ALESSANDRO SOPRANO
Professore Ordinario di Costruzione di Macchine
nella II Università di Napoli

CORTE DI APPELLO DI ROMA

III SEZ. CIV. - C.I. DOTT. MARTINELLI

R.G. 6944/10

Appellante:

INA-ASSITALIA S.p.A. - FONDIARIA SAI S.p.A. - ALLIANZ S.p.A.

Appellate:

Italgasbeton S.p.A.

B.N.L. S.p.A.

= = = = = =

OSSERVAZIONI TECNICHE REDATTE DAL PROF. ING. ALESSANDRO SOPRANO NELLO INTERESSE DI INA-ASSITALIA S.p.A., FONDIARIA SAI S.p.A. - ALLIANZ S.p.A. E PRESENTATE ALL'ATTENZIONE DEL CTU DESIGNATO, PROF. ING. ANDREA RICCIARDI

= = = = = =

1) - Premesse

Com'è noto, lo stabilimento della Italgasbeton S.p.A., sito in Anagni (FR) alla via Osteria della Fontana, n. 75, è stato interessato in data 18 luglio 2007 da un violento ed improvviso sinistro, nel corso del quale non solo parte dell'opificio e delle attrezzature ivi esistenti hanno riportato ingenti danni, ma anche un operaio ha perso la vita.

A seguito di tale evento, la Procura della Repubblica di Frosinone ha nominato quale proprio C.T.U. l'ing. Piergiacomo Cancelliere, al quale ha conferito l'incarico di determinare le cause del sinistro e di accertare se nel determinismo delle stesse fossero da rilevarsi elementi dolosi o colposi, anche di natura omissiva, di penale responsabilità di qualcuno.

L'ing. Cancelliere, come riprenderemo più in dettaglio nelle pagine seguenti,

piazza Eritrea, n.3 – 80122 Napoli – Tel./fax: 081-5753999
e-mail: sacha.soprano@gmail.com

ha elaborato in data 3 gennaio 2008 la propria relazione, nella quale, rispondendo ai quesiti postigli, ha concluso con l'attribuire "***al di là di ogni ragionevole dubbio***" la responsabilità del sinistro "***ad un errore nella progettazione e realizzazione del particolare meccanico di sicurezza della ganascia cerchiante del sistema di chiusura dell'autoclave n. 5***".

Va altresì ricordato che la stessa Italgasbeton S.p.A. aveva stipulato con INA-ASSITALIA S.p.A. (già ASSITALIA S.p.A.), in coassicurazione con Fondiaria S.p.A. e RAS S.p.A. una polizza a copertura dei rischi industriali da incendio e garanzie collaterali, emessa dall'Agenzia Generale ASSITALIA di Frascati n. 151/00435557; conseguentemente, una volta verificatosi il sinistro, l'Assicurata si è rivolta all'Assicuratrice ritenendo di aver diritto all'indennizzo dei danni patiti.

Tuttavia, il Collegio Peritale, riunito secondo quanto stabilito dalle Condizioni Generali di Assicurazione - e costituito dal p.i. Giuseppe Mauro per l'Assicuratrice, dal geom. Adriano Natalini per l'Assicurata e dal dott. Mario Viscione, nella qualità di Terzo Perito - in data 14 luglio 2008 ha completato il mandato conferitogli, con la completa condivisione delle conclusioni raggiunte dall'ing. Cancelliere ("***viene ribadito che il Collegio conviene a pieno con le modalità di indagine e le risultanze dello stesso CTU***", pag. 10 del Processo Verbale Conclusivo di Perizia) e con la stima dei danni subiti dalla Società Assicurata.

Tuttavia, nel medesimo verbale (pag. 17), il Perito dell'Assicuratrice "*sulla scorta delle risultanze a cui è pervenuto il Consulente Tecnico d'Ufficio, ing. Piergiacomo Cancelliere, solleva ogni e più ampia riserva a favore della propria Mandante, in ordine all'indennizzabilità del sinistro, in quanto* ***l'evento non è riconducibile ad alcuna delle garanzie prestate dalla polizza ed, in particolare, non è configurabile quale 'scoppio' come contrattualmente definito***".

Va da sé che nello stesso Processo Verbale, il Perito dell'Assicurata ha contestato le eccezioni sollevate dal perito della Società Assicuratrice, in quanto a suo parere l'evento, per le modalità che lo hanno caratterizzato, era stato perfettamente aderente alle definizioni contrattuali.

A seguito di tale conclusione, mentre all'Assicurata, che insisteva nell'ottenere l'indennizzo a suo dire maturatosi, si aggiungeva anche la BNL S.p.A., che per l'avvenuta concessione di due finanziamenti industriali - a fronte dei quali era stata accesa garanzia ipotecaria su beni della Italgasbeton - godeva di un'appendice di vincolo inserita nel contratto assicurativo, l'Ina-Assitalia, Fondiaria Sai ed Allianz si sono rivolte Tribunale di Roma per ottenerne l'accertamento che il sinistro occorso non rientrasse tra quelli garantiti con la polizza in questione.

Il Giudizio si è svolto in presenza di vari tentativi dell'Assicurata tesi ad ottenere provvedimenti cautelari od anticipatori di condanna, nonchè con vari interventi di BNL S.p.A.; in ogni caso, il Tribunale ha infine emesso la propria decisione, con la quale ha rigettato sia la richiesta dell'Attrice di ottenere l'esclusione dell'indennizzo, sia quella frapposta da BNL S.p.A. a far valere la clausola di vincolo.

In definitiva, il Tribunale ha emesso la decisione sul presupposto – certamente ed assolutamente non condivisibile - che la garanzia "scoppio" non rifletta danni dovuti ad un "eccesso di pressione", ma ad un qualsiasi evento collegato al cedimento di un contenitore.

Da qui l'azione delle Assicuratrici, che si sono rivolte alla Corte di Appello per ottenere la riforma del giudizio di Primo Grado; non sta a noi, evidentemente, trattare degli aspetti giuridici della vicenda e pertanto ci soffermeremo esclusivamente su quelli tecnici, che tratteremo nelle pagine seguenti.

Va ricordato a tal proposito che la Corte ha ritenuto di disporre una Consulenza Tecnica, che ha affidato al prof. ing. Andrea Ricciardi, al quale ha rivolto i seguenti quesiti:

"*Dica il c.t.u., esaminati gli atti del presente giudizio e del giudizio penale e, se occorra, svolti tutti gli accertamenti che riterrà del caso:*

- se l'autoclave n. 5 per cui è processo ebbe a scoppiare - nell'accezione di repentino dirompersi di contenitori per eccesso di pressione interna - e, in caso affermativo, per quali cause;

- se la pressione interna abbia superato il limite previsto (pressione di esercizio), che il c.t.u. vorrà descrivere e illustrare, per il macchinario per cui è processo;

- quale pressione interna era necessaria e sufficiente per provocare lo scoppio dell'autoclave e se la detta pressione era superiore, e in che termini, assoluti e percentuali, rispetto alla pressione di esercizio;

- quale intervallo di tempo trascorse tra l'aumento di pressione interna e l'ipotizzato scoppio;

- se tale intervallo di tempo poteva essere rilevato e registrato con precisione dal sistema computerizzato di controllo della cottura del calcestruzzo all'interno dell'autoclave;

- se l'acciaio della flangia di sicurezza dell'autoclave aveva spessore e composizione chimica idonei agli sforzi da sopportare e/o fossero presenti vizi strutturali;

- quantifichi il danno subito da Italgasbeton."

Ai predetti quesiti, disposti con ordinanza del 5 marzo 2013, la Corte d'Appello di Roma aggiungeva poi - all'udienza del 3 maggio 2013 - l'ulteriore seguente quesito: "*Dica il CTU se la ITALGASBETON usando la normale diligenza avrebbe potuto rilevare che l'acciaio delle flange di sicurezza dell'autoclave 5 aveva spessore e composizione chimica inidonei agli sforzi da sopportare*".

Per i motivi di cui sopra, nella veste di C.T.P. di Ina-Assitalia S.p.A., Fondiaria SAI S.p.A. ed Allianz S.p.A. procediamo nelle pagine che seguono a trattare dettagliatamente tutti i quesiti proposti, al fine di lumeggiare come le pretese dell'Assicurata (ed, a maggior ragione, di B.N.L. S.p.A.) siano assolutamente non condivisibili e come nessun indennizzo, in definitiva, sia dovuto dalle Compagnie Assicuratrici; ciò in base alle caratteristiche del contratto assicurativo, ma ancor più in base alla meccanica e più in generale alla fisica delle apparecchiature coinvolte e dei processi sviluppatisi.

2) – Caratteristiche del ciclo di lavoro

Riteniamo preliminarmente opportuno ricordare brevemente quali fossero le caratteristiche del ciclo produttivo e quali le condizioni dell'impianto al momento del sinistro; ciò per non costringere il lettore a tornare continuamente su documentazioni già acquisite.

Segnaliamo pure che quanto segue è fondato sostanzialmente sulla relazione dell'ing. Cancelliere, sul processo verbale del Collegio Peritale assicurativo, nonché in ultimo sui fogli informativi prodotti dall'ing. Ceccarelli, in rappresentanza dell'Assicurata, nel corso della presente CTU.

Secondo quanto è emerso, la Società Assicurata svolge la propria attività nel campo della produzione di calcestruzzo cellulare, seguendo un complesso quanto delicato processo che utilizza quali materie prime sabbia, ossido di calcio, cemento ed acqua, oltre a vari additivi; tutti tali materiali vengono miscelati fino ad ottenere un pane costituito da 2.695 kg di solidi in polvere e da 1.460 kg di acqua; da notare che di questi solo 175 kg partecipano a reazioni chimiche, mentre il rimanente, quindi 1.285 kg, restano in fase liquida per tutto il ciclo produttivo, venendo eliminati solo al termine.

Il semilavorato così ottenuto viene sagomato e tagliato, per poi essere introdotto in un'autoclave dove, nel tempo di circa 5,50 h, avviene il processo di mineralizzazione; la carica di un'autoclave a quanto sembra è costituita da 15 pani, montati su n. 5 carrelli: conseguentemente, alla stessa partecipano 45.050 kg di prodotto e 19.275 kg di acqua.

Il processo di mineralizzazione costituisce la fase più delicata del ciclo produttivo, prevedendo (vedi foglio illustrativo Italgasbeton del 29.05.13):

a) una fase di riscaldamento, sino alla temperatura di 186°C, con un gradiente controllato che nella fase finale vale circa 0,9 °C/min, per una durata complessiva di circa 100-120 min; in tale periodo viene anche incrementata la pressione interna, che viene a stabilizzarsi ad un valore non superiore a 12,5 bar:

b) la vera e propria fase di processo, nella quale le condizioni raggiunte

vengono mantenute, in presenza di vapor acqueo saturo, per circa 5,50 h;

c) la fase di raffreddamento, che dura ancora circa 100 min e nella quale il gradiente termico in discesa viene controllato e gestito attentamente.

Una volta estratto dall'autoclave, il prodotto è pronto per l'imballaggio e la commercializzazione.

Tutto il processo di maturazione (cioè mineralizzazione all'interno delle autoclavi) viene opportunamente controllato, limitando pressione e temperatura ai valori di 12,5 bar e 186,0 °C rispettivamente; ciò viene ottenuto, tra l'altro ed in particolare, attraverso l'azione di opportune valvole di massima, tarate alla pressione di 14,7 bar.

Terminiamo ricordando che nell'impianto, che all'epoca del sinistro operava su 3 turni lavorativi giornalieri, erano installate n. 5 autoclavi, di tipo cilindrico ad asse orizzontale, eseguite in acciaio e caratterizzate da un diametro interno di 2.650 mm circa, da uno spessore del mantello di 16 mm e da una lunghezza di circa m 32,0. Le operazioni di carico e scarico avvenivano rimuovendo i fondi, anche in acciaio e del tipo a geometria sferica, i quali venivano poi bloccati, per l'esecuzione del processo di maturazione, mediante un meccanismo a ganasce sul quale torneremo più oltre.

3) – Conclusioni degli accertamenti penali – relazione dell'ing. Cancelliere

La descrizione dell'impianto e delle autoclavi riportata in tale relazione risulta del tutto congruente con quanto abbiamo riferito più sopra; inoltre, esaminando le registrazioni del sistema di controllo, il Consulente della Procura di Frosinone ha potuto valutare, con una semplice estrapolazione dei dati registrati, assolutamente conforme a quanto riferito da Italgasbeton anche nella presente CTU, che ***immediatamente prima dell'incidente*** le condizioni di funzionamento dell'autoclave n. 5, in fase di preriscaldo, erano le seguenti: temperatura = 179,4 °C; pressione = 9,7 bar, il tutto quindi ampiamente entro i limiti di funzionamento previsti, come precedentemente riportato, ai quali l'ing. Cancelliere aggiunge:

- Pressione interna di progetto: 14,70 bar;
- Pressione esterna di progetto: 1,00 bar;
- Pressione di prova idraulica: 19,70 bar;
- Temperatura di progetto: 225 °C;
- Fluido interno: vapore saturo.

La descrizione della dinamica del sinistro è parimenti accuratamente riportata ed, a quanto sembra accertato, si è sviluppata attraverso le seguenti fasi:

1 – "*Rottura e/o Cedimento e/o Malfunzionamento dei sistemi di chiusura della autoclave n. 5 nella sezione di ingresso dei blocchi di cemento da cuocere, denominata lato carico*"; tale circostanza, secondo quanto riportato anche da Italgasbeton nel corso della presente CTU, mediante produzione delle registrazioni del sistema di controllo, risulta essersi verificata alle ore 5,59 a.m. ed è stata segnalata come: "*Portelloni ingresso/uscita aperti*".

2 – "*Proiezione della ganascia cerchiante ….. all'interno di una catasta di prodotto finito … che ha assorbito buona parte dell'energia cinetica acquisita…*";

3 – "*Proiezione del coperchio costituito da una calotta semisferica dì acciaio nella parte posteriore del capannone principale e ricaduta finale dello stesso nello spazio ricompreso fra i mulini e le torri di macinazione*";

4 – "*Il cilindro dell'autoclave, nell'istante in cui si è ritrovato privo del coperchio di chiusura, ha ricevuto un'enorme spinta propulsiva dal fluido di lavoro in essa contento, costituito da vapore saturo alla temperatura di circa 180 °C ed alla pressione di 9 bar.* ***La spinta propulsiva, dovuta alla repentina espansione del vapore, ha permesso alla grossa massa, rappresentata dal cilindro dell'autoclave, di rompere i fermi di ancoraggio delle selle di appoggio della autoclave e di essere proiettato, proprio come avviene per un razzo, in direzione opposta rispetto al coperchio esploso****, terminando la sua corsa nella posizione indicata con la lettera c) dell'elaborato grafico dell'Allegato 7, ovvero a circa 70 metri dalla sua normale posizione statica di esercizio*".

A valle di tale particolareggiata descrizione, l'ing. Cancelliere ha esaminato le possibili ipotesi circa le ***cause del sinistro*** ed anzitutto quella della ***sovrapressione*** (ovvero di un ***eccesso di pressione all'interno dell'autoclave***) ***che ha peraltro potuto escludere*** dopo un riportato dettagliato esame delle registrazioni del sistema di controllo e sicurezza del quale è dotato lo stabilimento, come più sopra riferito.

Si rilevino tra l'altro le attente osservazioni del medesimo CTU – come riprenderemo nel prosieguo – secondo le quali nell'ipotesi di un cedimento per eccesso di pressione (pag. 9) avrebbero dovuto cedere per primi i collegamenti del recipiente con le tubazioni di adduzione/scarico del vapore, che costituiscono i punti più delicati dell'autoclave, ed invece …"***non risulta alcuna evidenza nemmeno di sofferenza nelle flange di adduzione del fluido di lavoro***"; parimenti, se si fosse verificato un anomalo incremento della pressione interna al recipiente, ben prima di raggiungere la pressione di scoppio sarebbe dovuta intervenire la valvola di sicurezza all'uopo montata sull'autoclave, che si sarebbe aperta per consentire la fuoriuscita dell'opportuna quantità di vapore, ed invece questa (pag. 10) "*risulta chiusa con il sistema di* ***tubi di sfiato e le flange di raccordo*** *divelte solamente dalla traslazione della autoclave e* ***non sottoposte a sollecitazioni tipiche da compressione interna***".

Ciò consente all'ing. Cancelliere (pag. 13) di pronunciarsi come segue: "***Avendo, mediante dei motivi ritenuti fondati ed esperiti nella sezione precedente, scartato l'ipotesi di scoppio per sovrapressione, l'indagine è proseguita concentrandosi sulla seconda ipotesi di causa di scoppio: il cedimento meccanico del sistema di chiusura o di alcuni particolari cruciali ad esso appartenenti***".

Purtroppo, il medesimo ing. Cancelliere, pur motivando tecnicamente con precisione i motivi per i quali esclude si sia verificato un qualsiasi eccesso di pressione all'interno dell'autoclave, continua ad usare il termine di "scoppio" nel riferirsi all'evento dannoso; va detto che tale termine, tuttavia, è da intendersi nel senso comune e forse "familiare" della locuzione, ma sfugge sia dal significato più strettamente tecnico/scientifico che gli compete, sia dalla definizione impiegata nel contratto assicurativo, come successivamente riprenderemo.

Ciò detto, riepiloghiamo che lo stesso CTU in maniera dettagliata discute, respingendole, varie ipotesi che avrebbero potuto condurre alla crisi del sistema di chiusura (errore operativo – manutenzione inadeguata – sicurezza dei luoghi di lavoro inadeguata) per poi soffermarsi su ***quello che viene esplicitamente e chiaramente indicato come la causa del disastro, vale a dire sulla difettosità del particolare, inteso quale insieme degli elementi costitutivi il gruppo di chiusura dell'autoclave***.

In breve – e riservandoci di tornare successivamente sull'argomento – le risultanze degli accertamenti eseguiti in sede di accertamento penale, anche mediante analisi metallografiche realizzate presso un Laboratorio specializzato di fiducia del CTU, hanno consentito di determinare che mentre per le altre autoclavi si è impiegato, per la costruzione della flangia di chiusura, l'acciaio tipo P355NL1 (adatto in particolare all'impiego per la realizzazione di strutture in pressione) l'elemento che ha ceduto era costruito in acciaio S355J2G3, di tipo generico e dedicato a costruzioni di tipo corrente.

Non solo, ma anche gli spessori impiegati per la sua realizzazione sono risultati inferiori a quelli utilizzati per le altre autoclavi ed analoga riduzione è stata riscontrata con riferimento al diametro del perno in acciaio che funge da cerniera per tutto il gruppo: in breve, l'intero gruppo di chiusura realizzato per l'autoclave interessata dal sinistro era meno resistente di quelli esistenti sugli altri recipienti e per giunta era costituito da materiale non idoneo per la specifica applicazione.

Quanto sopra ha consentito all'ing. Cancelliere di concludere (pag. 22) "***che la causa del cedimento della flangia della autoclave 5, che ha innescato lo scoppio della stessa è stato l'utilizzo di un acciaio non adeguato allo scopo e per giunta sottodimensionato per gli sforzi cui la ganascia cerchiante viene sottoposta durante le normali fasi del processo produttivo in cui è utilizzata***"; ciò, a parte l'infelice impiego del termine "scoppio", individua con precisione quanto sia accaduto, come riprenderemo nei paragrafi successivi.

4) – Caratteristiche principali della polizza assicurativa

Le norme che regolano la polizza in oggetto possono essere divise in tre parti, vale a dire: A) Condizioni Generali di Assicurazione (CGA nel prosieguo), valide per qualsiasi contratto del medesimo genere, predisposte dalla singola Compagnia assicuratrice che di prassi prende spunto, facendo proprie, dalle Norme ANIA (Associazione Nazionale tra le Imprese Assicuratrici); B) Condizioni Particolari (CP), anche queste ispirate da norme ANIA, ma che risultano valide ed applicabili solo se espressamente sottoscritte dalle parti, e ciò perché o introducono deroghe alle Condizioni Generali o perché possono apparire particolarmente onerose per l'Assicurato; C) Condizioni Aggiuntive, che costituiscono la "personalizzazione" del contratto.

Per quanto attiene, nello specifico, l'oggetto delle presenti note, rinviando ad una successiva relazione l'esame dettagliato di tutte le norme, ci limitiamo a soffermarci brevemente su quanto ha immediato riflesso sull'oggetto preminente.

E' quindi da ricordare che all'art. 11 delle CGA ("Norme che regolano l'Assicurazione Incendio") viene convenuto che l'Assicuratrice è obbligata ad indennizzare esclusivamente i danni materiali che abbiano a prodursi sulle cose assicurate (fabbricati, macchinario e merci, nel caso di specie), anche se di proprietà di terzi, e direttamente causati da: incendio - azione del fulmine - esplosione e scoppio non causati da ordigni esplosivi - caduta di aeromobili, loro parti o cose trasportate. Oltre a ciò vengono anche compresi in garanzia danni conseguenti a quelli precedentemente indicati, che si producano sugli enti stessi o su altri che si trovino a non più di 20 m di distanza e che siano dovuti a sviluppo di fumi, gas o vapore od ancora alla conseguente mancata od anomala produzione di energia, oltre ad alcuni altri eventi che nel caso di specie non trovano applicazione.

Escludendo da quanto segue il caso dell'azione del fulmine e dalla caduta di aeromobili, chiaramente estranei a quanto di interesse, ricordiamo che nella polizza vengono riportate delle precise definizioni per chiarire ciascun termine della garanzia. Così abbiamo da intendere:

- Incendio: la combustione con fiamma di beni materiali posti al di fuori di appropriato focolare, che può autoestendersi e propagarsi;

- Esplosione: lo sviluppo di gas o vapori ad alta temperatura e pressione, dovuto a reazione chimica che si autopropaga con elevata velocità;

- Scoppio: il repentino dirompersi di contenitori per eccesso di pressione interna di fluidi non dovuto ad esplosione; gli effetti del gelo e del "colpo d'ariete" non sono considerati scoppio.

Abbiamo ritenuto di riportare il testo di tali definizioni allo scopo di chiarire che perchè un sinistro possa essere ascritto ad una od altra causa che dia luogo ad indennizzo deve essere soddisfatto un insieme di condizioni e che quindi necessariamente non possa farsi riferimento ad una qualsiasi "definizione" generica, magari d'uso colloquiale.

Così, in particolare, perchè si possa invocare, nella specie, il caso dello "scoppio", occorre che: a) si tratti di un cedimento improvviso; b) che avvenga per un eccesso di pressione interna; c) che tale "eccesso" di pressione non sia legato a fenomeni chimici che implichino lo sviluppo di gas ad alta temperatura che si espandono ad elevata velocità; d) che l'eccesso di pressione non sia legato a fenomeni di gelo o di colpo d'ariete.

Si badi, inoltre, che tali definizioni non derivano da una "fantasia" di un particolare Assicuratore, giacchè esse sono comprese nelle definizioni di polizza e nelle Condizioni Generali di Assicurazione, ovvero sono caratteristiche di qualsiasi polizza incendio in vigore sul territorio Nazionale. Esistono evidentemente contratti assicurativi di ogni genere, per potersi adattare alle necessità degli assicurati: così, ad esempio, la rottura di un serbatoio per motivi diversi dalla pressione interna potrebbe trovare copertura in un particolare tipo di polizza, denominata Guasto Macchine.

Dalla garanzia, poi, vengono esclusi (art. 12 CGA) eventi, comunque manifestatisi, che siano derivazione o conseguenza di circostanze particolari, ad esempio cagionati da colpa grave dell'Assicurato, ovvero da terremoti od eruzioni vulcaniche; in particolare, per quanto in interesse, vale la pena di ricordare

l'esclusione prevista all'art. 2.g, per i danni prodotti alla macchina od all'impianto, nel quale si sia verificato uno scoppio, se l'evento è determinato da usura, corrosione o difetti di materiale (a prescindere da una colpa dell'assicurato).

Ciò perchè tali circostanze determinano un indebolimento dell'apparecchio inevitabilmente crescente nel tempo che condurrebbe a dar luogo al danno con certezza (si parla infatti di "danno certo"), il che determinerebbe un radicale stravolgimento del naturale equilibrio tra gli interessi delle parti che hanno stipulato il contratto assicurativo, equilibrio che presuppone l'incertezza (e non la certezza) del verificarsi dell'evento dannoso e che potrebbe essere modificato solo da un patto espresso (e dunque da specifiche condizioni particolari o aggiuntive di assicurazione, nella specie assenti).

5) – Motivazioni tecniche per l'esclusione dello "scoppio" dalle cause di danno

Passiamo ora a dimostrare che non si è mai verificato uno "scoppio", nè nel senso della definizione di polizza, né tantomeno in quello tecnico, giacché in questo caso le due definizioni sono assolutamente coincidenti.

Naturalmente, occorre anzitutto procedere a definire quale sia il significato di "eccesso" di pressione; ovviamente, nella realizzazione di un recipiente in pressione, come di qualsiasi organo od attrezzatura di macchina, a fronte di assegnate prestazioni il progetto viene sviluppato tenendo conto di condizioni più gravose di quelle che sono attese durante l'esercizio, introducendo quindi un "coefficiente di sicurezza" che corrisponde ad un criterio di prudenza.

Successivamente, allo scopo di verificare la rispondenza del manufatto all'impiego al quale è destinato, vengono eseguite delle prove di accettazione ("collaudo") impiegando carichi sicuramente maggiori di quelli massimi di lavoro e - ciò che più conta - in molti casi come in quello presente indicati dalla Normativa; tali controlli vengono poi, nei casi più delicati come quello di contenitori in pressione, ripetuti ad intervalli temporali costanti.

In definitiva quindi sappiamo che, per essere entrato in funzione, l'autoclave

ha dovuto sopportare prove sperimentali di collaudo, nel corso delle quali sono state applicate pressioni massime dettate dalla legge: è evidente quindi che per "eccesso" di pressione, che possa eventualmente determinare la rottura si deve intendere un valore della pressione superiore a quello di collaudo ed, a maggior ragione, a quello massimo di esercizio.

E poichè, secondo quanto contenuto nella relazione dell'ing. Cancelliere (e confermato dai progetti delle autoclavi allegati alla sua relazione come all. 3 e 4), in accordo con la normativa vigente all'epoca della costruzione in tema di recipienti del tipo in esame, la pressione di collaudo ("pressione di prova idraulica") è stata prevista in 19,7 bar, possiamo ritenere che per "eccesso" di pressione si debba intendere qualsiasi valore della pressione maggiore di p_{lim} = 19.70 bar = 1.970 MPa.

Conseguentemente, si potrebbe affermare che il cedimento dell'autoclave sia avvenuto a causa di un "eccesso" di pressione interna se si riuscisse a dimostrare: a) che ad un certo punto la pressione interna abbia superato il valore p_{lim} = 19.70 bar e b) che per tale motivo si sia determinata la rottura del recipiente.

Facciamo nostra, in linea preliminare, l'indicazione dell'ing. Cancelliere secondo la quale i primi elementi a cedere, qualora si fosse verificata una pressione interna eccessiva, sarebbero stati gli elementi più deboli, ed in particolare i collegamenti saldati con gli attacchi delle tubazioni di ingresso/uscita. Al tempo stesso la valvola di sicurezza si sarebbe aperta e così sarebbe stata ritrovata, poichè essa non può riarmarsi da sola; ma tutte tali circostanze non si sono verificate.

Tale semplice e corretta considerazione già ***dimostra che la pressione interna non ha raggiunto in nessun momento valori tali da porre in crisi l'autoclave***; tuttavia, per amore di discussione, e per non lasciare ombre nel nostro ragionamento, supponiamo che per qualche motivo (sia pure inesistente) i boccagli siano stati impediti a cedere, la valvola di sicurezza non abbia potuto entrare in funzione e supponiamo così che sia la sola struttura cilindrica (con fondi/coperchi) a resistere alla pressione interna.

Sappiamo, perchè risulta in atti, ovvero nella relazione del CTU indicato dalla

Procura di Frosinone, ing. Cancelliere, che l'autoclave presentava un diametro interno d = 2650,0 mm, uno spessore t = 16 mm ed una lunghezza L = 32000 mm e che era costituita da acciaio tipo 17Mn4-DIN17155 (vedi disegno DWG 05812/001), per il quale le tabelle disponibili indicano una tensione di snervamento σ_S = 295 MPa (ovvero N/mm^2) ed una tensione di rottura σ_R = 460÷580 MPa; per motivi prudenziali assumeremo nel prosieguo il valore minimo di tale intervallo, ponendo sempre σ_R = 460 MPa.

Attesa la modestia dello spessore rispetto al diametro (t/d ≈ 0.00604) è possibile ritenere, come noi faremo nel prosieguo, che il comportamento strutturale del serbatoio sia di tipo "membranale", ovvero che in presenza di una pressione interna siano nulle le tensioni radiali e le rimanenti siano costanti lungo lo spessore; tale ipotesi è sufficientemente vicina al vero, attesa la geometria dell'autoclave, e consente di ricorrere a modelli strutturali semplici e più cautelativi di altri, rendendo ulteriormente più rapido ogni confronto.

In tali ipotesi, è del tutto noto ed acquisito che in presenza di una pressione interna il mantello (cioè la parete) dell'autoclave risulta sede di tensioni normali (principali) rispettivamente circonferenziali, σ_t, ed assiale (tenendo conto della presenza dei fondi), σ_a, rispettivamente date da:

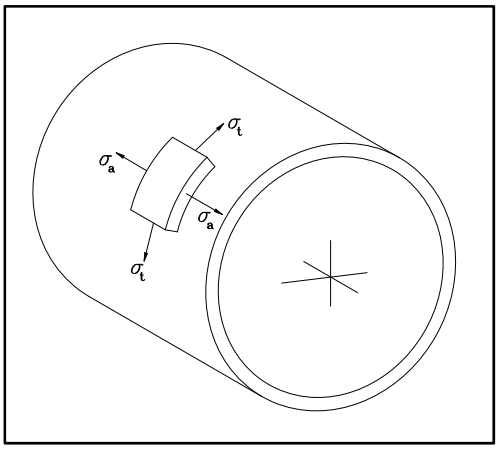

Fig. 1

$$\sigma_t = 0.5\frac{p \cdot d}{t} \qquad \sigma_a = 0.25\frac{p \cdot d}{t}$$

Come si trae assai facilmente, la massima tensione principale risulta quella circonferenziale, pari al doppio dell'altra; inoltre, assumendo quale criterio di resistenza quello di Guest (Tresca), particolarmente adatto allo studio di materiali duttili quale quello in esame, la tensione di confronto risulta proprio pari alla tensione circonferenziale.

Cosa significa quanto ora riportato? Significa semplicemente che se il recipiente avesse ceduto per pressione interna, la rottura dell'autoclave sarebbe avvenuta a fronte della tensione massima, ovvero di quella circonferenziale. Conseguentemente tale rottura si sarebbe sviluppata perpendicolarmente a tale tensione massima e sarebbe stata quindi diretta lungo una generatrice del recipiente cilindrico, mentre mai, in assenza di effetti che allo stato non risultano, si sarebbero potuti verificare sforzi insopportabili nella direzione perpendicolare all'asse dell'autoclave, vale a dire proprio in quella lungo la quale dovevano resistere le ganasce.

Prendendo come riferimento la pressione di esercizio impiegata nel ciclo (secondo quanto comunicato da Italgasbeton e confermato dall'ing. Ceccarelli) pari a p = 12.75 bar = 1.275 MPa, e sostituendo nelle relazioni precedenti i valori registrati, otteniamo σ_t = 105,59 MPa e σ_a = 52.79 MPa, mentre la sollecitazione di confronto, ovvero quella valida per la più comune e conservativa ipotesi di rottura, sarebbe risultata (ipotesi di Guest) $\sigma_c = \sigma_t$ = 105,59 MPa; se riportiamo tale valore a quello di rottura minimo riportato, otteniamo σ_c/σ_R = 105.59/460 = 0.2295, ovvero la tensione di rottura minima risulta pari a circa 1/0.2295 = 4.357 volte quella di lavoro, ben al di là di quanto si assume in un qualsiasi criterio progettuale; né vale ricondursi alla pressione di collaudo p = 19.70 bar = 1.97 MPa in corrispondenza della quale sarebbe risultato $\sigma_c = \sigma_t$ = 163,14 MPa e σ_c/σ_R = 163.14/460 = 0.3547, sempre di assoluta sicurezza).

Ciò significa d'altra parte, che per ottenere una tensione massima pari a quella di rottura, si sarebbe dovuto riscontrare una pressione interna pari a p_R =

4.357·p_{max} = 5.5550 MPa (circa 55.55 bar) valore assolutamente mai registrato.

Quanto sopra, benvero, potrebbe essere ritenuto non sufficientemente approssimato, poichè la corrispondente teoria ritiene che la rottura possa essere avvenuta quando il comportamento meccanico del materiale era ancora interpretabile mediante il cosiddetto modello elastico lineare.

E' vero, d'altra parte, che avvicinandosi alle condizioni di rottura il comportamento dell'acciaio si discosta sempre più da tale modello, presentando delle caratteristiche di risposta di tipo "plastico", per il quale le deformazioni, una volta comparse, non possono più essere annullate.

Proprio per questo, molti ricercatori si sono adoperati per valutare la pressione di scoppio di un recipiente cilindrico soggetto a pressione interna, impiegando, sia pure con modalità differenti, modelli di comportamento del materiale che comprendevano sia la deformazione "elastica" (ovvero annullabile) sia quella plastica (ovvero "permanente" o non annullabile).

Abbiamo allora impiegato le più comuni teorie disponibili (vedi ad es. T, Aseer Brabin, T. Christopher, B. Nageswara Rao, "*Bursting pressure of mild steel cylindrical vessels*", in International Journal of Pressure Vessels and Piping", vol. 88, 2011, pag. 119-122; oppure T. Christopher, B.S.V. Rama Sarma, P.K. Govindan Potti + alii, "*A comparative study on failure pressure estimations of unflawed cylindrical vessels*", International Journal of Pressure Vessels and Piping, vol. 79, 2002, pag. 53-66) per valutare la pressione interna che corrisponde allo scoppio del recipiente, che elenchiamo nella tabella seguente in uno ai risultati numerici da loro derivabili per il caso di specie:

Autore/Teoria	**Equazione pressione di scoppio**	**Valore (MPa)**	**Rapp. con press. max**
Faupel	$p_c = \frac{1.1 \cdot \sigma_R}{1 + 2.4 \cdot \varepsilon_R} \ln(k)$	3.794	2.976

Wellinger-Uebing	$p_c = \frac{1.1 \cdot \sigma_{Rv}}{1 + 2.4 \cdot \varepsilon_{Rv}} \ln(k)$	5.053	3.963
ASME Boiler code	$p_c = \sigma_R \frac{k-1}{0.6 \cdot k + 0.4}$	5.525	4.333
Soderberg	$p_c = \frac{4}{\sqrt{3}} \sigma_R \frac{k-1}{k+1}$	6.388	5.010
Criterio della max tensione	$p_c = \sigma_R (k-1)$	5.566	4.365
Criterio del max taglio	$p_c = 2 \cdot \sigma_R \frac{k-1}{k+1}$	5.533	4.340
Turner	$p_c = \sigma_R \cdot \ln(k)$	5.533	4.340
Nadai	$p_c = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_R \cdot \ln(k)$	6.388	5.010
Bailey-Nadai	$p_c = \frac{\sigma_R}{2 \cdot n} \left[1 - \left(\frac{1}{k^{2n}} \right) \right]$	5.518	4.328
Nadai	$p_c = \frac{\sigma_R}{\sqrt{3} \cdot n} \left[1 - \left(\frac{1}{k^{2n}} \right) \right]$	6.372	4.998
Marin e Rimrot	$p_c = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_R}{1 + \varepsilon_R} \ln(k)$	5.280	4.141
Svensson	$p_c = \sigma_R \frac{0.25}{\varepsilon_R + 0.227} \left(\frac{2.71828}{\varepsilon_R} \right)^{\varepsilon_R} \ln(k)$	5.419	4.250
Christofer e Rama Sarna	$p_c = \frac{2}{(\sqrt{3})^{n+1}} \sigma_R \frac{t}{d/2}$	5.684	4.458

Per rendere maggiormente interpretabile la medesima precedente tabella, indichiamo che le grandezze che ivi figurano valgono:

Simbolo	**Significato**	**Valore**
σ_S	Tensione di snervamento	295 MPa
σ_R	Tensione ingegneristica minima di rottura	460 MPa

E	Modulo di Young	210000 MPa
ε_S	Deformazione di snervamento	$= \sigma_S/E = 0.00126$
ε_R	Deformazione ingegneristica a rottura	0.21
σ_{Rv}	Tensione naturale di rottura	$= \sigma_R \cdot (1+ \varepsilon_R) = 556.60$ MPa
ε_{Rv}	Deformazione naturale a rottura	$= \ln(1+ \varepsilon_R) = 0.1906$
n	Coefficiente di incrudimento	= 0.22
d	Diametro interno dell'autoclave	= 2650 mm
t	Spessore del mantello dell'autoclave	= 16 mm
k	Rapporto tra i diametri esterno ed interno dell'autoclave	= 2682/2650 = 1.0121

Come si può rilevare, tali relazioni forniscono risultati non completamente concordi, ma ***in tutti tali casi le pressioni minime necessarie per lo scoppio risultano sempre maggiori di 3-5 volte dei valori non solo di esercizio abituale (1.275 MPa), ma anche - a maggior ragione - di quelli registrati (ed estrapolati) nelle condizioni di incipiente danno (0.97 MPa) nel caso di specie.***

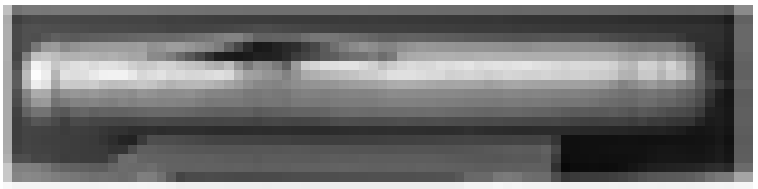

Fig. 2

Ciò che poi è particolarmente interessante, è che tutte tali ipotesi rinvengono la rottura come diretta lungo la generatrice del cilindro; questa non è solo un'ipotesi di lavoro, ma è anche un fatto fisico, confermato dall'evidenza sperimentale. A tal proposito si possono osservare le figure 2 e 3 successive, costituenti prova sperimentale, provenienti da lavori teorico-sperimentali disponibili in letteratura.
Ma allora, come spiegare quanto è accaduto? Possiamo fare riferimento alla seguente

fig. 4; al momento del sinistro, all'interno del recipiente esisteva una pressione p = 0.97 MPa, la quale dava luogo, in direzione assiale, ad una forza $F = p \cdot \pi \cdot d^2/4 = 0.97 \cdot \pi \cdot 2650^2/4 = 5.350 \cdot 10^6$ N = 535.0 t; finchè l'autoclave era integra e dotata di due fondi (schema A), esistevano due forze uguali ed opposte che si equilibravano (si

Fig. 3

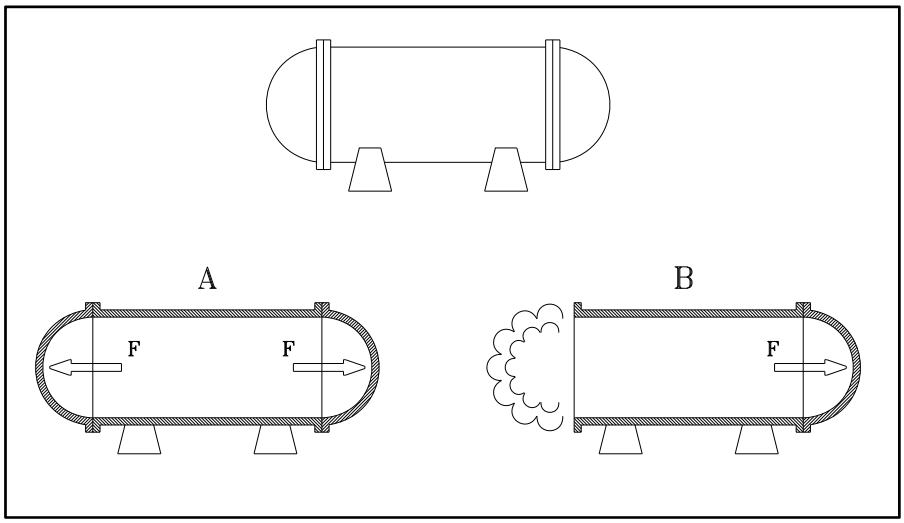

Fig. 4

annullavano scambievolmente) per il terzo principio della dinamica e conseguentemente il sistema era "in equilibrio", ovvero la risultante assiale delle forze risultava nulla.

Tuttavia, nel momento in cui uno dei fondi è venuto a mancare, ***per il cedimento del sistema di chiusura (schema B), il sistema è risultato squilibrato, e l'unica forza F = 535.0 t ha spinto il recipiente, tranciando i bulloni di ancoraggio alle 10 selle esistenti (non costruite per resistere ad una tale forza) imprimendo quindi all'autoclave l'accelerazione corrispondente, che l'ha proiettata in avanti.***

L'ultima considerazione da sviluppare è relativa all'aspetto dei residui: questi sono visibili ad esempio nella fig. n. 5, semplicemente riprodotta dalla relazione del Collegio Peritale e dalla quale c/parte vorrebbe dedurre i segni di uno scoppio: nulla di più infondato, giacchè, come abbiamo già dimostrato, lo scoppio avrebbe dovuto produrre crepe dirette lungo una generatrice, cioè parallele all'asse del cilindro, quindi perpendicolari a quelle effettivamente rilevate, chiaramente dirette lungo le direttrici del cilindro.

Fig. 5

D'altra parte, né nella relazione dell'ing. Cancelliere, né in quella del Collegio peritale si cita alcun danno riportato dal corpo dell'autoclave e quanto emerge dalla fig. 5 è solo il cedimento disordinato del lamierino di rivestimento termico esterno.

Fig. 6

A questo proposito - anche tenuto conto del fatto che (secondo quanto riferito dall'ing. Ceccarelli durante l'accesso del 9 luglio 2013) l'autoclave interessata dal sinistro è stata oggetto di smaltimento da parte di Italgasbeton e che non vi sono oggi resti disponibili per un esame - possiamo solo procedere per analogia, ed è evidente che ci rivolgiamo al campo aeronautico, nel quale la fusoliera di un aereo ha, com'è ben noto a chi abbia pratica di tali calcoli, una notevole somiglianza con un recipiente in pressione di elevata snellezza (ovvero di grandi rapporti lunghezza/sezione), tanto che le procedure di calcolo presentano diversi punti in comune.

In fig. 6. abbiamo riportato l'aspetto di una fusoliera come si presentava a seguito di un noto incidente aereo (benvero ricostruito per le indagini necessarie), nel quale la fusoliera ha ceduto nell'urto contro il terreno: la somiglianza con la precedente immagine è certamente notevole (con rotture circonferenziali), e consente di concludere, al di là di ogni ragionevole dubbio, che l'aspetto assunto dai residui dell'autoclave è certamente da attribuire all'impatto contro il suolo, e non all'effetto della pressione, non tralasciando che una buona parte delle stesse deformazioni evidenziate dall'autoclave è da porre in relazione anche agli urti della struttura contro

i pilastri del capannone ed agli altri elementi impattati.

Infine, ma circostanza di assai gran rilievo, occorre evidenziare che ***in nessun punto della relazione dell'ing. Cancelliere ovvero nella Perizia Collegiale, viene segnalato di aver riscontrato alcun danno nella struttura dell'autoclave***, né nel mantello né nei fondi, circostanza che c/parte non avrebbe evidentemente mancato di porre in rilievo; ***ciò conclusivamente dimostra che non è stata l'autoclave in sé a cedere, né per pressione interna né per altra causa***.

In definitiva quindi possiamo dire ***che non si è mai verificato alcun eccesso di pressione all'interno dell'autoclave, che comunque lo "scoppio", oltre a richiedere l'instaurarsi di condizioni di gran lunga diverse da quelle reali, avrebbe presentato superfici di rottura dirette lungo le generatrici e quindi assai diverse dai guasti effettivamente evidenziati, e che in ultimo i danni sono comparsi per l'improvvisa apertura del portellone, che per lo squilibrio dinamico prodotto ha causato la spinta di tutta l'autoclave, che ha riportato i danni osservati sia urtando contro le strutture del capannone sia impattando al suolo***.

6) – Esclusione di ipotesi diverse ("bleve")

Volendo in qualche modo ricomprendere il sinistro tra quelli in garanzia - il che non é - controparte ha ipotizzato che, a motivo dell'apertura dei portelloni, magari inizialmente solo per una quantità assai piccola, si sarebbe prodotto un complesso fenomeno termofluidodinamico, assai noto, e che assume denominazioni differenziate anche in dipendenza del fluido interessato; nel nostro caso, poichè il fluido è esclusivamente vapore acqueo, ci limiteremo a considerare il caso del flashing o del cosiddetto BLEVE (= Boiling Liquid Expansion Vapour Explosion) a seguito del quale c/parte assume che si sarebbero potute verificare delle onde di pressione che avrebbero raggiunto valori estremamente elevati.

Osserviamo a tal proposito che ***anzitutto, anche qualora si fosse verificato, esso sarebbe causato dall'apertura dell'autoclave, causa prima del sinistro, e quindi non potrebbe influire sull'indennizzabilità dei danni, costituendo non la***

causa, ma un evento conseguenziale alla rottura: sotto tale aspetto, quindi, l'eventuale comparsa di fenomeni fluidodinamici sarebbe ininfluente in termini contrattuali.

Ma ancor più preme nella presente occasione porre in luce - a scanso di equivoci - che tali fenomeni non avevano la possibilità di verificarsi e che pertanto non ha alcun senso riferirsi ad essi.

Infatti, perchè il fenomeno possa aver luogo, occorre anzitutto che il fluido interno all'autoclave abbia raggiunto temperature elevate, anzitutto superiori a quella di saturazione, ma anche maggiori di quella cosiddetta "limite di surriscaldamento" (superheat limit temperature). Se in tali condizioni si fosse verificata una depressurizzazione - ovvero, nel caso specifico, se si fosse verificata una rottura nel serbatoio, che avesse posto il fluido all'interno dell'autoclave in comunicazione con l'ambiente esterno - si sarebbe determinato un violento ed istantaneo "lampo" (ovvero flash, in inglese) di una frazione di liquido, e si sarebbe verificata una rapidissima espansione del sistema bifasico acqua-vapore, ciò che viene chiamata un'esplosione fisica (ovvero senza partecipazione di reazioni chimiche)

La condizione essenziale perchè tale quadro disastroso potesse verificarsi è che l'ambiente interno all'autoclave si trovasse al di sopra delle temperature sia di saturazione sia limite di surriscaldo, il che non è stato; infatti, dai rilievi eseguiti dall'ing. Cancelliere sappiamo che le condizioni esistenti all'atto del sinistro erano pressione p = 9.7 bar (0.97 MPa) e tempertatura T = 179,4 °C.

Se controlliamo una qualsiasi tabella di vapore, verifichiamo subito che tale è proprio la temperatura di saturazione alla pressione suddetta, il che non lascia stupiti poichè sappiamo che l'autoclave doveva funzionare in condizioni di saturazione; pertanto, sotto tale aspetto, non si è potuto verificare alcun fenomeno di flashing, che avrebbe necessitato di liquido surriscaldato, ovvero a temperatura assai maggiore di quella di saturazione.

Inoltre, la temperatura limite di surriscaldo T_s è variamente portata per il vapore acqueo come T_s = 306 °C (cfr. Casal J. et alii, *Modeling and understangi*

BLEVEs, in Handbook of Hasardous Materials Spills Technology, Merv Fingas (ed.), McGraw-Hill Co., 2002) ovvero T_s = 280 °C (cfr. *Guidelines for valuating the Chiaracteristics of Vapour Cloud Explosions, Flash Fires and BLEVEs*, a cura dell'American Institute of Chemical Engineers, 1994).

Pur in presenza di qualche variazione nel calcolo, ci si trova almeno a 100 °C al di sopra della temperatura che effettivamente regnava nell'autoclave, e ciò da solo è sufficiente per respingere tale ipotesi.

Va da considerare inoltre che tutte le teorie presentate sono adatte in modo particolare a prendere in considerazione serbatoi o recipienti prevalentemente occupati da liquido in presenza del proprio vapore, e l'energia rilasciata dipende dall'improvvisa depressurizzazione a temperatura elevata di una gran massa di liquido surriscaldato.

Basti pensare che nel più comune caso delle caldaie, il BLEVE viene attribuito alla contemporanea presenza non solo di una rottura del recipiente, ma anche di una fonte di riscaldamento esterno, il quale riduce gradualmente la quantità di liquido, aumentando contemporaneamente la temperatura di entrambe le fasi, liquido e vapore, finchè ad un certo punto l'energia interna accumulata per riscaldamento è così elevata da cagionare l'esplosione fisica.

Ma neppure tali condizioni esistevano nel caso di specie: a parte il fatto che non esisteva alcuna fonte di riscaldamento esterno, è da considerare che in una comune caldaia industriale il volume del serbatoio è occupato dal liquido per circa il 75-80%, campo di valori ben lontano da quello che si è realizzato nel nostro caso.

Infatti, secondo quanto è stato comunicato dall'Assicurata, in ogni "pane" erano presenti 1285 kg di acqua, pari a V_1 = 1.285 m^3; poichè contemporaneamente erano presenti nell'autoclave n. 15 pani, il volume di acqua presente risultava pari a V_a = 15x1.285 = 19.275 m^3.

Al contrario, il volume complessivo dell'autoclave, con un modesto errore legato alla presenza dei fondi sferici, risulta pari a V_T = 0.25x3.14x2.65^2x32 = 176.41 m^3 ovvero l'acqua occupava circa il 19.275x100/176.41 = 9.15% del volume

disponibile ed, a conti fatti - che per brevità omettiamo - il tutto si riduceva ad un letto d'acqua che sul fondo dell'autoclave presentava un'altezza massima (puntuale) di circa 0,44 m; ciò a fronte di un diametro interno pari a 2.65 m.

Quanto sopra mostra evidentemente che non sussistevano le condizioni per il verificarsi di un'esplosione fisica (BLEVE); ma, ciò sia chiaro, è stato riportato solo per completezza e per anticipare le posizioni avversarie.

Sta di fatto, in realtà, che anche se il BLEVE si fosse verificato, esso sarebbe stato solo la conseguenza del sinistro, e non la causa - da rintracciare nella rottura del sistema di chiusura - e come tale non presenterebbe alcuna valenza nelle conclusioni del procedimento in corso.

Tutte tali considerazioni sono assai ben discusse dal prof. Carlo Ortolani, Ordinario di Combustione e Sicurezza presso il Politecnico di Milano; l'illustre esperto ha formulato un proprio parere, regolarmente versato negli atti processuali dai legali delle Compagnie Assicuratrici e che qui alleghiamo per maggior chiarezza.

Orbene, il prof. Ortolani così si esprime, tra l'altro: "***escludo tassativamente che la pressione all'interno dell'autoclave***, *in cui è avvenuto il sinistro oggetto di causa descritto nella perizia del dr. Ing. P. Cancelliere,* ***possa aver superato, neppure per frazioni di secondo, il valore di 9,7 bar***..... *Quanto allo* ***scoppio di una caldaia tipo Cornovaglia*** *si veda la dettagliata analisi sviluppata in P. Andreini e F. Pierini, La conduzione dei generatori di vapore. Hoepli, Milano, 1980, pp. 600-603 qui allegata sub 'Capitolo X. Avaria e scoppi: prevenzione'.* ***Neanche in questo caso si è verificato un repentino aumento di pressione al di sopra del valore esistente nel recipiente prima della rottura (cioè prima del collasso meccanico)***..... *Infine il* ***caso di cui ci occupiamo nulla ha a che vedere con i fenomeni cosiddetti BLEVEs*** *(Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions) ben noti e studiati in letteratura (cfr. F.P. Lees, Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths, London 1989, voI. I, pp. 589 e segg.; A.E. Cote, J.L. Linville, Fire Protection Handbook, National Fire Protection Association, Quincy 1986, pp. 5-43 e segg.; C. Ortolani, Casi di combustioni*

accidentali, Maggioli ed., Milano 2007, vol. II, pp. 197-200). ***Ma comunque neanche in questi fenomeni si verificano repentini aumenti della pressione al di sopra del valore esistente prima della rottura (collasso meccanico) del recipiente***".

7) – Caratteristiche di resistenza degli elementi di chiusura

Dopo aver dimostrato che il sinistro per il quale è causa non è stato provocato da uno scoppio dell'autoclave, nè secondo la definizione assicurativa nè in senso più propriamente tecnico, resta da identificare la possibile dinamica dell'evento e l'influenza che su di essa hanno potuto esercitare gli elementi di chiusura dell'autoclave n. 5 i quali, come ha accuratamente riportato l'ing. Cancelliere, avevano una resistenza certamente inferiore a quelli montati sugli altri contenitori, per essere stati ampiamente sottodimensionati.

Cominciamo allora col ricordare, con riferimento alla fig. 7, che rappresenta una delle autoclavi superstiti col portellone aperto, nonchè alla fig. 8, costituente un

Fig. 7

disegno schematico del meccanismo di chiusura, che sul bordo dell'autoclave in corrispondenza della sezione di accoppiamento tra corpo cilindrico e fondi sferici era

montato il meccanismo di chiusura costituito complessivamente da n. 4 ganasce tali da accogliere le espansioni circonferenziali (flange) terminali degli elementi da accoppiare per realizzare la chiusura del recipiente.

La geometria di tale meccanismo e degli elementi di chiusura sono riportati nel disegno costituente allegato n. 16 alla Consulenza Cancelliere, per quanto si

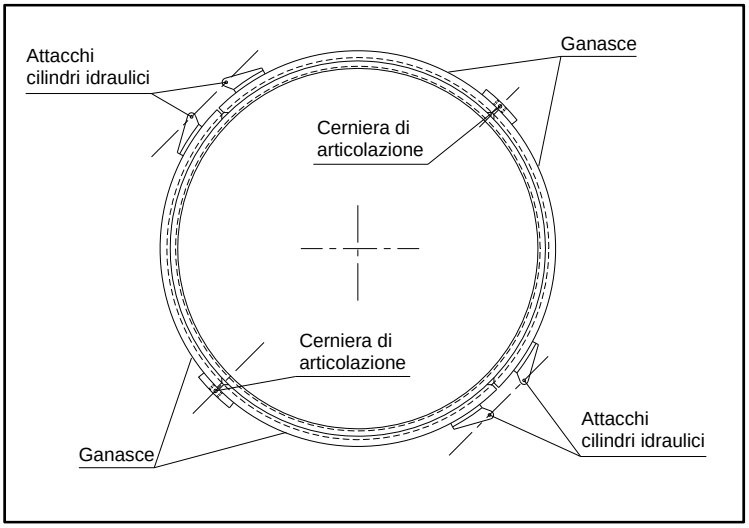

Fig. 8

riferisce all'autoclave 5 (realizzato da SITICEM) e n. 15 per l'autoclave 1, presa come riferimento (e realizzato da Terruzzi); dall'esame comparato di tali tavole non si traggono differenze significative, se non che nel disegno SITICEM sono riportate le tolleranze dimensionali e le prescrizioni relative alla qualità di finitura delle superfici per i diversi elementi, nonchè, con riferimento alla ganascia con sezione a C, la dicitura: "*N.B. L'anello dopo tornitura sarà sezionato in n. 4 settori uguali*", che ha interesse ancora in fase strettamente esecutiva.

Le ganasce erano montate a coppie, e in ciascuna di esse il collegamento tra gli elementi era assicurato da una robusta cerniera (fig. 9) il cui perno, per giunta, poteva scorrere radialmente lungo un'asola, visibile nella medesima figura.

Il movimento relativo, in fase di apertura/chiusura, era poi assicurato per ciascuna coppia di ganasce da altrettanti cilindri idraulici (fig. 10) i quali, grazie a

Fig. 9

Fig. 10

due biellette visibili nella stessa figura, nonchè grazie all'asola prima citata, consentivano alle ganasce stesse di portarsi verso l'esterno, consentendo l'apertura del portellone, ovvero verso l'interno, accoppiandosi con le flange di estremità degli

elementi collegati ed assicurando in tal modo la chiusura.

Per giunta, in corrispondenza di ciascuna estremità dei gruppi era saldata una staffa su ciascuna ganascia, visibile in fig. 11 dietro ai cilindri idraulici, in modo tale che due di tali staffe potessero impegnarsi con un perno di centraggio, visibile in entrambe le fig. 10 ed 11, assicurando in tal modo la totale cerchiatura dell'accoppiamento.

Fig. 11

Orbene, nel corso della propria consulenza, l'ing. Cancelliere ha trovato che almeno una delle 4 staffe montate sull'autoclave n. 5 (realizzate dalla SITICEM) era danneggiata irreparabilmente, mostrando, come si trae dalle foto allegate alla relazione, un'ampia zona di cedimento che giustifica appieno il fatto che l'intero meccanismo di chiusura del contenitore abbia ceduto, innescando in tal modo il sinistro.

Per colmo di cautela, l'ing. Cancelliere ha incaricato il prof. Iacoviello, Ordinario di Metallurgia presso l'Università di Cassino, di analizzare i residui, confrontandone le caratteristiche con quelle di altri campioni, prelevati da una delle staffe comprese nel meccanismo di chiusura dell'autoclave n. 1, realizzata dalla Terruzzi e presa a riferimento.

I risultati di tali indagini possono essere indicati in due osservazioni:

a) Il materiale impiegato dalla Terruzzi corrispondeva all'acciaio P355NL1, materiale appositamente dedicato, secondo le Norme UNI-EN2008, alla realizzazione di recipienti in pressione, mentre quello dell'autoclave sinistrata, fornito dalla SITICEM, era di tipo S355J2, il quale, secondo le Norme UNI-EN2005, è un materiale di caratteristiche poco inferiori, ma dedicato alla realizzazione di strutture in genere, sollecitate in condizioni generiche.

b) La staffa che aveva ceduto mostrava ampie plasticizzazioni, com'è da attendersi in un elemento eccessivamente caricato, realizzato col materiale esaminato: "*La superficie di frattura presenta una vistosa deformazione plastica con evidente diminuzione della sezione (...)La presenza di linee di scorrimento testimonia una notevole deformazione plastica dei grani ferritici...*".

Già tali osservazioni indicano che il materiale impiegato dalla SITICEM aveva caratteristiche metallografiche/meccaniche inferiori a quelle proprie del materiale impiegato per la realizzazione degli altri elementi di chiusura.

Tuttavia, l'ing. Cancelliere ha ritenuto - molto opportunamente - di rilevare anche le differenze dimensionali tra le staffe, evidenziando quindi nella propria relazione che il perno che vincolava la staffa nel caso dell'autoclave colpita dal sinistro (fornita dalla SITICEM) presentava un diametro d = 35 mm ed era alloggiato in un foro del diametro presumibile di circa D = 40 mm, mentre lo spessore della staffa risultava s = 10 mm.

Al contrario, nel caso della staffa Terruzzi il perno presentava un diametro d = 40 mm, alloggiato in un foro di diametro D = 50 mm e la staffa presentava uno spessore s = 17 mm.

Un semplice calcolo mostra, per rapporto tra le aree interessate dal contatto, che un carico che avrebbe dato luogo ad una pressione locale perno/foro pari ad 1 MPa nella staffa TERUZZI, avrebbe determinato un pressione pari ad $1 \cdot 850/400 = 2.125$ MPa, ovvero più del doppio, in quella fornita dalla SITICEM.

Non v'é alcun dubbio, a questo punto, che la staffa prodotta dalla SITICEM,

oltre ad essere realizzata con un materiale più scadente, risultava anche di dimensioni più esigue e che pertanto ha ceduto, evidenziando ampie plasticizzazioni.

Va precisato in linea generale che oggi i residui del sinistro non sono più disponibili e che pertanto gli unici elementi sui quali ci si può fondare sono quelli riportati negli atti processuali e che abbiamo riassunto più sopra. Orbene, è evidente da quanto citato che staffa prodotta di SITICEM abbia dimostrato di essere ampiamente sottodimensionata, oltre che costituita da un materiale più scadente, con la conclusione di aver cagionato il sinistro, evidenziando un chiaro caso di errore progettuale.

8) - Risposte ai questi posti al CTU

A questo punto siamo assolutamente in grado di dare risposta ai quesiti rivolti dalla Corte al CTU, che riportiamo di seguito:

8.1) - "*Dica il c.t.u. se l'autoclave n. 5 per cui è processo ebbe a scoppiare - nell'accezione di repentino dirompersi di contenitori per eccesso di pressione interna - e, in caso affermativo, per quali cause*". ***L'autoclave n. 5 per cui è processo non ebbe a scoppiare e tantomeno per eccesso di pressione interna***. Il sinistro è avvenuto per l'apertura improvvisa di uno dei portelloni di carico/scarico, entrato in crisi per difetto costruttivo, mentre è provato che non si è verificato alcun eccesso di pressione interna, inteso come superamento delle specifiche funzionali dell'autoclave, che al momento del sinistro si trovava in condizioni di pressione e temperatura ben inferiori a quelle massime progettuali (p = 9.7 bar esistenti, contro p = 19.7 bar di collaudo) e di esercizio normale;

8.2) - "*Dica il c.t.u. se la pressione interna abbia superato il limite previsto (pressione di esercizio), che il c.t.u. vorrà descrivere e illustrare, per il macchinario per cui è processo*". Al momento del sinistro la pressione regnante nell'autoclave, come estrapolata correttamente dal CTU del procedimento penale, ing. Cancelliere, risultava pari a circa 9,7 bar, ben al disotto non solo del limite di funzionamento previsto a progetto in 14,7 bar, ma anche della pressione massima di esercizio, pari a

12,75 bar, per non parlare di quella di collaudo, pari a 19,7 bar;

8.3) - "*Dica il c.t.u. quale pressione interna era necessaria e sufficiente per provocare lo scoppio dell'autoclave e se la detta pressione era superiore, e in che termini, assoluti e percentuali, rispetto alla pressione di esercizio*". Secondo le più accreditate trattazioni e modellazioni oggi in vigore la pressione minima necessaria a cagionare lo scoppio dell'autoclave è da configurarsi in non meno di 37,94 bar, pari al 258% di quella massima progettuale (14,7 bar), al 298% di quella massima di esercizio (1.275 MPa) ed al 391% di quella estrapolata dall'ing. Cancelliere (9,7 bar); in definitiva la pressione di scoppio del contenitore era varie volte superiore non solo a quella di esercizio, ma anche a quella che regnava nell'autoclave al momento del sinistro.

8.4) - "*Dica il c.t.u. quale intervallo di tempo trascorse tra l'aumento di pressione interna e l'ipotizzato scoppio*"; premesso che, come più sopra, non si è verificato alcuno scoppio, né tantomeno aumento di pressione interna, si può dire che il tempo intercorso tra l'apertura del portellone di carico e la "partenza", a guisa di missile, dell'autoclave è da considerare assolutamente minuscolo o addirittura irrisorio;

8.5) - "*Dica il c.t.u. se tale intervallo di tempo poteva essere rilevato e registrato con precisione dal sistema computerizzato di controllo della cottura del calcestruzzo all'interno dell'autoclave*"; la prontezza del sistema di controllo è stata tale da consentirgli di individuare l'apertura del portellone; tuttavia ogni sistema di controllo viene dimensionato per la funzione che deve assolvere e quindi, nel caso di specie, non aveva particolari necessità di risoluzione temporale e rapidità di risposta. Si deve tener in ogni caso presente che la valvola di massima, che certamente ha una notevole prontezza di risposta, non è intervenuta, a testimoniare che in nessun istante sono stati superati i valori limite di progetto;

8.6) - "*Dica il c.t.u. se l'acciaio della flangia di sicurezza dell'autoclave aveva spessore e composizione chimica idonei agli sforzi da sopportare a/o fossero presenti vizi strutturali*"; l'acciaio della flangia di sicurezza dell'autoclave era di

qualità non esplicitamente e normativamente dedicata alla realizzazione di apparecchi in pressione. Inoltre, anche le osservazioni sviluppate dal CTU della Procura di Frosinone, ing. Cancelliere, evidenziano che ***le dimensioni e spessori utilizzati nella realizzazione della staffa di sicurezza dell'autoclave n. 5 erano certamente ed ampiamente insufficienti a sopportare gli sforzi determinatisi in occasione del sinistro, che al contrario sarebbero stati sicuramente assorbiti dalle staffe realizzate per le altre autoclavi.***

8.7) - "*quantifichi il danno subito da Italgasbeton"*; da un punto di vista estimativo, il danno subito da Italgasbeton è stato già valutato dal Collegio peritale. Occorre comunque far riferimento alle conclusioni degli accertamenti, per derivare che poichè vengono esclusi dall'assicurazione i danni prodotti da "difetto di materiale", tutti i danni subiti dallo stabilimento e non solo quelli dell'autoclave in sé vanno esclusi da qualsiasi ipotesi risarcitoria. In proposito vale la pena di osservare da un lato che nel corso degli accertamenti esperiti nell'ambito della presente CTU è stato compiuto un sopralluogo presso lo stabilimento Italgasbeton, che è risultato completamente ricostruito e funzionante, al punto che il piazzale era sostanzialmente occupato da prodotti finiti e dall'altro, che la stessa Italgasbeton ha affermato (e documentato) nel corso del processo di aver sostenuto e/o assunto costi per meno di € 2.000.000,00: orbene, nel corso del sopralluogo sopra ricordato, si è potuto prendere atto che l'unico spazio vuoto oggi esistente nel capannone lavorazioni è quello corrispondente all'autoclave n. 5, non ancora ripristinata da Italgasbeton, e che di sicuro non costituisce un danno indennizzabile.

8.8) - "*Dica il CTU se la ITALGASBETON usando la normale diligenza avrebbe potuto rilevare che l'acciaio delle flange di sicurezza dell'autoclave 5 aveva spessore e composizione chimica inidonei agli sforzi da sopportare*". Essendo la flangia di sicurezza dell'autoclave interessata dal sinistro - per quanto evidenziato nella precedente conclusione al punto 8.6 - caratterizzata (oltre che da un acciaio di qualità non esplicitamente e normativamente dedicata alla realizzazione di apparecchi in pressione) da dimensioni e spessori certamente ed ampiamente insufficienti a

sopportare gli sforzi determinatisi in occasione del sinistro, è già accertato che si è in presenza di un particolare del macchinario che presenta un vizio intrinseco e dunque ogni ulteriore aspetto, compreso quello della rilevabilità di tale vizio, appare esulare da considerazioni di carattere tecnico e finirebbe per richiedere un accertamento impossibile, trattandosi di valutare le conoscenze tecniche e l'esperienza della proprietà e del personale di Italgasbeton.

In Napoli, 31 luglio 2013

- Allegato: Parere prof. Ortolani, Ordinario di Combustione e Sicurezza nel Politecnico di Milano (già versato in atti).

[illegible]