

# ... per non dimenticare!

Una volta tanto, niente premesse scherzose o aneddoti banali. Abbiamo preferito dedicare una puntata di questa rubrica a uno dei più grandi disastri della storia dell'uomo, una ferita che resterà sulla pelle della terra a ricordare che il progresso è anche fatto di lutto, errori, distruzione, che, come spesso accade, vengono poi pagati da esseri umani del tutto incolpevoli. E WWW, da par suo, riesce ancora una volta a far rivivere il dramma di una popolazione povera e forte, disperata e dignitosa, che, ancora più di ieri, forse, lotta e vive con un leviatano pronto a colpire, perché non ha alternativa. O forse non siamo stati capaci di dargliela noi...

*di Raffaello De Masi*

## Un disastro ricercato

Il 25 aprile 1986, nella sala comando del reattore RBMK 4 del Centro Nucleare Lenin V.I. di Chernobyl (Chornobyl, in ucraina), fu avviato un esperimento (ufficialmente elettrotecnico, ma secondo molti finalizzato a un procedimento indiretto di arricchimento per usi militari) che richiedeva, come condizione irrinunciabile, la riduzione di produzione di energia da parte del reattore. Certamente i tecnici sapevano che questo tipo di centrale (a barre di grafite, raffreddato ad acqua) deve funzionare sempre al massimo, e diviene rapidamente instabile a potenze più basse. Ciononostante, per esigenze legate all'esperimento stesso, l'erogazione di energia fu ridotta del 60%. Per poter procedere, inoltre, furono bypassati tutti i sistemi di protezione del reattore stesso. I particolari li leggerete nel riquadro.

Al momento dello spegnimento del secondo turbogeneratore di energia elettrica, si ebbe, esattamente alle ore 1:23 antimeridiane del 26 aprile, in corrispondenza del nocciolo, un picco istantaneo di produzione di energia, con raggiungimento, in prossimità del nucleo di comando dei sistemi di regolazione, di una

temperatura superiore ai 4.000° C. Immediatamente la "sacrestia" fuse abbandonando il suo contenuto che perforò il pavimento e sprofondò nel terreno di fondazione. Contemporaneamente, cominciarono a svilupparsi alme-



no tre focolai principali d'incendio, contro cui ben poco potevano le piccole squadre antincendio di servizio (ennesimo gravissimo errore fu quello di tentare di spegnere l'incendio con acqua, cosa che contribuì a disperdere nell'ambiente enormi quantità di vapore radioattivo). Il bilancio, nei primi secondi, fu di 31 morti; in pochi minuti furono liberate quan-

tità di radiazioni pari a trenta-quaranta volte quelle prodotte da Little Boy, la bomba sganciata su Hiroshima. Quasi subito, le sezioni che ospitavano il reattore e parte dell'edificio della centrale crollavano, e i materiali radioattivi cominciavano a disperdersi nell'ambiente. Il resto è storia, e non spetta certo a noi raccontarla.

Nei giorni successivi circa 5.000 tonnellate di materiali, incluse 4 tonnellate di cloruro di boro, 2.400 tonnellate di piombo, 1.800 tonnellate di polvere e sabbia, 600 tonnellate di dolomite, non precisate quantità di fosfato trisodico e polimeri furono sparsi dagli elicotteri sui resti della centrale per spegnere la grafite in fiamme e ridurre le perdite radioattive, ma il flusso di emissione delle sostanze doveva continuare fino al giugno inoltrato. Il luglio successivo fu iniziata la costruzione del "Sarcofago", immane corazza di calcestruzzo destinata a seppellire le rovine della centrale in un'immensa, lugubre bara. La costruzione terminò nel novembre 1986; dei "liquidatori", come vennero chiamati i tecnici, le maestranze, gli operai che contribuirono allo spegnimento e all'isolamento della centrale distrutta, nessuno è sopravvissuto.

## Webografia:

<http://polyn.net.kiae.su/polyn/manifest.html> la pagina ufficiale del Progetto Polyn, dell'Istituto di ricerca russo Kurchatov  
<http://www-bcf.usc.edu/~meshkati/chernobyl.html> la pagina del prof. Najmedin Meshkati, dell'Istituto di Ingegneria Ambientale dell'Università di Los Angeles. Pagina in cui considerazioni tecniche lasciano spazio ampio ad affetto e pietà cristiana  
[http://www.oneworld.org/index\\_oc/is-sue196/byckau.html](http://www.oneworld.org/index_oc/is-sue196/byckau.html) una pagina di denuncia sul velo di oscurità che fu ed ancora è steso sull'intero accaduto  
<http://www.mwuukr.ca/chlin.htm> e <http://www.yale.edu/rees/yui/chnobyl.html> altre eccellenti pagine, con numerosi riferimenti e collegamenti  
<http://sunsite.unc.edu/expo/soviet/exhibit/chnobyl.html> una pagina da conservare e rileggere, tratta dagli archivi dei servizi di sicurezza dell'ex URSS

## Ricordiamo chi non c'è più

Ancora oggi ci si chiede quanti siano stati, effettivamente, i morti, anche solo diretti (il periodo di vita media degli isotopi espulsi dalla centrale è di 65 anni). Nessuno lo sa con precisione. Nel 1986 la CCCP attraversava un delicatissimo momento politico e sociale e il disastro di Chernobyl diede una terribile spallata al sistema, evidenziando la debolezza delle risorse della seconda potenza mondiale e dimostrando, per l'ultima volta, un'incredibile politica di mascheramento della verità. Oggi, il "Sarcofago", che appoggia sulle fondazioni della vecchia centrale, certo non progettate per sopportare tale peso, sta lentamente cedendo e mostrando inquietanti lesioni. E la percentuale di bimbi leucemici o ammalati di cancro alla tiroide è dodici volte superiore a quello del mondo.

L'impegno di spegnere o di bonifica-

## La tecnologia del reattore numero quattro

Il reattore nucleare delle quattro centrali di Chernobyl fa parte di una famiglia di impianti, progettati e realizzati in Russia, che non hanno corrispondenti in altra parte del mondo (tutti gli impianti presenti in Ucraina, e tutti quelli sovietici sono di questo tipo). Si tratta di reattori ad acqua semplice pressurizzata, con canali singoli di alimentazione e con barre di grafite come limitatore di potenza. Questi reattori possono essere usati sia per produzione di energia sia per arricchimento di plutonio. Il tipo di moderatore utilizzato impone le caratteristiche per cui l'impianto è stabile solo se utilizzato alla massima potenza.

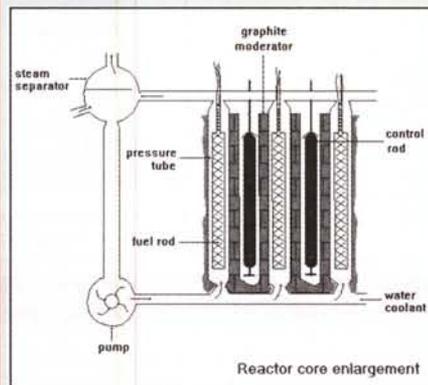
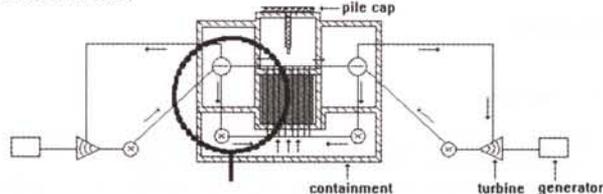
Il "carburante" nucleare è rappresentato da pallini di uranio arricchito, coperto di una corazza di lega di zirconio che ne impedisce l'attacco dagli agenti esterni. I pallini vengono versati in tubi, anch'essi di zirconio, della lunghezza di 3,65 metri che sono poi assemblati in anelli di 18 elementi. Gruppi di due elementi vengono sistemati su un carrello e rappresentano l'unità di "carburante" che può essere spinta ed estratta direttamente dal reattore, consentendo il rifornimento senza spegnere l'impianto.

All'interno del reattore ogni elemento è inserito in un tubo a pressione, raffreddato da acqua pressurizzata. Una serie di barre di grafite circondano e separano gli elementi, funzionando come moderatori e rallentando o accelerando il flusso dei neutroni attraverso un maggiore o minore inserimento. Il raffreddamento tra i blocchi è affidato a elio, azoto o mescolanze di essi.

Elementi di carburo di boro possono essere inseriti dal fondo dei tubi e permettono di regolare la produzione di potenza del nocciolo. Esistono alcuni sistemi automatici di sicurezza che regolano la posizione relativa delle barre di grafite e di quelle di boro, e, in caso di modifica non controllabile dei parametri di produzione, le barre possono essere immediatamente inserite nel nocciolo per rallentare o interrompere l'attività del reattore. Il calore prodotto è smaltito da acqua circolante ad elevata pressione (>25 kg/cm<sup>2</sup>) per una percentuale prossima al 95% (il resto viene eliminato dai gas già indicati) ed esiste un sistema di raffreddamento gemello operativo immediatamente in caso di guasto del primo. L'energia elettrica è prodotta da turbine alimentate dal vapore di raffreddamento; questo viene poi condensato e restituito al circuito

di raffreddamento. Il nocciolo è protetto in un bunker di cemento che funge anche da corazza contro le radiazioni. Le batterie di barre sono anch'esse separate da calcestruzzo, mentre il "tappo" superiore è di acciaio nitruato.

The RBMK reactor



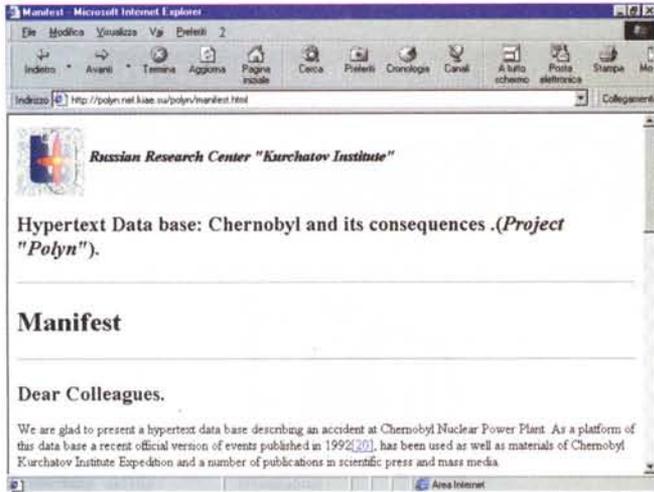
## From Chernobyl, with love...

Sarebbe stato strano se non avessi inserito, in un mio articolo, una nota personale. Ed infatti eccola; proprio da Chernobyl è arrivata, qualche anno dopo, a casa mia una bimba, Anna (Anja in ucraino), che oggi parla fluentemente il dialetto napoletano con accento sovietico, adora la pizza "c'a' pummarola 'ncoppa", è grande amica di Silvia, la figlia di Andrea de Prisco, e frequenta la scuola media. La sua storia è la sola cosa interessante nella mia pagina Web.

*Anna Bondarchuk, che oggi vive con me; un'altra bimba, Julia, sua compagna di scuola e mia ospite dal 1994, è morta nel novembre di due anni fa, dopo aver lottato per tre anni contro la leucemia.*



re le altre tre centrali prima del 2000 è stato completamente dimenticato, e la centrale termica che avrebbe dovuto sostituirle non è stata neppure progettata. Oggi il generatore 1 funziona in maniera intermittente, per problemi ricorrenti all'impianto di raffreddamento, il 2, chiuso nel 1991 a causa di un incendio nella sala turbine, è abbandonato a se stesso (ci sono solo due guardiani), il reattore 3, fermato nel 1996, è stato riaperto nel 1998. Poco prima di Natale una centrale della stessa famiglia (RBMK 3), in funzione presso Rovno, al confine con la Bielorussia, ha accusato una perdita di acqua



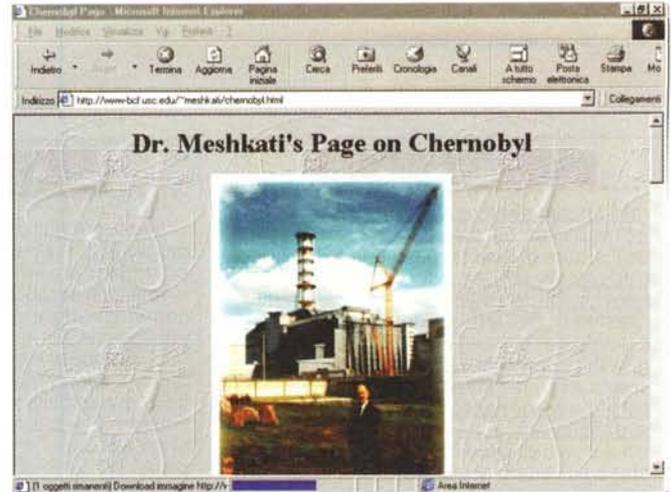
La pagina ufficiale del Progetto Polyn (nome russo di Chernobyl), dedicato allo studio delle conseguenze del disastro. Ottima fonte di informazioni per chi fosse interessato al problema.

**La distribuzione dei reattori nucleari nel mondo, in base al tipo:**

Tipo	Numero	Potenza totale in MWe
BWR	93	75519
GCR	35	10894
RBMK	16	14275
PHWR	32	17851
PWR	250	219391
altri	10	2861

- Legenda:**
- PWR reattore ad acqua pressurizzata
  - BWR reattore ad acqua bollente
  - PHWR reattore ad acqua pesante pressurizzata
  - GRC reattore a raffreddamento a gas
  - RBMK reattore a grafite ad acqua leggera.

Le centrali atomiche in Ucraina sono distribuite nelle città di Chernobyl, Zaporozhe, Khmelnitsky e Rovno. La produzione totale è di circa 12800 MWe.



Il prof. Najmedim Meshkati davanti all'edificio del reattore 1 della centrale, ancora in funzione.



Un sito molto interessante per i numerosi link e per la notevole messe di notizie e bibliografica presente.

**Il disastro, minuto per minuto**

Una lunga serie di ipotesi sono state fatte circa le possibili cause di quanto è accaduto. Il fatto che nel 1986 vigesse ancora un clima di estrema segretezza circa l'impiantistica delle centrali atomiche russe (l'annuncio dell'esplosione fu dato solo due giorni dopo, quando l'evidenza dimostrata dalle misurazioni di diverse stazioni di controllo, prima scandinave, poi progressivamente europee e mondiali, dimostrarono l'evidenza di un fatto che non poteva essere più nascosto), la distruzione del reattore e le successive opere di costruzione del "sarcophago" hanno mascherato molte prove che avrebbero potuto condurre all'accertamento di come si svolsero i fatti.

Riportiamo, di seguito, la cronistoria di cosa pare è effettivamente successo in quei terribili giorni e di quale fu la probabile combinazione di fatalità, errore umano e inadeguatezza degli impianti che rese quel che poi accadde inevitabile.

**Premessa**

Il disastro all'unità 4 Chernobyl (nome in codice ILYA 441/BP) avvenuto alle ore 01:23:35 del 26 aprile 1986 è il risultato di una serie di operazioni legate ufficialmente a un test destinato a collaudare il margine di sicurezza del reattore in presenza di un cumulo di circostanze. Il test, che fu svolto effettuando una riduzione di potenza del generatore, doveva precedere un'operazione di spegnimento periodica del reattore per manutenzione straordinaria.

In particolare il test doveva simulare una situazione di malfunzionamento delle unità di alimentazione dell'impianto di refrigerazione del nocciolo. In pratica, una centrale atomica produce elettricità, ma anche ne consuma; in altri termini la centrale alimenta se stessa e i suoi servizi, come l'illuminazione, e, cosa che ci interessa più da vicino, le pompe

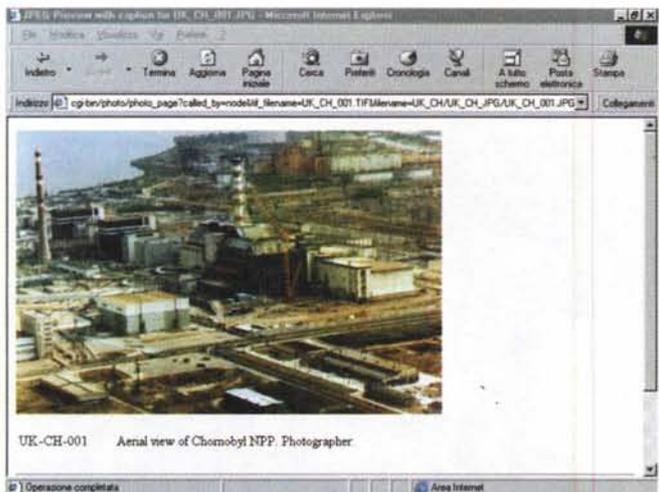
destinate a far circolare l'acqua di raffreddamento del nocciolo. Queste pompe vengono alimentate direttamente dalla rete, ma, in caso di mancanza di alimentazione, esiste un generatore diesel destinato a entrare in funzione e a fornire l'energia elettrica necessaria. Esiste, ovviamente, un tempo di ritardo tra la caduta dell'alimentazione e la partenza dell'alimentazione ausiliaria; ufficialmente il test doveva dimostrare che il liquido circolante nell'impianto di raffreddamento poteva fornire al reattore un margine di sicurezza adeguato fino all'entrata in funzione dei generatori.

**25 aprile**, il preludio: ore 01:06. Inizio della procedura di riduzione di produzione di energia. Circa tre ore dopo la potenza era stata stabilizzata a 1600 MW. A questo punto si provvede a mettere fuori servizio il sistema di raffreddamento ausiliario, che altrimenti sarebbe intervenuto automaticamente.

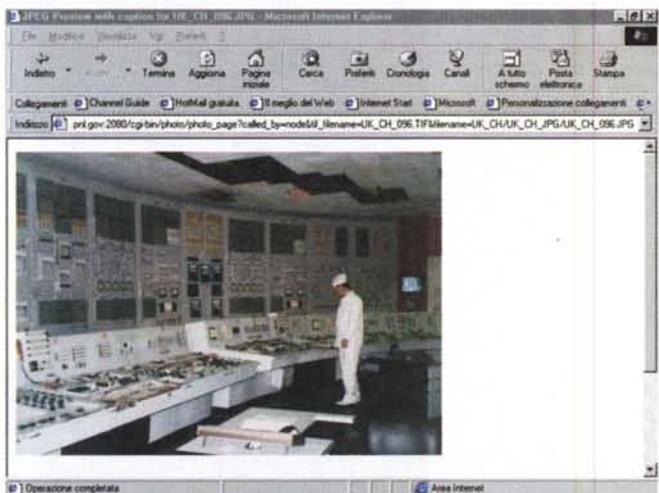
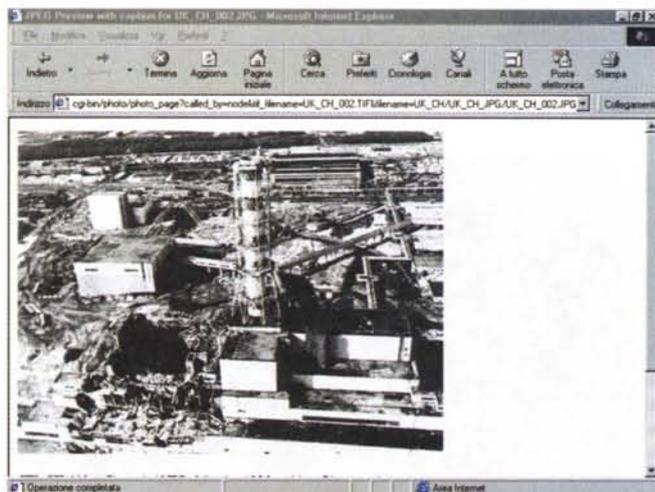
Ore 14:00; inizia la seconda fase del test, che prevede la riduzione della potenza a 1000 MW. Il test viene immediatamente sospeso su ordine proveniente da Kiev, che informa che non è possibile privare la rete del contributo fornito dal reattore 4, data la grande domanda di energia in quest'ora di punta.

Ore 23:00; ricevuto il via libera da Kiev si procede alla continuazione del test. A mezzanotte la potenza è scesa a 720 W e continua ad essere ridotta gradualmente (si scoprirà successivamente che il limite minimo sopportabile da un reattore RBMK è 700 MW).

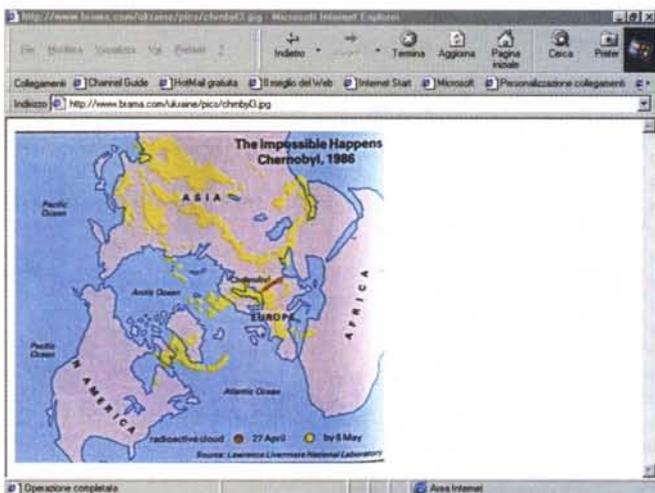
**26 aprile**, preparazione del test: alle ore 00:28 la potenza è stata portata a 500 MW. Viene riavviato il sistema di controllo automatico della temperatura, prima disconnesso. Non si conosce, e forse non lo si saprà mai, se l'operatore abbia sbagliato nella sequenza di riattivazione o ci sia stato un errore nel sistema di risposta del segnale. Come conse-



Alcune foto della zona, poco dopo il disastro e a tredici anni di distanza. Come si può notare, non è stato fatto molto.



La sala di controllo del reattore 1, identica a quella della notte del disastro.



La distribuzione del fall-out in Europa, dopo l'esplosione.

guenza si ebbe un'improvvisa caduta di potenza che raggiunse, in un paio di minuti, i 30 MW.

Ore 00:32 (presunte). L'operatore, resosi conto di quanto stava accadendo, tenta di far risalire il livello di potenza estraendo un certo numero di barre di controllo dal reattore.

Ore 01:00; la potenza risale a 200 MW, tre minuti dopo viene accesa una pompa addizionale in ausilio al circuito sinistro di raffreddamento. Quattro minuti dopo viene accesa la pompa destra. Ambedue le procedure fanno parte del test. L'inserimento delle pompe addizionali riporta la temperatura a livelli accettabili ma riduce il livello dell'acqua nel sistema di separazione liquido-vapore.

Ore 01:15; i sistemi di controllo del separatore di vapore vengono disattivati (ufficialmente per eseguire un test di affidabilità, ma pare per avviare, invece, la procedura di arricchimento di cui si è già detto). Tre minuti dopo l'operatore aumenta la portata della pompa per bilanciare l'aumento di temperatura dell'impianto di raffreddamento. Poiché la procedura non sortiva alcun effetto, un certo numero di barre di controllo vengono estratte nel sistema, nel tentativo di aumentare la produzione di potenza.

Ore 01:22; il sistema appare sufficientemente stabilizzato, tanto da permettere la riduzione della portata delle pompe. Per motivi non ancora chiariti, però, questa procedura porta a produzione spontanea di vapore in corrispondenza del nocciolo. Le indicazioni ricevute dall'operatore, sebbene anormali, vengono ritenute soddisfacenti per la continuazione del test e compatibili con la stabilità del sistema.

### Il disastro

Ore 01:23:04. Le valvole di alimentazione delle turbine vengono chiuse per permettere che si fermino. Contemporaneamente altre sei barre di controllo vengono estratte dal nocciolo per evitare che la ridotta produzione di energia, assieme allo spegnimento delle turbine, porti a un

ulteriore incremento delle temperature (sebbene mai confermato, pare che questo sia stato il momento dell'inizio della procedura di arricchimento). Venti secondi dopo la produzione di vapore si fa tanto violenta da richiedere la riaccensione delle turbine e l'inserimento di una nuova pompa ausiliaria.

Ore 01:23:35. La produzione di vapore diviene incontrollabile. Ore 01:23:40. L'operatore inserisce il sistema automatico di sicurezza. Le barre di controllo iniziano a entrare nel nocciolo. Purtroppo si decide di far intervenire solo quelle superiori. La reazione diviene incontrollabile nella parte inferiore del nocciolo.

Ore 01:23:44. La produzione di potenza del reattore produce un picco dieci volte più elevato di qualunque ipotesi di progetto.

Ore 01:22:45. Uno dei tubi di zirconio cede, liberando i pallini incandescenti di combustibile che reagiscono con l'acqua producendo un picco di pressione che frantuma gli altri contenitori. Quattro secondi dopo pressoché tutto il combustibile è ammassato alla base della sacrestia, al di fuori di qualunque controllo.

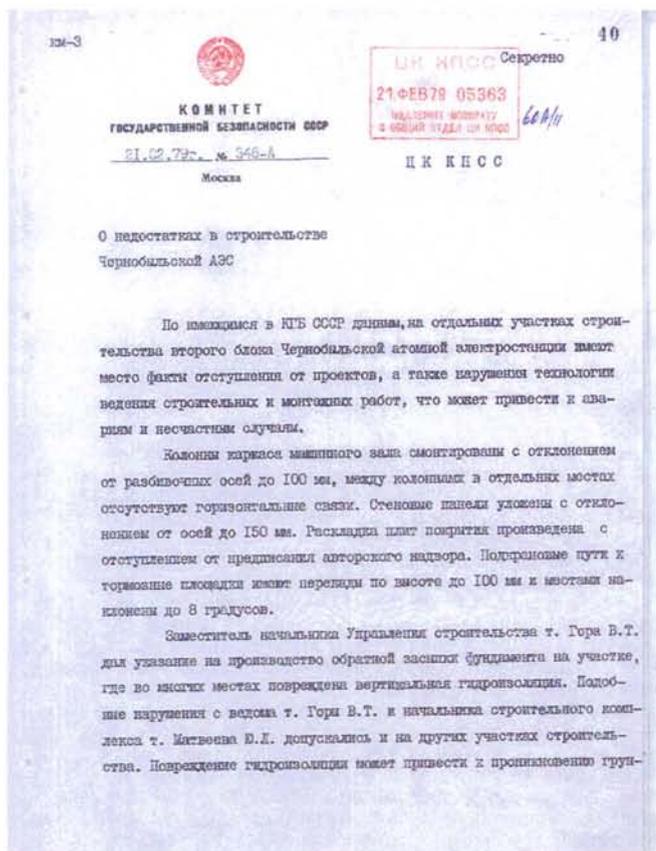
Ore 01:24:01. Esattamente un minuto dopo la chiusura delle turbine si verificano tre esplosioni. La prima è dovuta all'incontrollabile pressione del vapore; sotto l'alta temperatura si produce gas d'acqua (l'acqua si scinde nei suoi componenti) che, a contatto con l'esterno esplose di nuovo. Le due esplosioni sventrano il tetto e permettono l'entrata dell'aria. Nel frattempo le barre di grafite vaporizzano producendo ossido di carbonio che brucia e trasmette l'incendio a tutto l'edificio.

8 delle 140 tonnellate di combustibile, in quel momento presenti nella sacrestia, contenenti plutonio e altri materiali radioattivi prodotti durante l'esercizio, vengono espulsi in forma di polveri, assieme a grande quantità di grafite, anch'essa radioattiva. L'intervento dei vigili del fuoco, che tentano di spegnere l'incendio con getti d'acqua, non fa che aggravare potentemente la situazione, funzionando, il vapore prodotto, come ottimo veicolo per la dispersione del fall-out. Il resto è cronaca.



Quando, due anni fa, sono andato a visitare la zona del disastro, Borja Walstonov, della facoltà di Fisica dell'università di Kiev, mi raccomandò di non avvicinarmi a più di cinquecento metri e di non calpestare erba e terreno, restando sempre sul nastro asfaltato. I contadini della zona mangiano e vendono prodotti coltivati in quel terreno, e bevono e fanno bere agli animali acqua prelevata dai pozzi.

Il certificato di verifica e collaudo, datato 1979, in cui veniva attestata l'assoluta sicurezza della centrale.



di raffreddamento radioattiva, con poco di temperatura che ha superato del 10% il limite di collaudo del sistema. La notizia non è mai stata né diffusa né confermata. Oggi l'Ucraina dispone

solo del 42% delle risorse necessarie di energia elettrica. Se si spegnessero i tre reattori superstiti di Chernobyl la disponibilità si ridurrebbe al 38%. Il governo ucraino ha chiesto alla comunità



Chernobyl oggi; gli edifici in primo piano, nonostante tutti i divieti, sono di nuovo abitati. Oggi vivono qui circa 12.000 abitanti.



Una bella giornata a Polyn. Ma il "sarcofago" è lì, a ricordare.



internazionale la fornitura, a prezzo simbolico, di energia elettrica a fronte della chiusura e smantellamento dei tre reattori superstiti di Chernobyl. Nessuno ha dato risposta.



Cogli l'attimo e invialo all'istante.



QuickCam™ Home

QuickCam™ VC

QuickCam™ Pro

Con la nuova gamma di videocamere **Logitech® QuickCam™** per PC, puoi istantaneamente catturare e inviare video e-mail da Milano a tuo fratello che sta a Miami oppure stabilire una connessione video "live" con colleghi di lavoro in altre sedi o anche con amici in viaggio.

- O semplicemente spedire ai tuoi cari singole immagini. Provala subito: è divertente, è sorprendente, è semplicissimo, è economico.

Le videocamere Logitech QuickCam si collegano alla porta USB o alla porta parallela. Immagini fisse o video in movimento sono acquisite a colori con un'ottima risoluzione, direttamente dal PC e se vuoi anche ritoccate elettronicamente. Tutte compatibili Windows® 95, Windows® 98, Mac OS e con un prezzo che ti sorprenderà. Cattura ciò che desideri e fallo vedere a chi vuoi. [www.logitech.com](http://www.logitech.com)



It's what you touch.™

Logitech Italia, Tel. 039 - 6057661, Fax: 039 - 6056575