I Quaderni di *Energiafelice* 5

Nucleare 2016 (Fukushima +5)

Reattore cinese Tianwan 4 in costruzione.

Immagine della centrale di Fukushimna nel 2011

Fascicolo scritto da Roberto Meregalli. Pubblicato il 10 marzo 2016.
Per qualsiasi segnalazione scrivere a meregalli.roberto@gmail.com

Energia Felice, via Pichi 1 - 20143 Milano
www.energiafelice.it e-mail: info@energiafelice.it

Sono passati 5 anni dall'incidente alla centrale nucleare di Fukushima Daiichi, ma ancora non se ne vede la fine.
Il risultato ottenuto in questi anni è stato quello di tenere sotto controllo i reattori e di ammassare tonnellate di acqua e di terra contaminata, creando enormi discariche.
Guardare ogni 11 marzo a Fukushima significa prendere coscienza delle conseguenze delle nostre azioni e riflettere su quali forme di energia basare un futuro con meno paure e minori impatti sull'ambiente.
Siamo esseri umani ospitati su un pianeta che ci fa da culla ed è nostro dovere far sì che le nostre attività custodiscano l'ecosistema che ci permette di sopravvivere. Le attività che rendono la terra inospitale non sono degne di ciò che siamo e dovremmo ricordarlo più spesso.

L'industria nucleare, dopo una battuta di arresto, ha tentato un timido rilancio: 10 i reattori inaugurati nel 2015, ma a parte la Cina (che ne ha messi in piedi ben otto di questi dieci), nel resto del mondo il quadro appare poco brillante, in particolare per l'industria francese, schiacciata dai costi eccessivi del suo modello di punta: quell'EPR che per un attimo sembrò poter mettere piede anche in Italia.

Nel nostro paese il capitolo scorie non è ancora chiuso e il 2015 non ha fatto registrare alcun passo avanti, anzi forse qualche passo indietro, vista la situazione della Sogin, la società che gestisce il decomissioning nel nostro Paese.

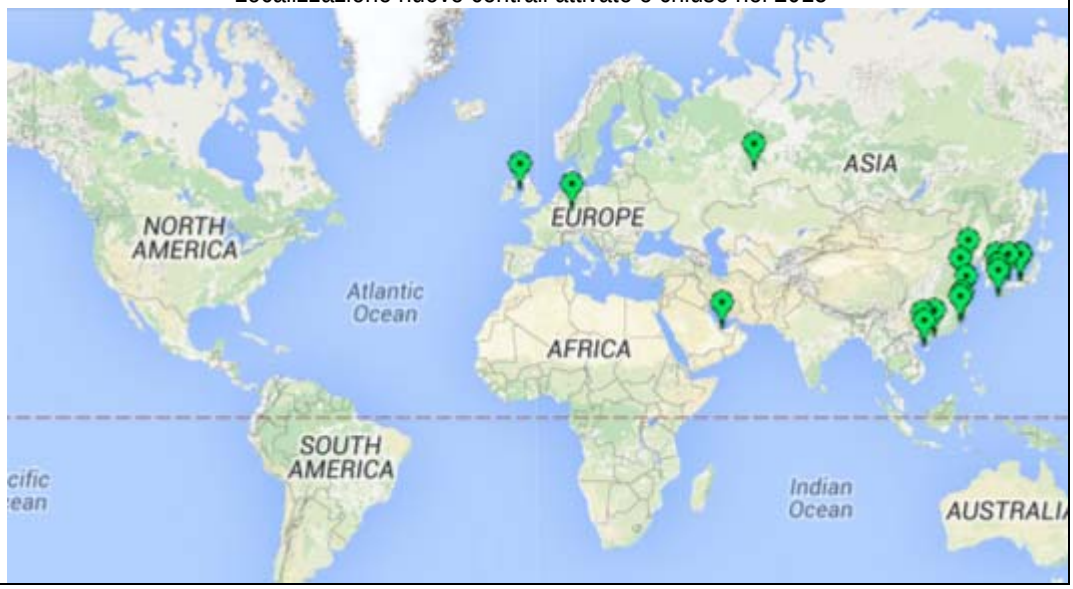
La generazione nucleare oggi

All'inizio del 2016 possiamo contare 398 reattori attivi nel mondo. Dieci sono nuovi e hanno aggiunto nel corso del 2015 in totale 9.700 MW di potenza. Si tratta di un aumento rilevante, se paragonato agli ultimi anni, sia nel 2013 che nel 2014 ad esempio, erano stati inaugurati solo quattro impianti.

398

Reattori attivi

Localizzazione nuove centrali attivate e chiuse nel 2015



E' però vero che questa crescita riguarda soprattutto una parte di mondo poiché ben otto di questi sono entrati in funzione in Cina:

> *Fangjiashan 2, Yangjiang 2, Hongyanhe 3, Ningde 3, Fuqing 2, Yangjiang 3, Fangchenggang 1 e Changjiang 1.*

Uno in Corea del Sud e uno in Russia.
Qui sotto la tabella con le date di entrata in funzione dei dieci reattori del 2015:

BELOYARSK-4	(789 MW(e), FBR, RUSSIA) on 10 December
CHANGJIANG-1	(610 MW(e), PWR, CHINA) on 7 November
FANGCHENGGANG-1	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 25 October
FANGJIASHAN-2	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 12 January
FUQING-2	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 6 August
HONGYANHE-3	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 23 March
NINGDE-3	(1018 MW(e), PWR, CHINA) on 21 March
SHIN-WOLSONG-2	(960 MW(e), PWR, KOREA,REP.OF) on 26 February
YANGJIANG-2	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 10 March
YANGJIANG-3	(1000 MW(e), PWR, CHINA) on 18 October

Fonte: http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics

Va poi considerato un aumento della Potenza totale pari a 484 MW per effetto di alcuni interventi migliorativi (+290 MW negli Stati Uniti, +175 MW in Svezia e +19 MW in Sud Corea, cui vanno detratti 19 MW di riduzione a Wolsong 3 and 4).

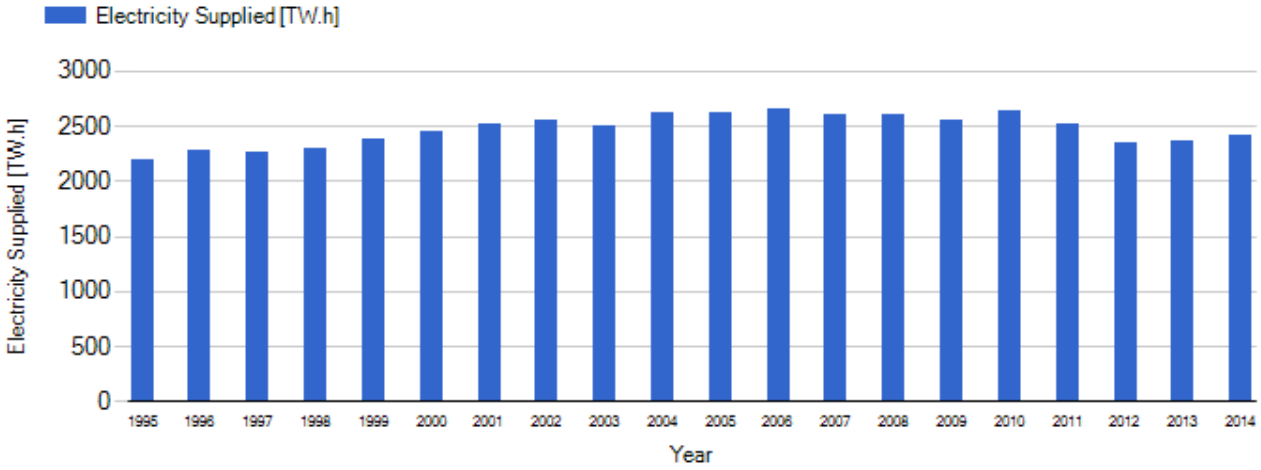
Otto invece i reattori che hanno terminato la loro carriera: cinque in Giappone, uno in Germania, uno in Svezia e uno in Gran Bretagna.

Reattori chiusi nel corso del 2015

Impianto	MW	Nazione
Grafenrheinfeld	1.345	Germania
Genkai 1	529	Giappone
Mihama 1	320	"
Mihama 2	470	"
Shimane 1	2.439	"
Tsuruga 1	341	"
Oskarshamn 2	638	Svezia
Wylfa 1	490	Gran Bretagna

Relativamente all'elettricità prodotta con l'atomo, il trend rimane costante, ossia la quantità prodotta è la stessa di dieci anni fa, il che continua a ridurre la percentuale rispetto al totale dell'elettricità prodotta (vedi grafico sottostante).

Elettricità generata nel mondo dal nucleare



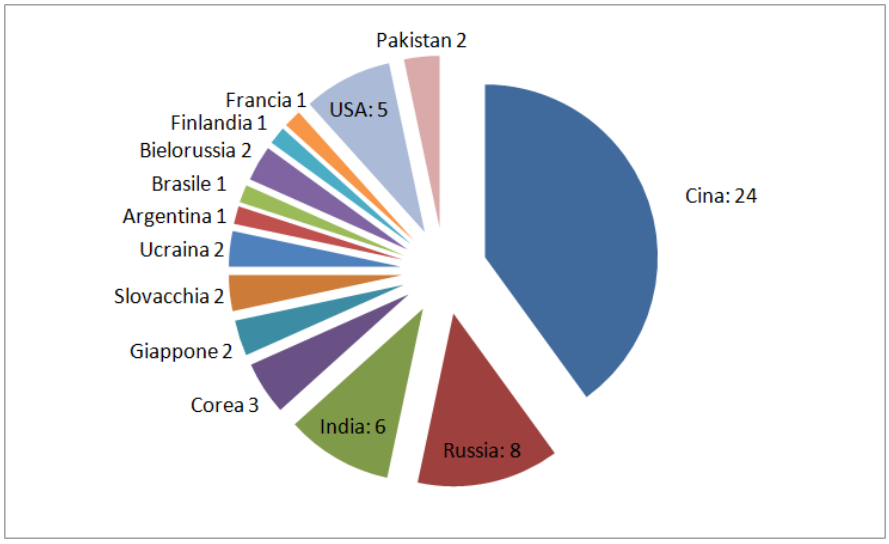
fonte: http://www.iaea.org/PRIS

Sono infine ripartiti due reattori giapponesi (Sendai 1 e 2) fermi da cinque anni, facendo così tornare il Giappone alla produzione di energia nucleare.
Nei primi due mesi del 2016 si segnala l'avvio del reattore coreano SHIN-KORI-3, un APR-1400 da 1.340 MW netti, connesso alla rete il 15 gennaio 2016. Il 26 gennaio è ripartito il reattore giapponese TAKAHAMA-3, fermo da cinque anni, si tratta del terzo reattore riavviato dopo l'incidente di Fukushima.

Quanti impianti sono in costruzione?

A gennaio 2016 ne risultavano sessantaquattro, cinque in meno di un anno prima, per un totale di 67.800 MW.

Numero di reattori in costruzione



Dati aggiornati a dicembre 2015, fonte: http://www.iaea.org/PRIS

Come ricordato anche in passato, in alcuni casi si tratta di reattori la cui costruzione si sta trascinando da molto tempo, Lungmen 1 & 2 (Taiwan) sono in cantiere da sedici anni, quello statunitense di Watt Bar 2 era stato iniziato nel lontano 1972 (più di quarant'anni fa!), sospeso negli anni '80, ripreso nel 2007. Si prevedeva l'entrata in funzione nel dicembre del 2015, con un costo finale superiore ai 4 miliardi di dollari[1], ma così non è stato e si parla del 2016 con un ritocco all'insù dei costi di ulteriori 700 milioni di dollari[2].

Altro cantiere storico è quello, trentennale, dei reattori Khmelnitski-2 e 3 in Ucraina, avviati nel lontano 1985, la consegna era prevista per il 2016/2017, ma la crisi fra Russia ed Ucraina potrebbe ritardare ancora i lavori poiché il completamento dei reattori è nelle mani della russa AtomStroyExport[3]. Anche i due reattori slovacchi di Mochovce hanno una lunga storia alle spalle, messi in cantiere nel 1987 sono ora nelle mani di Enel che spera di avviarli nel 2016/17, anche perché l'uscita dalla Slovacchia è vincolata alla consegna dei due reattori.
Nel capitolo ritardi, una nota a parte meritano i reattori della cosiddetta terza generazione avanzata, per intenderci, quelli che sarebbero potuti nascere in Italia.

Il ritardo della Terza generazione

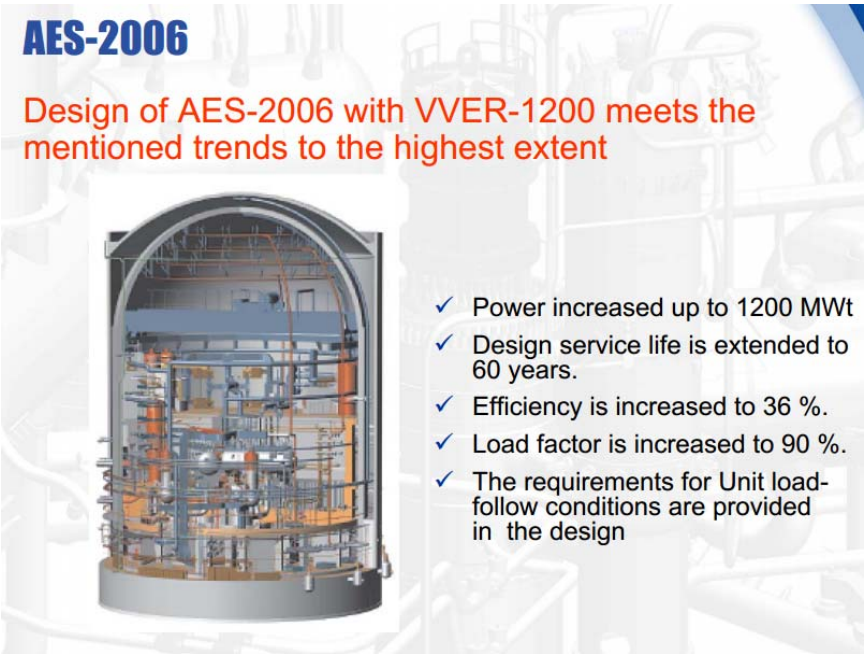
A quasi cinquant'anni dal disastro di Chernobyl (26 aprile 1986), nessun reattore di nuova generazione, la Generation III+, è entrato ancora in servizio perché i cantieri attivi continuano ad accumulare ritardi. Sono 18 le unità in costruzione, per la precisione 8 AP1000 di Westinghouse, sei AES-2006 di progettazione russa e quattro EPR francesi.
E' giusto ricordare che la caratteristica di questi impianti, secondo gli auspici dei progettisti (siamo a fine anni '90), doveva essere quella di risolvere due problemi fondamentali: l'eccessivo costo delle centrali nucleari e la loro sicurezza.
L'obiettivo era di standardizzare le costruzioni ottenendo così un contenimento dei costi per raggiungere l'obiettivo di mille dollari al kW, ossia un milione di dollari a MW.
Un reattore come l'EPR francese da 1.600 MW sarebbe quindi dovuto costare più o meno 1,6 miliardi di dollari, ma il contratto "chiavi in mano" siglato per il primo modello a

Olkiluoto (Finlandia) ammontava nel 2005 a 3 miliardi di euro. I lavori partirono con la previsione di terminarli nel 2009, ma ad oggi rimane la previsione di avvio per dicembre 2018, mentre i costi risultano saliti a 8,5 miliardi di euro. L'escalation di costi e ritardi ha dato vita ad una battaglia legale fra l'impresa elettrica TVO e le imprese costruttrici (Areva e Siemens all'epoca), la prima chiede un rimborso di 2,6 miliardi, le seconde di 3,4 miliardi di euro[4]. Il secondo EPR in costruzione a Flamanville in Francia vanta analogo aumento di costi (8,5 miliardi di euro la stima attuale) e cinque anni di ritardo sulla tabella di marcia. Gli altri due gemelli in costruzione in Cina sembrano avere una sorte migliore poiché si parla di soli due anni di ritardo ma in verità in questo caso il problema è che non si hanno dichiarazioni ufficiali né sulle date di avvio né sull'andamento dei costi.

I concorrenti nippo-americani AP1000 sono reattori di minori dimensioni (1.000 MW invece di 1.600) ma sono incorsi anch'essi in diversi problemi. I primi due hanno trovato collocazione in Cina ed i lavori sono iniziati nel 2009-10; anch'essi non sono ancora in funzione, ma per il primo si spera che entro fine 2016 si tagli il nastro inaugurale.

I due AP 1000 in costruzione a Vogte negli USA (30 luglio 2015)

I russi portano avanti il loro VVER 1200[5] (AES-2006) che rappresenta l'evoluzione della famiglia VVER che conta una svariata serie di modelli nel corso della storia.



Si tratta del modello di punta da 1.200 MW, quattro sono in costruzione in Russia e altri due in Bielorussia. Il primo avrebbe dovuto essere inaugurato nel 2013, pertanto anche in questo caso la musica non cambia. Sul fronte dei costi però non si hanno informazioni precise (neppure di preventivo) per i quattro modelli in costruzione in Russia, mentre per gli altri due fuori confine, il preventivo era pari a 6,5 miliardi di dollari, lievitati a 11,45[6].

Reattori di terza generazione in costruzione

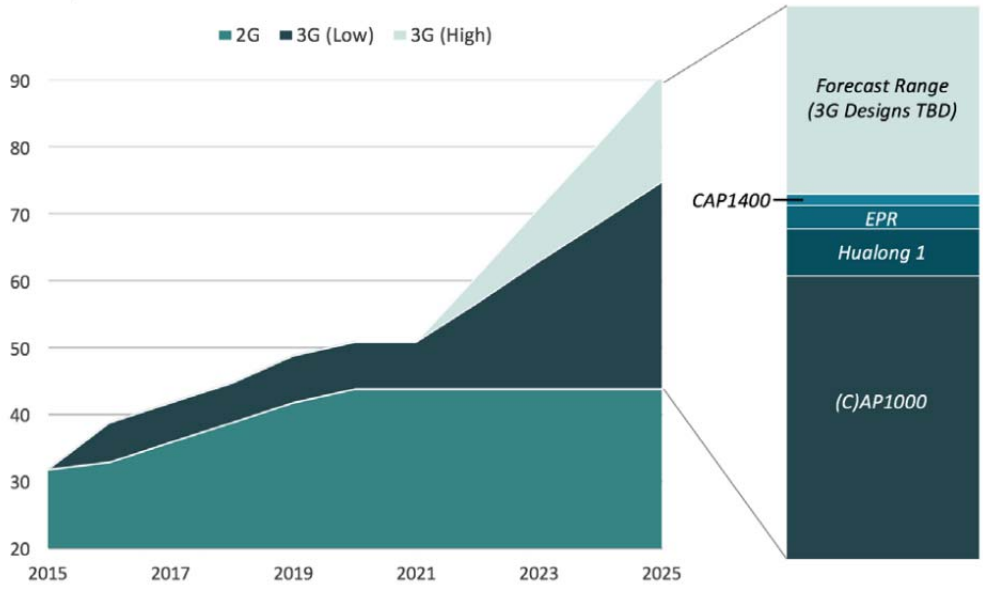
Impianto	Nazione	tecnologia	Inizio costruzione	Fine prevista originaria-mente	Ultima data prevista
Olkiluoto 3	Finlandia	EPR	2015	2009	2018
Flamanville	Francia	EPR	2007	2012	2017
Taishan 1	Cina	EPR	2009	2014	2015
Taishan 2	Cina	EPR	2010	2014	2016
Sanmen 1	Cina	AP1000	2009	2013	2016
Sanmen 2	Cina	AP1000	2009	2014	2016
Haiyang 1	Cina	AP1000	2009	2014	2016
Haiyang 2	Cina	AP1000	2010	2015	2016
Summer 2	USA	AP1000	2013	2016	2019
Summer 3	USA	AP1000	2013	2018	2010
Vogte 3	USA	AP1000	2013	2016	2019
Vogte 4	USA	AP1000	2013	2018	2020
Leningrad 1	Russia	AES-2006	2008	2013	2016
Leningrad 2	Russia	AES-2006	2010	2015	2018
Novovoronezh 2	Russia	AES-2006	2008	2013	2016
Novovoronezh 1	Russia	AES-2006	2009	2014	2018
Bielorussia 1	Bielorussia	AES-2006	2013	2018	2018
Bielorussia 2	Bielorussia	AES-2006	2014	2020	2020

Dati aggiornati al 31 dicembre 2015

L'atomo cinese

Otto su dieci dei nuovi reattori sono stati costruiti in Cina, in effetti escludendola potremo scrivere che il nucleare nel mondo viaggia ai limiti della sopravvivenza. Ma quali piani di sviluppo ha quella che viene considerata l'officina del mondo?
Sono 30 i reattori attivi per 27 GW di potenza; 24 sono quelli in costruzione per ulteriori 27 GW.

Numero di reattori previsti in Cina nei prossimi anni[7]



L'obiettivo è di avere in attività 58 GW di nucleare entro il 2021 per salire a ben 150 entro il 2030.
Grandi ambizioni quindi anche perché col nucleare la Cina tenta di ridurre il carbone con cui produce il 75% della sua elettricità, col nucleare nel 2013 ha coperto solo il 2% della sua domanda di elettricità.
Il Piano energetico al 2020 punta a 58 GW di potenza nucleare ma anche a 250 di eolico e 150 di fotovoltaico, pertanto gli investimenti sul nucleare rappresentano più una scelta volta a diversificare le fonti e ridurre l'uso del carbone, che una scelta strategica.

Nuovi accordi

Nel 2015 sono proseguiti negoziati volti a siglare nuovi contrati per nuove centrali in varie parti del mondo. Sono le poche filiere costruttrici esistenti al mondo (Russia e Cina soprattutto) a essersi mosse intensamente per piazzare i propri progetti.
La Russia nell'aprile dello scorso anno ha firmato un accordo per la costruzione della prima centrale nucleare in Turchia[8]. L'impianto sorgerà a Mersin, sulla costa mediterranea, dovrebbe essere il primo di tre centrali nucleari che la Turchia progetta di costruire per contribuire a rafforzare la sua economia e ridurre la sua dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili. Ovviamente la Russia ha venduto il suo modello di terza generazione AES-2006, provvedendo al suo finanziamento in virtù di un accordo intergovernativo firmato fra Turchia e Russia nel 2010. I lavori dovrebbero iniziare nel 2016 e terminare nel 2020.
Il presidente turco Recep Tayyip Erdoğan lo scorso anno ha approvato un ulteriore accordo sul nucleare con il Giappone per la costruzione di una seconda centrale a Sinop, sulla costa turca del Mar Nero. L'ambizione è di costruire un grande impianto, di ben 4.800 MW, attraverso un consorzio composto dalle giapponesi Mitsubishi e Itochu, e dalla francese Areva e GDF Suez, insieme alla società turca EUA (impresa statale). Areva

e Mitsubishi forniranno quattro reattori Atmea 1. La costruzione dell'impianto dovrebbe iniziare nel 2017.
Sono continuate inoltre le trattative per la costruzione di reattori made in Russia con Nigeria, Egitto, Giordania e Bangladesh.

Altrettanto attiva la Cina; lo scorso agosto la China National Nuclear Corporation (CNNC) ha iniziato i lavori in Sud Africa a Karachi, per costruire due reattori da 1.100 MW; costo stimato: 9,6 miliardi di dollari che saranno finanziati per l'82% dalla Cina stessa[9]. Va ricordato che la Cina sta già finanziando la costruzione di due piccoli reattori da 320 MW a Chashma, il primo dei quali dovrebbe essere terminato quest'anno.
Occhi puntati anche verso la Gran Bretagna che vanta una situazione non proprio brillante in quanto a parco centrali elettriche e deve provvedere a sostituire vecchi reattori prossimi alla pensione. Le due maggiori imprese cinesi, la China General Nuclear Power Corporation (CGNPC) e la China National Nuclear Corporation (CNNC) il 22 ottobre scorso hanno firmato un accordo con i francesi di EDF acquisendo il 33,5% del progetto di Hinkley Point C[10] che prevede la costruzione di due EPR al costo stimato di ben 24,5 miliardi di euro[11]. Il progetto è contestato perché prevede aiuti di stato che l'Austria ha contestato in ambito europeo. Nel settembre scorso il governo inglese aveva approvato un prestito a garanzia di 2,8 miliardi di euro.

La folle storia di un disastro

(fine della società che si autodefiniva come "global leader in nuclear energy")

All'inizio del nuovo millennio AREVA brillava nel firmamento dell'industria nucleare, simbolo della *grandeur* francese. Oggi non c'è più traccia di tanto fulgore, il suo valore azionario è crollato schiacciato da un debito crescente e lo Stato Francese per evitare il tracollo è dovuto intervenire direttamente con un'iniezione di 5 miliardi di euro.
Areva era nata dal matrimonio fra l Framatone e Cogema, la prima si occupava di costruire centrali, la seconda di provvedere all'uranio, curando tutto il suo ciclo, insieme avrebbero dovuto costituire una macchina da esportazione per la tecnologia francese in grado di non temere alcuna concorrenza. Oggi il governo francese ha chiamato al suo capezzale per rilevare l'85% dei suoi asset, EDF (Electricitè de France), l'impresa elettrica di stato francese, per 2,5 miliardi di euro.
Come mai questa ingloriosa fine per il simbolo del nucleare francese? Dov'è finito il sogno di dispiegare in patria e soprattutto fuori patria il modello di punta, il reattore di nuova generazione più grande del mondo? Ossia quell'EPR che pareva aver ammaliato anche l'ex premier Berlusconi? Che nel 2003 secondo l'allora ministro dell'industria francese sarebbe costato solo un miliardo di euro?
Proprio l'EPR si è rivelato come la peggior scelta possibile.
Areva pur di battere la concorrenza e mettere la prima pietra del nuovo gioiello (e poter quindi sperare in una buona campagna di vendite), accettò di firmare un contratto di fornitura chiavi in mano (diciamo a forfait) del valore di tre miliardi con i finlandesi della società elettrica finlandese TVO. Ma l'affare si tramutò presto in un incubo, con costi in continua crescita e ritardi senza fine, cosicché si parla oggi della fine del 2018 come data di inaugurazione, mentre i costi sono più che raddoppiati, tutti a carico della società costruttrice. Questo pessimo esempio ha condizionato le possibili successive vendite, a parte il gemello in costruzione in Francia e i due subito venduti in Cina, non ci sono più stati ordini.
Poi ci sono stati altri errori, come l'acquisto di una miniera di Uranio canadese, costata nel 2007 1,8 miliardi di euro, un prezzo giudicato fuori mercato, favorito da un giro di bustarelle, ma l'EPR, in primis il contratto per Olkiluoto, è stata la causa principale tant'è che è prevista una visita del ministro dell'economia francese in Finlandia[12] per perorare una soluzione pacifica alla causa legale in atto fra Areva e la società elettrica finlandese.
Ma se Areva piange, non ride neppure EDF, chiamata al suo capezzale. EDF contabilizza un debito di 37,4 miliardi di euro e sa di dover spendere nei prossimi anni ben 50 miliardi per aggiornare lo stagionato parco reattori francese. Non solo, anche EDF in passato si era lanciata in ambiziosi programmi espansivi per assicurarsi nuove commesse nucleari, per questo nel 2009 vennero spesi 16 miliardi per acquistare (e salvare) British Energy, la società inglese proprietaria di 15 dei 16 reattori d'oltremanica.

In cambio Londra ha concordato con Parigi il progetto di Hinkley Point che prevede la costruzione di due reattori, ovviamente due EPR made in France. Anche per EDF i due nuovi EPR si stanno però trasformando in un incubo perché per costruirli occorrono 24 miliardi di euro (altro che un miliardo per EPR!), senza contare il costo finanziario ossia di come reperire tutti questi soldi, e per EDF questo sta diventando un bel problema, tanto da far dimettere, l'8 marzo 2016, il suo direttore finanziario, propenso a rimandare di almeno tre anni il progetto.

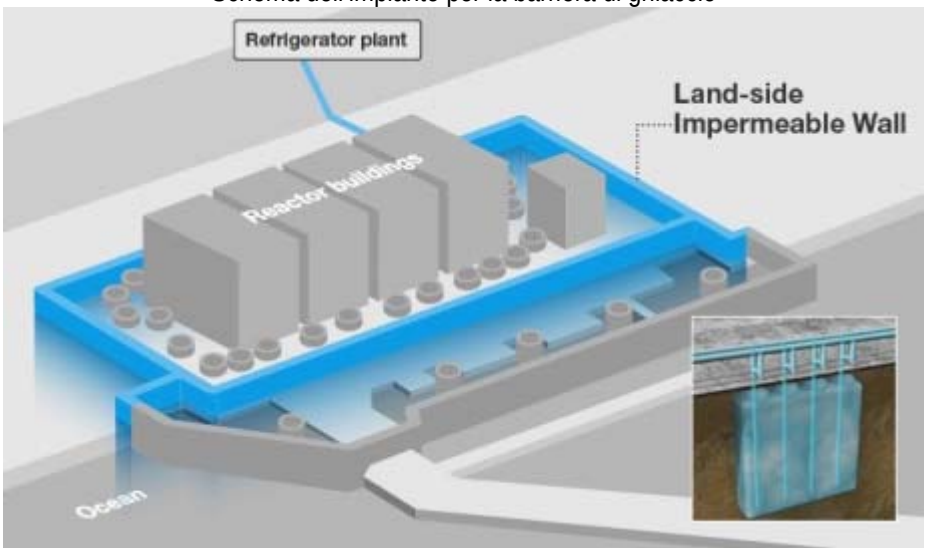
Il primo EPR in costruzione al mondo a Olkiluoto, attivazione prevista nel dicembre 2018 (foto Areva)

La situazione a Fukushima

A cinque anni dall'incidente[13], tre dei 48 i reattori giapponesi hanno ripreso a funzionare ed il governo di Shinzo Abe punta a rilanciare l'industria nucleare nazionale.
Ma qual è la situazione nella centrale di Fukushima Daiichi?
E' ancora disastrosa e le due immagini riportate in questa pagina lo testimoniano: sono sacchi contenenti materiale radioattivo e tank contenenti acqua radioattiva che continuano ad ammassarsi nei dintorni della centrale.

Disastroso è il fatto che dopo cinque anni materiale radioattivo continua a fuoriuscire dalla centrale, come ha sottolineato anche Naoto Kan che era primo ministro ai tempi del terremoto[14]. Quello che rimane del nocciolo dei reattori continua ad essere raffreddato attraverso l'impianto che inietta continuamente acqua: circa 400 tonnellate ogni giorno. Quindi ogni giorno 400 tonnellate d'acqua radioattiva vanno trattate per ridurne la concentrazione di radionuclidi, ma rimane alta la concentrazione di trizio (un isotopo dell'idrogeno) e continua ad aumentare il numero di serbatoi necessari a stoccare quest'acqua (si stimano più di un milione di tonnellate).
Trenta milioni sono invece le tonnellate di terra radioattiva sinora stoccata nei sacchi.
La questione dell'acqua fin dall'inizio ha costituito il problema maggiore perché i basamenti dei tre reattori fusi hanno perso la loro tenuta e si calcola che nell'Oceano Pacifico siano finite più di 300 mila tonnellate di acqua radioattiva determinando il maggior inquinamento della storia.
Per tentare di arginare il problema è stato studiato anche un sistema per congelare il terreno e impedire così le perdite in mare; i primi tentativi vennero fatti nell'aprile 2014, ma senza successo. Lo scorso anno sono stati fatti nuovi tentativi ma è solo nel mese di febbraio 2016 che è stato annunciato che l'installazione delle attrezzature necessarie per la formazione di un muro di terreno congelato per evitare la fuoriuscita di acque sotterranee è stato completato[15]. Ora rimane l'ok ufficiale del regolatore giapponese per iniziare le operazioni di attivazione.
Kajima Corporation, l'appaltatore principale dell'impianto, ha perforato buchi profondi 30-35 metri nel terreno, inserendo i tubi attraverso cui sarà immesso il refrigerante che congelerà il terreno circostante creando una barriera attorno agli edifici dei reattori. In totale, sono stati collocati nel terreno circa 1.550 tubi per creare un muro di ghiaccio attorno alla centrale lungo 1,5 km. Il governo giapponese ha accettato di pagare per la costruzione del muro di ghiaccio, 32 miliardi di yen (circa 260 milioni di euro).

Schema dell'impianto per la barriera di ghiaccio



In questi cinque anni la TEPCO, l'azienda proprietaria della centrale, ha lavorato incessantemente per ripulire il sito. Gli edifici dei tre reattori scoperchiati sono stati coperti da nuove strutture, è stato rimosso combustibile esaurito da uno dei reattori.
Non tutto sta andando bene, però. Il cuore dei tre reattori resta così radioattivo che nessun essere umano può entrare negli edifici e TEPCO non ha "nessuna idea di dove e di quanti residui vi siano nei tre reattori fusi"[16], sono stati utilizzati dei robot per fotografare i danni, con risultati alterni, e al momento si ipotizza di costruire robot capaci di rilevare e rimuovere l'uranio e l'acciaio fuso. TEPCO stimava quarant'anni di lavoro ma il Ministero giapponese dell'economia sostiene che per completare la pulizia del sito ci vorrà mezzo secolo.

Dopo cinque anni, circa 100.000 persone sono ancora in attesa di tornare alle loro case. L'anno scorso il governo giapponese aveva annunciato la possibilità di permettere il ritorno nelle zone in cui la dose annuale di radiazioni non avesse superato i 20 millisievert. Una cifra comunque superiore al limite raccomandato dalla Commissione internazionale per la protezione radiologica (Secondo un rapporto della National Academy of Sciences, una dose di 20 millisievert aumenta le probabilità di mortalità per cancro di un caso su 1.000, e gli abitanti avrebbero ricevuto tale dose in un anno.)
Oggi quanto annunciato è stato reso operativo ma pochi sono ritornati.
Incidenti, malattie e traumi causati dalla evacuazione hanno portato a 3.200 morti, tra cui molti suicidi, secondo il Rapporto "*World Nuclear Industry Status Report*, 2015".
Il numero di casi di cancro è fortemente discusso, del resto non è facile dimostrare correlazioni dirette, uno studio 2013 pubblicato in Energy and Environmental Science stimava circa 1.000 decessi per cancro da cesio radioattivo nel futuro; l'anno scorso, però, un programma di screening ecografico di circa 300.000 bambini che vivevano nella zona interessata ha rivelato un sorprendente aumento dei tumori alla tiroide, 30 volte maggiore rispetto alla norma.
Ma oltre agli esseri umani esiste tutto il mondo vivente che ci circonda. Greenpeace Giappone ha diffuso uno studio per evidenziare le elevate concentrazioni di radioelementi riscontrate nelle nuove foglie e l'aumento di mutazioni nella crescita degli abeti, le mutazioni ereditarie riscontrate in una tipologia di farfalle, il dna danneggiato nei vermi nelle zone altamente contaminate, la diminuzione dell'abbondanza di 57 specie di uccelli nelle aree a maggiore contaminazione.
Ma il vero problema di Fukushima è che non se ne vede la fine. Diversamente da Cernobyl, dove esplose il reattore a grafite, i tre reattori sono ancora lì, in equilibrio precario, sperando che nei prossimi dieci anni non si verifichi nessun nuovo terremoto.
Immane è quanto rimane ancora da fare per poter dire che tutto è finito. Fra montagne di sacchi pieni di terra contaminata e di bidoni d'acqua, la sensazione è di aver ipotecato troppo futuro per un po di elettricità.

---

[1] http://www.tva.com/power/nuclear/pdf/wb2_10th-q_summary.pdf
[2] http://www.timesfreepress.com/news/business/aroundregion/story/2016/feb/03/cost-watts-bar-reactor-rises-200-million-47-billion/348218/
[3] http://www.world-nuclear-news.org/NN-Contract_agreement_for_Khmelnitsky_3_and_4-1002115.html
[4] http://www.enerdata.net/enerdatauk/press-and-publication/energy-news-001/tvo-and-areva-update-claims-over-ol3-nuclear-project-delays-finland_33658.html
[5] https://aris.iaea.org/sites/..%5CPDF%5CVVER-1200%28V-491%29.pdf
[6] http://www.atomstroyexport.ru/wps/wcm/connect/ase/eng/journalists/press/9e84aa00478814e2b1d9f36578d50f5d
[7] http://www.export.gov/china/build/groups/public/@eg_cn/documents/webcontent/eg_cn_067072.pdf
[8] http://www.world-nuclear-news.org/NN-Ground-broken-for-Turkeys-first-nuclear-power-plant-1541501.html
[9] http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=36000
[10] Vedi anche http://www.martinbuber.eu/energia/documenti/nucleare%202015.pdf
[11] http://www.enerdata.net/enerdatauk/press-and-publication/energy-news-001/edf-announces-agreement-cgnpc-uk-nuclear-project_34533.html
[12] http://www.lefigaro.fr/societes/2015/11/24/20005-20151124ARTFIG00341-le-sauvetage-d-arevabute-sur-l-obstacle-finlandais.php
[13] Per maggiori informazioni sull'incidente vedi: http://www.martinbuber.eu/energia/documenti/fukushima%20anno%20dopo.pdf
[14] La Repubblica, 8 marzo 2016.
[15] http://www.world-nuclear-news.org/RS-Fukushima-Daiichi-ice-wall-equipment-in-place-1002165.html
[16] Dichiarazione di Tadahiro Katsuta, Meiji University da http://www.scientificamerican.com/article/crippled-fukushima-reactors-are-still-a-danger-5-years-after-the-accident1/