quantità di scorie radioattive che continuano ad essere generate – in parte a causa delle inondazioni in corso in alcune aree degli edifici di stoccaggio dei rifiuti e del Reattore 4 sala turbine, forzando lo scarico pompato e lo stoccaggio in loco di circa 300.000 litri di acqua radioattivamente contaminata, al mese. [...] Concentrandosi solo su Bielorussia, Ucraina e Federazione Russa, e nessun altro paese e popolazione esposti, l'Energia Atomica Internazionale L'Autorità (aiea) ha organizzato il Forum di Chernobyl (2005) che prevedeva una potenziale mortalità totale di circa 4.000 persone. In Bielorussia, nella Federazione Russa e in Ucraina sono stati finora diagnosticati quasi 5.000 casi di cancro alla tiroide tra i bambini che al momento dell'incidente avevano fino a 18 anni (oms, 2006), disturbi che potrebbero essere correlati all'esposizione alle radiazioni. Entrambe queste stime sono state oggetto di all'analisi critica di Yablokov et al. (2006), che ha suggerito un aumento del numero di morti come conseguenza del disastro di Chernobyl. Basato sulle statistiche nazionali sul cancro della Bielorussia, lo studio ha previsto circa 270.000 incidenze di cancro – di cui 93.000 si rivelano

fatali. Una meta-analisi di follow-up, che include la Bielorussia, la Russia e l'Ucraina, ha suggerito un ulteriore aumento dei decessi prematuri previsti, come risultato della radioattività rilasciata (Yablokov et al., 2007). Vale la pena di notare che unsclear (2008) ha deciso di non utilizzare modelli per proiettare numeri assoluti di effetti nelle popolazioni esposte a basse dosi di radiazioni dell'incidente di Chernobyl, a causa di incertezze inaccettabili nelle previsioni. Dato che l'unsclear (1993) e l'aiea (1996) stimano una dose totale mondiale collettiva di 600.000 persone-Sievert [unità di esposizione alle radiazioni. Nda] nell'arco di 50 anni dal fallout di Chernobyl e la stima standard del rischio della Commissione Internazionale sulla protezione radiologica (icrp, 2005) è di 0,057 tumori mortali per Sievert, questo suggerisce una stima di circa 34.000 tumori mortali in quel periodo di tempo (Ramana, 2009). Considerato che il modello di rischio radioattivo senza soglia, accettato ampiamente, può sovrastimare o sottovalutare i rischi di un fattore due (bier vii, 2006) – allora le stime per l'estrapolazione della mortalità per cancro post-Chernobyl possono variare da 17.000 a 68.000 in 50 anni. Queste differenze nelle stime di meta-analisi si ottengono anche per leucemia post-Chernobyl nelle popolazioni circostanti. Inoltre, ci sono stati decessi immediati degli operatori di emergenza e i vigili del fuoco derivanti da esposizione acuta alle radiazioni. Il trattamento di queste persone ha messo a rischio anche il personale ospedaliero e gli impresari di pompe funebri per sovraesposizione alle radiazioni. [...] Le popolazioni più sensibili allo sviluppo della malattia alla tiroide dopo la sovraesposizione nucleare sono i bambini esposti prima e dopo la nascita, le persone giovani e le donne (Shimizu, 1991; Nagataki e Nystrom, 2002; McCarthy, 1997, Prysyazhnyuk, 2007). Siccome l'esposizione sia esterna che interna a radiazioni ionizzanti può causare il cancro alla tiroide, sono state rilevate incidenze simili sia a Hiroshima, Nagasaki, sia dopo l'incidente di Chernobyl, con una prevalenza molto più elevata nei bambini rispetto

agli adulti (Larsen et al., 1982; Pacini et al., 1999). L'aumento dei livelli di anticorpi anti-tiroide, iper o ipotiroidismo e il cancro alla tiroide hanno periodi di latenza diversi dopo l'esposizione, anche a dosi relativamente basse, inferiori a 1 Sievert (Nagataki, 1994), e i dati delle vittime di Chernobyl e della bomba atomica dovrebbero essere importanti per il bio-monitoraggio di soggetti esposti dopo l'incidente di Fukushima. Negli ultimi anni è stato descritto un aumento dell'incidenza della leucemia tra i lavoratori addetti alle pulizie e la popolazione di età compresa tra 0 e 5 anni al momento dell'incidente di Chernobyl (Noschenko et al., 2010; Romanenko et al., 2008). Tale tendenza può continuare poiché il periodo di latenza per la leucemia può superare più di 40 anni, come dimostrato per la sindrome mielodisplastica (preleucemia) e il relativo aumento del rischio di leucemia mieloide acuta dopo le detonazioni della bomba atomica di Hiroshima e Nagasaki (Iwanaga et al., 2011). Le donne che allattano possono essere più soggette a radiazioni ionizzanti, in quanto nel tessuto del seno si bio-accumula iodio come parte del processo fisiologico del suo accumulo nel latte materno. Questi livelli di radioiodina accumulata nel latte materno possono anche aumentare il rischio di cancro alla tiroide nei neonati (Bland et al., 1969; Tazebay et al., 2000; Hatch et al., 2005). Queste informazioni possono rivelarsi necessarie e significative per le sottopopolazioni di allattamento al seno in caso di aumento dei livelli di radioiodina. Risultati simili sono stati mostrati per l'incidenza del cancro al seno dopo Hiroshima e Nagasaki, dove il più alto eccesso di rischio dose-specifico relativo era tra donne esposte prima dei 20 anni di età (Land et al., 2003), con un periodo di latenza per lo sviluppo del cancro al seno di circa 10 anni sia per coloro che sono state colpite dalle bombe atomiche che a Chernobyl (Tokunaga, 1979; Pukkala et al., 2006), con un aumento dell'incidenza del cancro al seno trovato tra donne giovani e in pre-menopausa esposte durante l'incidente di Chernobyl. Al fine di

migliorare le misure preventive in seguito a una sovraesposizione alle radiazioni ionizzanti, è imperativo che il periodo di latenza tra l'esposizione e lo sviluppo della malattia sia rivalutato per ogni tipo di cancro; come attualmente approvato, un periodo di latenza di 10 anni delle agenzie internazionali di radioprotezione non sembra essere in accordo con dati riportati per alcuni tumori solidi, con un periodo di latenza di 4 anni riportato dopo Chernobyl (unscear, 2008; Ivanov et al., 2009). La questione della latenza nell'induzione del cancro è ulteriormente complicata in seguito alle scoperte della biologia delle radiazioni sulla sottostante risposta cellulare complessa, meccanismi attraverso i quali le radiazioni interagiscono con organismi viventi. Corrispondentemente, l'incidente nucleare di Chernobyl ha causato anche malattie non cancerose, come disturbi cardiovascolari e immunologici, e cataratte (Hatch et al., 2005; Cardis, 2011). In bambini esposti a basse dosi a lungo termine dopo l'incidente nucleare di Chernobyl, è stato segnalato un aumento significativo di malattie cardiovascolari, seguito da un deperimento dello stato fisico (Kostenko, 2005). È stato registrato un aumento significativo dei disturbi cardiovascolari anche tra gli adulti (Bebeshko et al., 2007; Eglite et al., 2009), che era compatibile con i dati dei sopravvissuti alla bomba atomica (Zubovksi e Tararukhina, 1999; Shimizu et al., 2010). Sono stati segnalati disturbi immunologici sia per gli addetti alle pulizie che per la popolazione esposta in ambiente colpito dall'incidente di Chernobyl. Nei bambini, sono stati rilevati marcati disturbi immunitari dopo Chernobyl, con significative differenze tra i bambini esposti direttamente e bambini nati da genitori irradiati (Baleva et al., 2011). Nei bambini residenti nella zona a 30-90 km dal sito di Chernobyl, sono sorte perturbazioni immunologiche più di 20 anni dopo l'incidente nucleare e si presentano ancora clinicamente (Sajjadieh et al., 2009). Inoltre, i disturbi immunologici sono combinati con infiammazioni e un aumento del rischio di malattie cardiovascolari in entrambi i casi di esposti alle

radiazioni a seguito della bomba atomica e dell'incidente di Chernobyl (Kusunogi et al., 1999; Hayashi et al., 2003; Kusunoki et al., 2010; Timoshevskii et al., 2011). È stato inoltre suggerito che i dati relativi a cataratte nei soggetti che partecipano alla bonifica e alla costruzione di sarcofagi a Chernobyl potrebbero non riuscire a sostenere l'assunzione di un rischio secondo le linee guida dell'icrp 60((P. Dorfman, A. Fucic, S. Thomas, op. cit. pp. 433-437.)). [...] Il costo di Chernobyl. L'incidente può essere stimato solo approssimativamente, ma una serie di valutazioni del governo degli anni '90 ha indicato il costo dell'incidente, nell'arco di due decenni, pari a centinaia di miliardi di dollari((Ibidem, p. 445.)).

Per Fukushima la valutazione delle conseguenze dell'incidente non può che essere diversa: per gli effetti sulla salute il tempo trascorso è troppo poco, anche perché, a differenza di Chernobyl che fu un'esplosione acuta con dispersione aerea di grafite radioattiva anche a lunga distanza contenuta poi in tempi relativamente brevi, a Fukushima di fatto, dopo 10 anni, l'incidente e la dispersione radioattiva sono ancora in corso con conseguenze ambientali e sanitarie difficilmente valutabili. Come è noto il catastrofico incidente di Fukushima fu innescato dallo tsunami che, l'11 marzo 2011, investì la costa nord-orientale del Giappone, sommergendo la centrale e provocando la fusione dei noccioli di tre reattori nucleari. La centrale era stata costruita sulla costa appena 4 metri sul livello del mare, con dighe frangiflutti alte 5 metri, per sapendo che la zona era soggetta a tsunami con onde alte fino a 15 metri. Per di più sembra che al momento dello tsunami, i dispositivi di sicurezza non fossero entrati in funzione a causa di gravi mancanze nel controllo degli impianti da parte della Tepco, la società privata di gestione della centrale. Per tenere sotto controllo il combustibile fuso da allora viene pompata acqua nei reattori, acqua che si carica di radioattività e che è stata stoccata all'interno della

centrale in oltre mille grandi serbatoi, accumulandone oltre 1 milione di tonnellate, cosicché si prevede che a metà del 2022 non vi sia più spazio per contenerla ulteriormente. Dovendo continuare a pompare acqua nei reattori fusi, la Tepco, con il consenso del governo, ha deciso di scaricare in mare quella finora accumulata, dopo averla filtrata per ridurne in parte [?] la carica radioattiva con un processo che durerà almeno 30 anni e le cui conseguenze ambientali e sanitarie sul lungo periodo sono imprevedibili. Per questo, secondo alcuni osservatori, l'incidente di Fukushima potrebbe alla fine risultare più grave di quello di Chernobyl ((M. Dinucci, *Fukushima, dilaga la pandemia nucleare*, "Il manifesto", 3 novembre 2020. Si vedano anche: F. Palmeri, *Fukushima dieci anni dopo: è finito il sogno del nucleare "buono"*, "Il fatto quotidiano", 9 marzo 2021; M. Agostinelli, *Fukushima, dieci anni dopo si rischia di superare i danni di Chernobyl*, "ilfattoquotidiano.it", 11 marzo 2021, <https://www.ilfattoquotidiano.it/2021/03/11/fukushima-dieci-anni-dopo-si-rischia-di-superare-i-danni-di-chernobyl/6127763/>)).

Le lezioni del passato impongono all'umanità l'abbandono del nucleare, civile e militare.

La lezione che l'umanità può ricavare da questi incidenti dovrebbe portare al definitivo abbandono di questa tecnologia: ciò vale ancor più per l'Italia per le ragioni sopra menzionate.

Rimane un'ultima considerazione che sembra doverosa. Fin qui si è parlato dei costi ambientali e sanitari e dei pericoli potenziali del nucleare civile. Ma va ricordato che un altro ancor più incombente pericolo minaccia l'umanità: il nucleare militare. E in Italia ospitiamo, nelle basi aeree di Aviano e di Ghedi, complessivamente quaranta bombe atomiche che fa

del'Italia il Paese ue, ovviamente al di là della Francia, con il più importante arsenale nucleare, secondo la più recente documentata inchiesta di Hans M. Kristensen, direttore del Progetto di informazione nucleare della Federazione degli scienziati americani((H. M. Kristensen, [Urgent: Move US Nuclear Weapons Out Of Turkey](https://fas.org/blogs/security/2019/10/nukes-out-of-turkey/), posted on Oct.16, 2019 <https://fas.org/blogs/security/2019/10/nukes-out-of-turkey/>)). E le testate nucleari in giro per il mondo, al 2020, sempre secondo le più recenti stime dello stesso ricercatore ammonterebbero a 13.410, tra quelle dispiegate, quelle stoccate e quelle messe a riposo, dopo aver superato il folle picco delle 70mila nella seconda metà degli anni Ottanta((H. M. Kristensen, M. Korda, [Status of world nuclear forces, April 2020](https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/) <https://fas.org/issues/nuclear-weapons/status-world-nuclear-forces/>)). Insomma, la minaccia dei materiali radioattivi in circolazione nel mondo va ben oltre l'uso pacifico del nucleare((Una vicenda legata ai materiali radioattivi che ha visto denunce e mobilitazioni negli ultimi vent'anni è quella dell'uranio impoverito utilizzato per rendere più penetranti e micidiali i grandi proiettili, con la conseguente dispersione in ambiente di isotopi radioattivi, sia in scenari di guerra, come nel caso dell'ex-Jugoslavia, sia nei poligoni militari, come a Salto di Quirra in Sardegna: Cfr. L. Brogioni, A. Miotto, M. Scanni, *L'Italia chiamò. Uranio impoverito: i soldati denunciano*, Edizioni Ambiente, Milano 2009; C. Porcedda, M. Brunetti, *Lo sa il vento. Il male invisibile della Sardegna*, Edizioni Ambiente, Milano 2011.)), come ci ricordava il nostro maestro, Giorgio Nebbia: "una parte è presente nei reattori nucleari funzionanti, una parte nelle circa 30 mila bombe atomiche in servizio nel mondo; una parte in altre bombe atomiche immagazzinate da qualche parte e in quelle già smantellate; una parte negli stabilimenti industriali in cui il combustibile nucleare estratto dai reattori viene frazionato chimicamente ("riprocessato") per separarne alcune componenti (soprattutto il plutonio, utile per le bombe atomiche)"((G. Nebbia, *Scorie nucleari*, in "La

Gazzetta del Mezzogiorno”, 1 luglio 2008.)). Per questo Giorgio Nebbia, fino agli ultimi giorni della sua esistenza, si impegnò per il disarmo nucleare, informandoci continuamente sui nuovi Paesi che hanno depositato alle Nazioni Unite lo strumento di ratifica del Trattato per la Proibizione delle Armi Nucleari (tpan) del 20 settembre 2017, che vieta la produzione, il possesso, la presenza al proprio interno e il transito nel territorio di armi nucleari, segnalandoci che la situazione delle firme e ratifiche si può leggere nel sito: <http://www.icanw.org/> della International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ican), l’istituzione Premio Nobel per la Pace 2017.

L’abbandono del nucleare civile e militare è un’urgenza per l’umanità, tanto rilevante come quella del riscaldamento climatico ed in generale dell’emergenza ecologica, a maggior ragione perché è già imponente e difficilissimo il compito per riportare sotto controllo la minaccia del “vecchio” nucleare che incombe sul nostro futuro.