

Angelo Baracca, Giorgio Ferrari Ruffino

SCRAM

ovvero

LA FINE DEL NUCLEARE

con i contributi di
Ernesto Burgio e Mycle Schneider

Jaca Book

INDICE

Introduzione	
IL NUCLEARE: UN'ESPERIENZA SU CUI METTERE LA PAROLA FINE	15
La funesta eredità dell'Era Nucleare... per tutte le generazioni future	15
Il fuoco di Prometeo e la violazione (scientifica) delle leggi della Natura	16
Il (pericoloso e costoso) declino dell'energia nucleare	19
L'Italia non ha nessun bisogno di centrali nucleari	21
Una tecnologia vecchia e in declino	23
Struttura e organizzazione del libro	24
Capitolo 1	
SOCIETÀ TECNOLOGICA, CONSUMI DI ENERGIA, ENERGIA ELETTRICA ED ENERGIA NUCLEARE	27
1.1 – Controllare la tecnologia?	27
1.2 – Società ed energia	28
1.3 – Produzione e consumi di energia: alcune distinzioni fondamentali	30
1.4 – Energia elettrica: produzione, consumi, potenza	32
1.5 – Energia nucleare, energia elettrica	35
Appendice 1.1 – Qualche grandezza e unità energetica	35

Indice

Capitolo 2	
LA NOSTRA IMPOSTAZIONE. DISCUSSIONE DELL'INTERO CICLO DEL COMBUSTIBILE NUCLEARE	
	41
2.1 – Impostazione generale: impatto complessivo di un ciclo produttivo, LCA	41
IL CICLO NUCLEARE	45
2.2 – Fasi «a monte» del ciclo nucleare	45
2.3 – Il reattore nucleare	50
2.4 – Fasi «a valle» del ciclo nucleare	55
BILANCIO ENERGETICO DEL CICLO NUCLEARE	60
2.5 – Quello che non vi dicono sull'efficienza del ciclo nucleare	60
2.6 – Efficienza energetica dei reattori nucleari	61
2.7 – Il problematico bilancio energetico dell'intero ciclo nucleare	63
Appendice 2.1 – Complementi sull'efficienza energetica dei reattori nucleari	65
Appendice 2.2 – Nozioni elementari di fisica nucleare	70

Parte prima	
ITALIA-FRANCIA: DUE CASI EMBLEMATICI	81

Capitolo 3	
PERCHÉ ALL'ITALIA NON SERVE IL NUCLEARE	
	83
IL SISTEMA ENERGETICO ITALIANO TRA INEFFICIENZE E SPECULAZIONI	84
3.1 – L'insostenibile parzialità dell'informazione	84
3.2 – L'energia che serve all'Italia	86
3.3 – L'Italia ha bisogno di nuove centrali elettriche?	91
3.4 – Perché importiamo energia elettrica	94
LA TRAVAGLIATA STORIA E LA PESANTE EREDITÀ DEL NUCLEARE ITALIANO	97
3.5 – L'esperienza nucleare italiana: (la solita) storia di affari e di intrighi	97
3.6 – La pesante eredità: la via italiana alla (indi)gestione dei rifiuti	112
LE ALLARMANTI PREMESSE DEL FUTURO NUCLEARE ITALIANO	119
3.7 – La <i>nouvelle route</i> del nucleare italiano	119
3.8 – Niente regole, siamo italiani	122
3.9 – La localizzazione degli impianti: false novità e vecchie certezze	126

Indice

Capitolo 4 L'ENERGIA NUCLEARE IN FRANCIA AL DI LÀ DEL MITO

<i>Mycle Schneider</i>	129
4.1 – Introduzione	129
ASPETTI STORICI E SOCIO-POLITICI DEL PROGRAMMA NUCLEARE FRANCESE	132
4.2 – Aspetti storici	132
4.3 – Il processo decisionale	135
4.4 – Accesso all'informazione	137
4.5 – Legame civile-militare	140
4.6 – Salvaguardie nucleari internazionali in Francia	141
4.7 – L'industria del plutonio	147
4.8 – Ricerca e sviluppo	153
SICUREZZA ENERGETICA, ASPETTI ECONOMICI E AMBIENTALI DEL PROGRAMMA NUCLEARE FRANCESE	154
4.9 – Petrolio, dipendenza energetica ed energia nucleare	154
4.10 – Emissioni di CO ₂ in Francia: forse i vicini fanno presto e meglio	156
4.11 – Riscaldamento elettrico e mercato dell'energia	158
4.12 – Indipendenza energetica. Dal 50% all'8,5%	163
4.13 – Prezzi dell'elettricità bassi – conti energetici alti	165
TRA PRODUTTIVITÀ E SICUREZZA NUCLEARE: UN DIFFICILE EQUILIBRIO	169
4.14 – L'EPR, <i>European Problem Reactor</i>	174
4.15 – Perdita di competenza e problemi di manodopera	179

Parte seconda I PROBLEMI DEL CICLO NUCLEARE	183
---------------------------------------------------	-----

Capitolo 5 IL NUCLEARE NON È PRIVO DI EMISSIONI DI CO ₂	185
5.1 – L'intero ciclo nucleare produce CO ₂ : il problema della sua valutazione	185
5.2 – Valutazione delle emissioni complessive di CO ₂ delle diverse tecnologie energetiche	187
5.3 – Analisi delle fasi del ciclo nucleare responsabili di emissioni di CO ₂	189
5.4 – Bilancio comparativo finale delle emissioni delle diverse tecnologie energetiche nell'intero ciclo di vita	192

Indice

5.5 – Il peso decisivo giocato dalla concentrazione dell'uranio nel minerale e il limite fisico per lo sfruttamento dei giacimenti poveri	194
Appendice 5.1 – Concentrazione del minerale e estraibilità dell'uranio	198

Capitolo 6 LA SICUREZZA DEGLI APPROVVIGIONAMENTI DI ENERGIA

6.1 – L'uranio di per sé garantirebbe la sicurezza energetica?	201
6.2 – Distribuzione geografica e politica dei giacimenti uraniferi nel mondo	203
6.3 – Quanto dureranno le riserve di uranio? Consentiranno l'ulteriore sviluppo del nucleare?	206
6.4 – Di nuovo il problema della ricchezza dei minerali uraniferi e dei limiti fisici del loro sfruttamento	209
6.5 – Il combustibile misto uranio-plutonio (MOX): una soluzione o una complicazione?	210

Capitolo 7 QUANTO COSTA REALMENTE IL NUCLEARE?

7.1 – Parzialità delle valutazioni ufficiali a fronte della complessità del ciclo nucleare	211
7.2 – Costi delle attività «a monte»	215
7.3 – Gli imprevedibili costi del <i>decommissioning</i> : un processo che tutti cercano di evitare	216
7.4 – <i>Decommissioning</i> delle miniere di uranio	226
7.5 – Lievitazione dei costi di costruzione degli impianti	227
7.6 – Abbassare i costi a scapito della sicurezza?	235
7.7 – Ulteriori incertezze. Il peso decisivo giocato dalla concentrazione dell'uranio nel minerale e il limite fisico per lo sfruttamento dei giacimenti poveri	236
7.8 – Programmi civili e militari	238

Parte terza SICUREZZA, EMISSIONI, INCIDENTI, EFFETTI SULLA SALUTE

Capitolo 8 RILASCI RADIOATTIVI DEL CICLO NUCLEARE	243
8.1 – L'unico rischio accettabile è quello uguale a zero	243

Indice

8.2 – L'insostenibile pesantezza della radioattività e l'inflessibile maledizione del tempo	245
8.3 – I rilasci radioattivi devono essere valutati sull'intero ciclo nucleare	247
8.4 – L'ingannevole filosofia dell'industria e degli ambienti nucleari: le soglie «accettabili»	248
8.5 – Emissioni nelle attività «a monte»: estrazione e lavorazione dell'uranio e del combustibile	250
8.6 – Emissioni nelle attività «a valle»: l'insoluto (insolubile) problema delle scorie nucleari, del combustibile esaurito e del <i>decommissioning</i> delle centrali	254
Scheda 8.1 – Trizio, carbonio-14, cripto, xeno e altri gas nobili radioattivi	257
8.7 – Emissioni nel normale funzionamento delle centrali nucleari	263

Capitolo 9 SICUREZZA E INCIDENTI

269

9.1 – L'imbroglio della sicurezza delle centrali nucleari	269
9.2 – Complessità <i>vs</i> sicurezza	271
9.3 – La sicurezza post TMI	277
9.4 – I nuovi reattori sono più sicuri?	279
9.5 – Tipologia e gravità degli incidenti	281
9.6 – Il prolungamento della vita operativa dei reattori, una scelta pericolosa che aumenta i rischi di incidenti gravi	284
9.7 – Rischi di incidenti nelle fasi iniziali e finali del ciclo nucleare	286
Appendice 9.1 – Analisi di alcuni incidenti nucleari e delle loro conseguenze	288

Capitolo 10 I RISCHI PER LA SALUTE UMANA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI (DA HIROSHIMA, A CHERNOBYL, AI CLUSTER DI LEUCEMIE INFANTILI NEI DINTORNI DELLE CENTRALI)

<i>Ernesto Burgio</i>	297
10.1 – Premessa: una situazione paradossale	297
10.2 – Un po' di storia	300
10.3 – La definizione del modello lineare senza soglia (<i>Linear no-threshold</i> , LNT)	302
10.4 – Gli studi sui sopravvissuti al bombardamento di Hiroshima e Nagasaki	307

Indice

10.5 – Gli studi sul <i>fallout</i> radioattivo	310
10.6 – Le prime critiche al modello LNT	313
10.7 – L'effetto <i>bystander</i>	317
10.8 – La prima lezione di Chernobyl	320
10.9 – La seconda lezione di Chernobyl	324
10.10 – La terza lezione di Chernobyl: l'instabilità genomica e transgenerazionale	326
10.11 – Instabilità genomica: il paradigma epigenetico	327
10.12 – I rischi nei dintorni delle centrali nucleari	332
10.13 – Conclusioni	339

Parte quarta

PROPOSTE FUTURE (O FUTURIBILI), PROBLEMI	343
------------------------------------------	-----

Capitolo 11

RITRATTAMENTO, PLUTONIO, COMBUSTIBILE MOX, CICLO CHIUSO	345
------------------------------------------------------------	-----

11.1 – Il plutonio; gli attinidi	346
11.2 – Il ripiegio del combustibile MOX	351
11.3 – I problemi del combustibile esaurito e le false potenzialità del «ciclo chiuso»	356
Appendice 11.1 – Le false potenzialità del ciclo chiuso: ritrattamento e MOX	360

Capitolo 12

I REATTORI VELOCI E I REATTORI DI 4ª GENERAZIONE	365
-----------------------------------------------------	-----

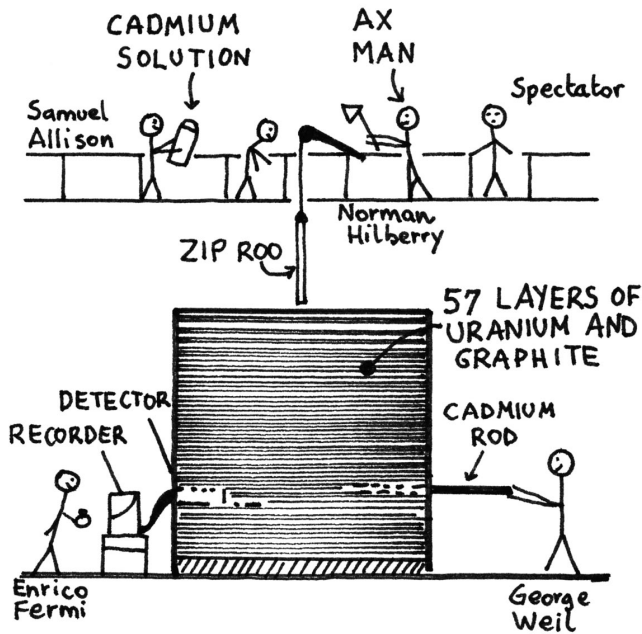
I REATTORI VELOCI	365
12.1 – Un sogno infranto, per niente americano	365
12.2 – Il mito della riproduzione (<i>breeding</i>) tra teoria e realtà	368
I REATTORI DI 4ª GENERAZIONE	371
12.3 – Reattori di 4ª generazione: prospettiva attendibile, miraggio o... bluff	371
12.4 – Progetti e cordate internazionali	372
12.5 – Le futuribili meraviglie della 4ª generazione: il mito del «nucleare sostenibile»	378
12.6 – Si ripropone il dilemma: riprocessare o non riprocessare? Nuovi rischi di proliferazione	379
Appendice 12.1	382

Indice

Parte quinta	
NUCLEARE MILITARE E... NON CONVENZIONALE	385
Capitolo 13	
ALTERNATIVE AL NUCLEARE DA FISSIONE? IL MIRAGGIO DELLA FUSIONE (CALDA), L'OSTRACISMO ALLA FUSIONE «FREDDA»... E STRANE ARMI NUOVE!	387
13.1 – Gli arsenali nucleari oggi e domani, e i rischi di guerra nucleare	387
13.2 – Materiali fissili, proliferazione e uranio depleto: qualche interrogativo	393
13.3 – Qualche considerazione sulla fusione nucleare controllata: illusioni pacifiche e implicazioni militari	396
13.4 – 1989, l'«eresia» della fusione fredda	399
Scheda 13.1 – La fusione fredda del deuterio	400
13.5 – Applicazioni di pace o di guerra? ... La seconda che hai detto!	409

SCRAM. È il repentino spegnimento di un reattore nucleare attraverso l'inserzione rapida di barre di controllo, effettuata automaticamente oppure manualmente dall'operatore.

SCRAM è l'acronimo di *Safety Control Rod Axe Man*, che letteralmente significa «l'uomo-ascia della barra di controllo di sicurezza», cioè colui che nel primo reattore nucleare degli Stati Uniti (la pila di Chicago o pila di Fermi del 1942) era addetto a inserire la barra di emergenza, sospesa a una fune che veniva recisa con un'ascia.



THE FIRST REACTOR December 2, 1942

Raymond Murray

Il disegno è opera di Raymond LeRoy Murray, fisico, allievo di Robert Oppenheimer; collaborò al progetto Manhattan nell'ambito delle ricerche sulla separazione isotopica dell'uranio.

Il disegno è stato riprodotto dal lavoro di Augusto Gandini «Dalla Chicago Pile 1, ai reattori della prossima generazione».