

CRITERI DI SICUREZZA E REGOLE TECNICHE DI PROGETTAZIONE: VERIFICHE ATTRAVERSO SISTEMI CAD DI TIPO “KNOWLEDGE BASED”

Paolo Bragatto¹, Silvia Ansaldi², Salvatore Garaffo³, Paolo Pittiglio¹

¹ISPESL-DIPIA Centro Ricerche Via Fontana Candida 00040 Monteporzio (RM)

²Consulente CAD-CAE-PDM Via Oberdan 40 00040 Monte Compatri (RM)

³ISPESL-Dipartimento di Catania L.go dei Vespri 95129 Catania

paolobragatto@tiscali.it

Sommario

I vari componenti degli impianti di processo sono soggetti ad insiemi o corpi di regole tecniche, la cui applicazione in fase di progettazione di dettaglio assicura il rispetto dei criteri generali di sicurezza. Le tecniche informatiche di rappresentazione e progettazione oggi più avanzate, quali i sistemi CAD di tipo “Knowledge based KB”, permettono di definire e gestire regole anche complesse, senza dovere intervenire a modificare il software. Le parti progettate utilizzando le potenzialità dei sistemi CAD di tipo KB, rispondono automaticamente alle regole precedentemente definite dallo stesso utente. Inoltre le incongruenze in parti progettate in precedenza sono automaticamente segnalate. Le regole diventano, così, parte integrante del modello stesso. La trasposizione di corpi di regole tecniche all’interno di un sistema KB - CAD, rappresenta una soluzione molto promettente per fornire ai progettisti ed ai verificatori strumenti operativi ai fini di rispondere a criteri generali di sicurezza.

1.LA SICUREZZA ATTRAVERSO I CRITERI E LE REGOLE

1.1 I requisiti di sicurezza

La progettazione di impianti deve rispondere ad una serie di criteri o requisiti minimi di sicurezza, sulla base dei quali gli impianti sono approvati dalle autorità competenti. Tra i componenti sottoposti a particolari criteri o requisiti di sicurezza rientrano, ad esempio, gli impianti elettrici, gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche e le cariche elettrostatiche, i recipienti ed i serbatoi, le tubazioni, gli apparecchi in pressione e gli apparecchi destinati a sostanze corrosive.

I requisiti possono riguardare i singoli apparecchi presenti nell’impianto, la disposizione ed i collegamenti, i processi, le sostanze, i materiali, i sistemi di sicurezza, ecc.. Per il progettista, i criteri minimi di sicurezza possono lasciare un margine di libertà molto ampio, poiché non costituiscono esplicite indicazioni costruttive per quanto fissato dal progettista, ma stabiliscono semplicemente le condizioni per le quali il progetto possa essere considerato sicuro. Nella maggior parte dei casi, infatti, i criteri di sicurezza sono verificati solo dopo la prima fase di progettazione. Al fine di guidare il lavoro del progettista in tutti i suoi passi, ed evitare che il progetto debba essere riconsiderato daccapo dopo che è stato verificato il mancato rispetto dei requisiti di sicurezza, sono stati definiti nei vari ambiti applicativi corpi di regole tecniche di verifica, che definiscono, anche a livello di dettaglio, le caratteristiche geometriche delle parti da realizzare in modo da avere sempre il rispetto dei requisiti minimi.

1.2 Le regole tecniche

Le regole tecniche non hanno mai caratteristiche di univocità, poiché dal medesimo criterio possono discendere regole pratiche differenti. Le regole tecniche, nate per la verifica, sono così dettagliate che possono essere usate direttamente in progettazione. Esse, anche se vincolano la libertà del progettista, consentono di avere una progettazione più rapida ed efficiente, con diretto raggiungimento della sicurezza dell’impianto. Pervenire agli obiettivi di sicurezza richiesti senza disporre di regole concrete sulle quali poggiarsi è possibile, ma richiede uno sforzo molto maggiore e lascia maggiori margini d’errore.

Il lavoro di verifica e approvazione che deve essere svolto dalle autorità competenti in materia di rischio di incidenti rilevanti, è facilitato dalla presenza di raccolte normative rigorosamente codificate più che da criteri generali di tipo flessibili.

In base al decreto ministeriale sui criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza[1], l'adozione di standard progettuali per serbatoi e per recipienti è un elemento di rilievo ai fini della valutazione della completezza ed adeguatezza dei contenuti dei rapporti di sicurezza.

Da un punto di vista logico è evidente che le regole discendono dai criteri; ma non è detto che ciò sia evidente. In molti casi, infatti, le regole sono semplicemente imposte senza motivarle in dettaglio ai soggetti obbligati a rispettarle. Questo fatto vale tanto per gli standard aziendali o gli standard di settore quanto per le norme nazionali. I criteri generali vengono così presentati in forma esplicita solo in caso si verifichino situazioni di interscambio con ambiti dove si applicano regole formalmente differenti, seppure derivanti dagli stessi criteri generali. In questo caso i criteri all'utente possono, erroneamente, apparire come condizioni ulteriori alle regole tecniche.

La distinzione fra regole e criteri non è per nulla accademica. Regole tecniche ben definite e collaudate, infatti, implicano, a differenza dei criteri base, la possibilità di "automatizzare" il rispetto delle regole stesse, in modo che non sia neppure possibile disegnare qualcosa di difforme. In tal caso il progettista sarebbe obbligato a disegnare componenti ed impianti secondo le regole definite e la sicurezza diventerebbe una caratteristica intrinseca di quanto disegnato. Per realizzare tutto questo è necessario che la gestione delle regole passi dalla responsabilità del singolo progettista ai sistemi informatici che già automatizzano quasi tutte le fasi del ciclo di progettazione.

2. LA GESTIONE DELLE REGOLE SISTEMI CAD DI ULTIMA GENERAZIONE

2.1 Lo sviluppo dei sistemi CAD

I sistemi Computer Aided Design (CAD) sono ormai adottati universalmente per la progettazione degli impianti. Esiste una ampia offerta commerciale di prodotti, caratterizzati da un nucleo di disegno e modellazione bi e tri dimensionale comune alle altre applicazioni settoriali e da una serie di moduli specifici per la progettazione di impianti di processi, quali moduli per il disegno di P&ID, di planimetria, di tubazioni, delle strutture di sostegno, ecc.

Dai sistemi CAD basati su modelli geometrici analitici si è passati ai modelli di tipo parametrico che consentono una maggiore flessibilità. I CAD di ultima generazione si sono evoluti ulteriormente verso modelli che, oltre il dato geometrico opportunamente parametrizzato, contengono, al proprio interno, regole e vincoli. Nella loro evoluzione i CAD, nati per trattare le caratteristiche geometriche, si sono evoluti verso strumenti in grado di gestire per tutte la conoscenza contenuta in un progetto: forma, funzioni, vincoli e standard. Con i sistemi CAD di ultima generazione, le regole non vengono definite una volta per tutte da chi sviluppa il programma CAD, ma restano esterne al programma stesso ed ogni gruppo di utilizzatori, in pratica ogni azienda, può definire le proprie "regole" che comprendono non sole le norme e gli standard cogenti ma anche gli standard aziendali, le norme interne e tutte le regole implicite derivanti dall'esperienza dell'azienda. Per questo motivo i sistemi CAD che hanno la possibilità di definire regole vengono definiti, non senza una certa enfasi commerciale, sistemi KB o "knowledge based" (basati sulla conoscenza).

2.2 Settori di applicazioni dei KB-CAD

Le parti progettate con i KB-CAD rispondono automaticamente alle regole definite *a priori* dal supervisore o dal progettista stesso. Inoltre i KB-CAD possono trattare parti comunque progettate, verificandone *a posteriori* la congruenza con le regole definite e segnalando eventuali difformità.

Il limite è che in ogni modo i KB-CAD presuppongono si possa inizialmente disporre di regole di dettaglio ben definite, mentre i requisiti o criteri più generali non possono entrare nella gestione automatica delle regole[2].

Un settore specifico, che si presta per un'esemplificazione ed una sperimentazione dell'applicazione automatizzata di regole di sicurezza in fase di progettazione, è quello degli apparecchi a pressione; per i quali nei Paesi industrializzati esistono da decenni corpi di regole tecniche nazionali molto dettagliate. La comune base scientifica di queste regole è il ricorso a formule che rappresentano, quando possibile, soluzioni del calcolo strutturale nel dominio di applicazione, nonché a soluzioni empiriche[3].

3. I KB-CAD E LE NORME DI PROGETTAZIONE PER GLI APPARECCHI IN PRESSIONE

3.1 La progettazione degli apparecchi in pressione

La Commissione Europea, con la Direttiva 97/23/CE (PED) [4], dovendo uniformare la materia, al fine di rendere effettivamente libero, in tutta l'Unione, il commercio di questi apparecchi, come per tutti i prodotti in generale, piuttosto che indicare esplicitamente uno specifico corpo di regole da seguire, ha preferito introdurre dei "requisiti essenziali di sicurezza" o RES, ai quali devono rispondere gli apparecchi.

I corpi nazionali di regole tecniche, che in Italia come in altri paesi avevano carattere cogente, con la nuova Direttiva hanno perso la loro importanza formale a vantaggio della diversità dei vari standard nazionali e della libertà del progettista. Le regole tecniche continuano in ogni modo ad essere di grande interesse, per le attività di progettazione e verifica, poiché costituiscono l'unica strada conosciuta per arrivare a costruire apparecchi effettivamente rispondenti ai requisiti di sicurezza.[5-8] Il fatto che l'autorità statale abbia voluto in un certo senso recedere da un settore tecnico di dettaglio accresce la responsabilità dei costruttori che difatti continueranno ad applicare le regole di dettaglio per arrivare al rispetto dei criteri più generali, questi sì, oggetto di controlli vincolanti.

3.2 La raccolta ISPEL-VSR

Le formule definite nella Raccolta ISPEL – VSR (Verifica di Stabilità dei Recipienti in pressione), adottate con il DM del 21 novembre 1972 e riviste nel 1995 [6], consentono di dimensionare i recipienti in pressione al fine assicurarne le condizioni di stabilità. Essendo emerse alcune discordanze fra la normativa ISPEL e la direttiva PED, sono state apportate alcune modifiche alla raccolta VSR, in modo da armonizzarla con la direttiva europea. Analoghi adeguamenti sono stati apportati anche alle altre raccolte ISPEL (VSG,M,S) [9]

Tabella 1 Quadro riassuntivo delle regole VSR.1 da applicarsi a recipienti in pressione, da realizzare con acciai non legati, debolmente legati e legati, esclusi gli acciai inossidabili austenitici.

VSR.1.D	Fasciami cilindrici sottoposti a pressione interna ...
VSR.1.E	Fondi curvi
VSR.1.E.2	Fondi curvi pieni sottoposti pressione su superficie di intradosso
VSR.1.E.3	Fondi curvi intermedi saldati internamente a fasciami cilindrici
VSR.1.E.4	Fondi curvi di estremità di fasciami cilindrici, sottoposti a pressione su estradosso
VSR.1.E.5	Fondi a calotta sferica saldati a membrane coniche
VSR.1.E.6	Fondi a calotta sferica saldati a flange
VSR.1.F	Fondi conici e riduzioni tronco-coniche sottoposti a pressioni interne
VSR.1.G	Corpi sferici sottoposti a pressione interna
VSR.1.H	Membrane sottoposte a pressione interna
VSR.1.H.2	Fasciami cilindrici sottoposti a pressione interna
VSR.1.H.3	Anelli di irrigidimento per fasciami cilindrici sottoposti a pressione interna
VSR.1.H.4	Corpi sferici sottoposti pressione esterna
VSR.1.H.5	Fondi curvi sottoposti a pressione sulla parte convessa
VSR.1.H.6	Fondi conici sottoposti a pressione esterna
VSR.1.H.7	Aperture nelle pareti sottoposte a pressione esterna
VSR.1.K	Aperture e tronchetti su pareti sottoposte pressione interna
VSR.1.K.3	Fasciami cilindrici e conici, sferici fondi curvi con aperture isolate
VSR.1.K.4	Fasciami cilindrici e conici, sferici fondi curvi con aperture multiple
VSR.1.K.5	Distanza minima di una apertura dal bordo della parete principale
VSR.1.L	Pareti piane e fondi piani
VSR.1.L.2	Pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati e senza aperture
VSR.1.L.3	Pareti piane e fondi piani circolari non rinforzati con aperture
VSR.1.L.4	Pareti piane e fondi piani circolari rinforzati
VSR.1.L.5	Pareti piane e fondi piani rettangolari ellittici, pseudo ellittici non rinforzati
VSR.1.M	Tubi
VSR.1.N	Piastr tubiere di scambiatori di calore ...
VSR.1.P	Compensatori di dilatazione ...
VSR.1.Q	Canali saldati sull'estradosso di recipienti in pressione ...
VSR.1.R	Bulloni tiranti e viti
VSR.1.S	Collettori quadrangolari
VSR.1.T	Vasi di espansione
VSR.1.U	Giunti flangiati imbullonati
VSR.1.V	Viti a morsetto

Le regole della raccolta VSR definiscono, in funzione delle caratteristiche geometriche e delle pressioni di esercizio, gli spessori minimi dei fasciami cilindrici, dei fondi, piani, sferici o conici, delle pareti plane, dei corpi sferici e delle altre membrature. Definiscono condizioni su tutte le forme ed i particolari costruttivi di rilievo ai fini della caratterizzazione dell'apparecchiatura. Nella tabella 1 si riportano, per i principali particolari costruttivi, il riferimento delle norme VSR applicabili. Questi sono i particolari costruttivi che in genere si trovano negli apparecchi in pressione. Ovviamente deve essere verificata la completezza del contenimento.

Le figure 1-a e 1-b e 1-c riportano tre esempi di schemi di disegni tratti dalla raccolta VSR ed in particolare dalla norma VSR.1.K.5 sulla distanza minima di una apertura dal bordo delle pareti plane, dalla norma VSR.1.L.2 relativa alle pareti plane e fondi piani circolari non rinforzati senza aperture ed alla norma VSR.1.L.3 relative alle aperture su fondi piani.

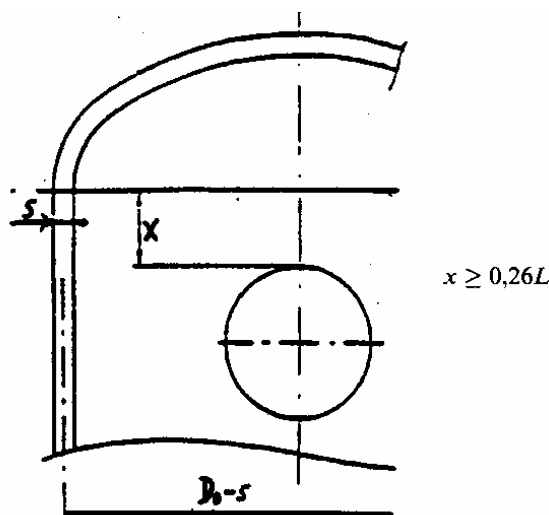


Figura 1 – a Schema di disegno estratto dalla Raccolta Ispesl VSR (regola VSR.1.K.5 sulla distanza dal bordo delle aperture sulla parete principale)

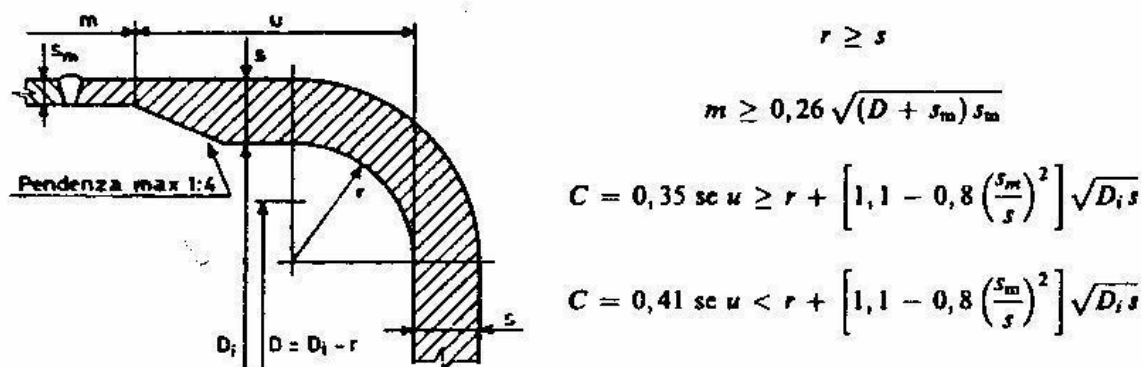
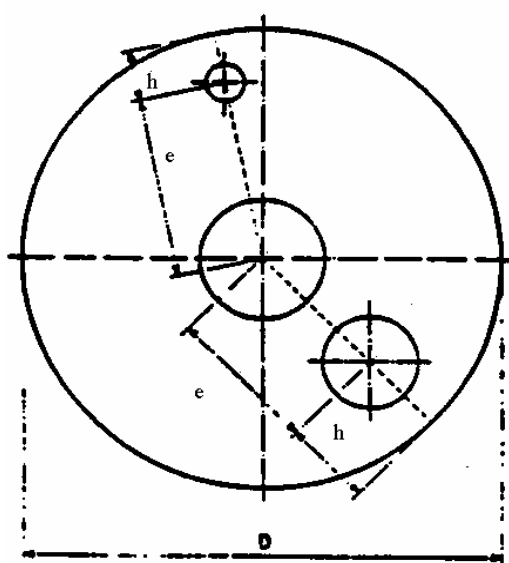


Figura 1 – b Schema di disegno estratto dalla Raccolta Ispesl VSR (regola VSR.1.L.2 sugli spessori minimi delle pareti plane e raccordo fondo-fasciame)



$$2.1.1. \quad s_0 = C Y_1 D \sqrt{\frac{p}{f}}$$

$$2.1.2. \quad s_0 = C_1 Y_2 D \sqrt{\frac{p}{f}}$$

$$2.3.1. \quad Y_1 = \sqrt{\frac{e}{e-d}} \text{ comunque } \leq 2$$

$$2.3.2. \quad Y_2 = \sqrt{\frac{e}{e-d}}$$

Figura 1 – c Schema di disegno estratto dalla Raccolta Ispesl VSR (regola VSR.1.L.3 sulle aperture su pareti piane)

4 L'APPLICAZIONE DIMOSTRATIVA CATIA-VSR

4.1 Caratteristiche generali

Nell'ambito delle attività di ricerca sviluppate dall'ISPESL, che in Italia è l'organo responsabile dello sviluppo e dell'aggiornamento delle regole tecniche per gli apparecchi in pressione, si è voluto verificare come si potesse inserire un automatismo intrinseco di applicazione delle regole di sicurezza già nella fase di progettazione dei componenti, facendo uso di un sistema KB-CAD consolidato, quale il CATIA_V5® della Dassault Systems. In particolare l'applicazione sviluppata, denominata "CATIA-VSR", dimostra la fattibilità delle seguenti operazioni:

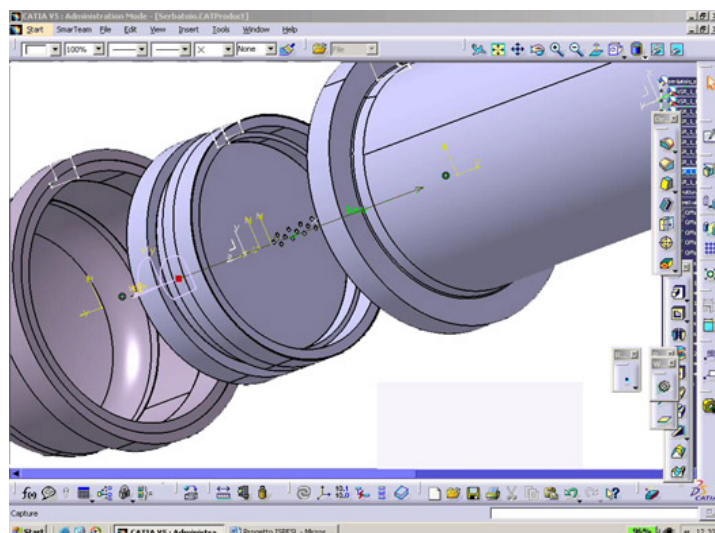
- disegnare componenti rispondenti alle formule contenute nella raccolta ISPESL-VSR,
- verificare, su disegni di pezzi progettati in precedenza, con sistemi CAD meno sofisticati, la rispondenza o meno alle norme di cui alla raccolta ISPESL-VSR.

. Sono stati utilizzati esclusivamente gli strumenti di personalizzazione normalmente a disposizione degli utilizzatori del prodotto CATIA V5. In particolare, si è utilizzato il modulo "knowledgeware", per definire e verificare le regole di disegno delle parti.

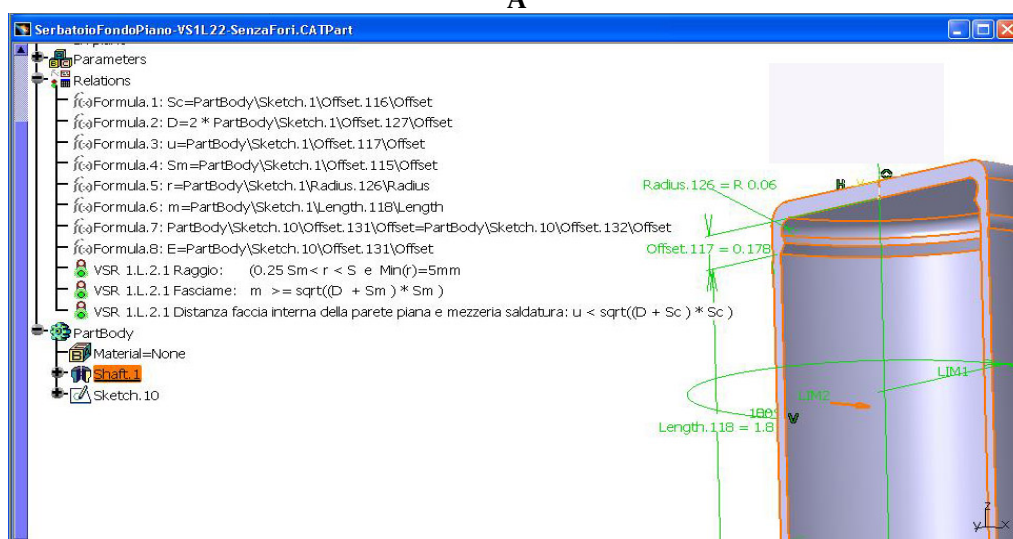
4.2 CATIA-VSR per lo sviluppo di nuovi disegni

L'applicazione CATIA-VSR può essere utilizzata per il progetto di nuovi componenti conformi alle norme VSR. Le caratteristiche dell'applicazione sono state sviluppate in funzione di questi diversi utilizzi. In particolare per l'utilizzo in fase di progetto è stata prevista la possibilità di indicare da un catalogo guidato la tipologia generale di apparecchio, di indicare i principali parametri progettuali dell'apparecchio, quali dimensioni e condizioni d'esercizio, di inserire i particolari parametrizzati traendoli da un catalogo guidato ; di produrre disegni nei formati usuali; di produrre modelli solidi utilizzabili nelle diverse applicazioni.

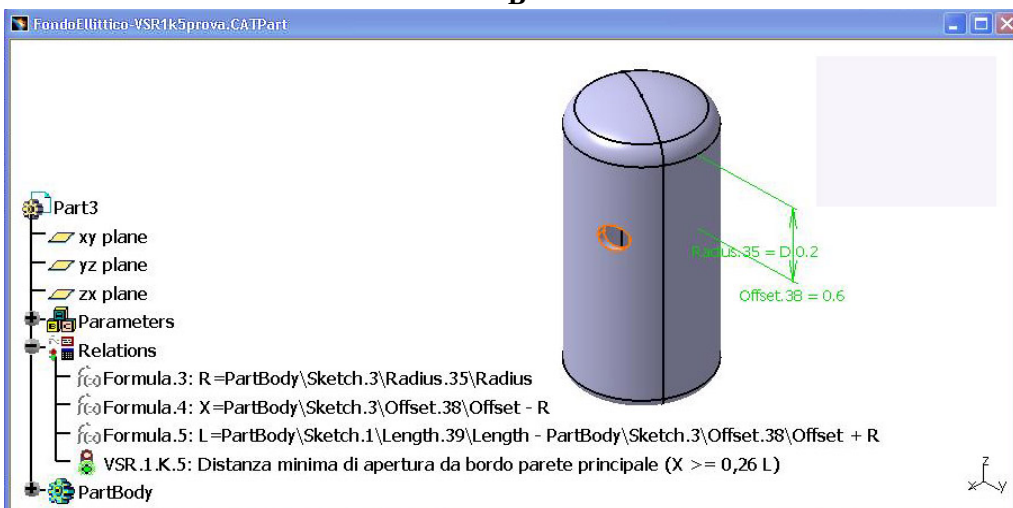
Nelle figure 2-a e 2-b i disegni di recipienti con fondi piani, sviluppati con l'applicazione CATIA-VSR



"A"



"B"



"C"

Figura 2 Disegno di recipienti con CATIA-VSR. Nella figura 2 – a il modello di uno scambiatore di calore. Nelle figure 2-b e 2-c due particolari di un recipienti in pressione disegnati con CATIA-VSR. A sinistra nelle figure b e c l'albero logico del modello solido con le formule ed riferiti alle nomenclature VSR, a destra i parametri di disegno riportati sul modello. I semafori verdi evidenziano le regole VSR.1, applicate nella progettazione del particolare.

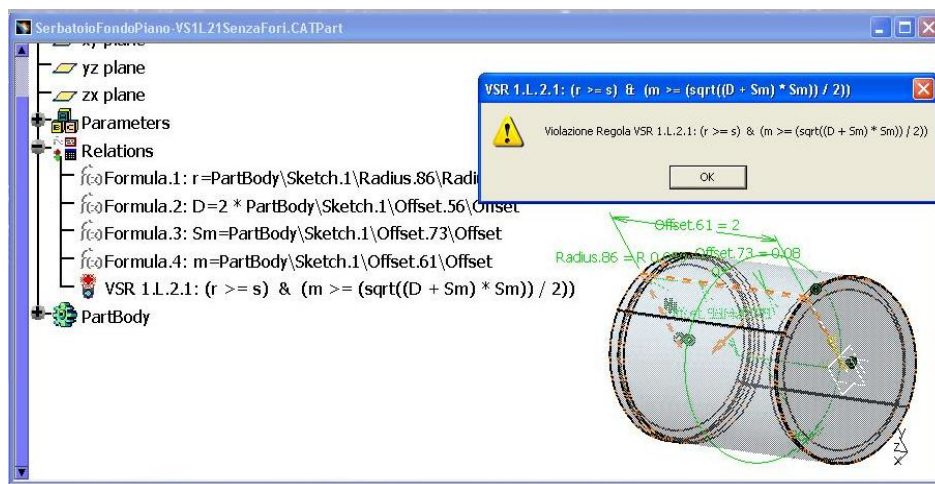
4.3 CATIA-VSR per la modifica di disegni esistenti

L'applicazione non si limita allo sviluppo di nuovi progetti, ma si estende alla verifica di conformità alle norme VSR sui disegni di recipienti sviluppati senza utilizzare strumenti per assicurare il rispetto delle norme tecniche. Questo aspetto è utile per i disegnatori che devono verificare la correttezza di progetti sviluppati in precedenza, al fine di poterli riutilizzare in nuovi lavori; ma soprattutto è essenziale perché l'applicazione possa essere applicata da parte degli organismi di controllo.

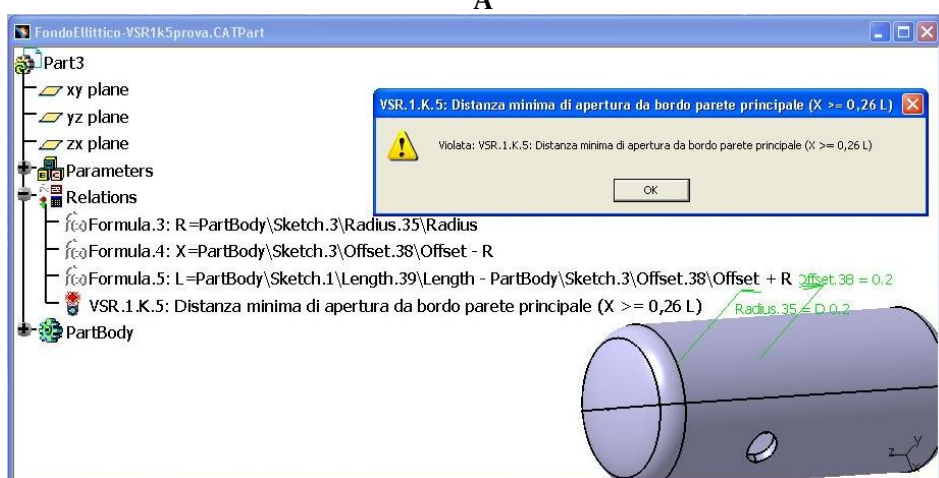
L'applicazione prevede l'importazione di modelli sviluppati senza l'utilizzo dell'applicazione ed il riconoscimento e l'esplicitazione dei parametri significativi e la successiva verifica delle regole. Al momento attuale l'applicazione consente la verifica su qualsiasi modello solido parametrico, a condizione che siano stati realizzati con il sistema CAD CATIA V5, o che, comunque, siano stati opportunamente convertiti nella rappresentazione di CATIA V5. Il riconoscimento dei parametri impliciti è un passaggio obbligato perché nei disegni precedenti la parametrizzazione, se presente, segue, con ogni probabilità, schemi e scopi differenti e deve ovviamente essere ricondotta ad una parametrizzazione unificata, funzionale alle verifiche delle regole inserite nel sistema e confrontabile con la nomenclatura adottata nella raccolta VSR. Va notato la fase del riconoscimento è la più delicata, poiché la successiva verifica si basa esclusivamente sui parametri riconosciuti. Nel caso di progetti forniti agli organismi di controllo il riconoscimento ci si avvale, come ovvio, soprattutto dei dati tabellari che il costruttore fornisce a corredo del progetto sottoposto a verifica.

Alla fase di riconoscimento dei parametri segue la verifica propriamente detta. Questa fase utilizza direttamente il sistema di gestione delle regole caratteristico di CATIA V5. La violazione delle regole viene segnalata anche graficamente sul disegno stesso, attraverso l'icona di un semaforo verde per indicare la conformità e del semaforo rosso per indicare la difformità. L'applicazione prevede anche un messaggio di tipo "pop-up" che evidenzia la violazione registrata. L'applicazione verifica automaticamente tutti i parametri riconosciuti.

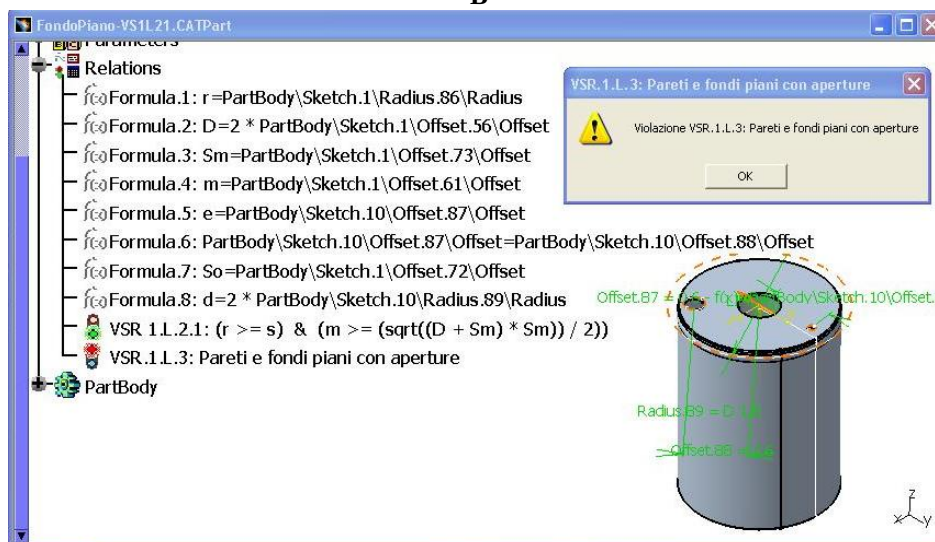
La figura 3 mostra tre casi di violazione delle regole VSR su dettagli di recipienti, adeguatamente verificate e segnalate tramite l'applicazione CATIA-VSR.



"A"



"B"



"C"

Figura 3 Verifiche, tramite CATIA-VSR, di dettagli su recipienti in pressione. Il semaforo rosso nell'albero logico evidenzia la violazione alla quale si associa un messaggio "pop-up con la regola violata. La figura 3-a si riferisce alla regola VSR.1.L.2.1; la 3-b alla regola VSR.1.K.5; la 3-c alla regola VSR.1.L.3. Nel modello la parte interessata viene evidenziata in funzione delle diverse rappresentazioni.

5. Trasferimento dei risultati

I risultati ottenuti sono condizionati all'uso di alcune caratteristiche specifiche del software CATIA-V5. L'integrazione fra un "gestore di regole" ed un software CAD non è esclusiva del CATIA. Questa possibilità è presente, seppure con modalità differenziate, nei prodotti presenti nella fascia alta del mercato.

Nel caso si volesse lavorare con sistemi CAD che non dispongano di un gestore di regole cablati al proprio interno, è, tuttavia, possibile pensare al trasferimento del metodo qui presentato. Ovviamente occorrerà scegliere uno dei tanti "gestori di regole", disponibili anche nel pubblico dominio, ed accoppiarlo al sistema CAD preferito. L'integrazione fra i sistemi CAD di maggiore diffusione e sistemi di gestione di regole non presenterebbe peraltro difficoltà concettuali, essendo stato da tempo dimostrato fattibile in contesti diversi da quello della sicurezza[10,11]. Ovviamente in quest'ultimo caso va previsto un investimento maggiore in termini di sviluppo software.

Il prototipo sviluppato è riferito ad un sottoinsieme ridotto del corpo di norme tecniche italiane per la verifica dei recipienti in pressione. Nel corso dello sviluppo non si sono individuati ostacoli per l'estensione all'intera raccolta delle norme sulla stabilità degli apparecchi in pressione, come pure all'analoga raccolta per i generatori di vapore. Anche campi esclusi dalle raccolte ISPEL, come il disegno di tubazioni, di recipienti a bassa pressione, di pompe ed apparecchi rotanti in genere, possono benissimo rientrare nell'applicazione. Di fatto, il prototipo realizzato non è altro che una metodologia di lavoro. Individuato un corpo di regole applicabile, esse possono essere inserite nello schema di sviluppo del progetto, grazie all'impiego di un KB_CAD. Queste regole, che ovviamente possono essere le regole nazionali od internazionali, devono essere regole di dettaglio, riferite a parametri geometrici che possano essere riconosciuti nei modelli CAD.

Le regole si estrinsecano in formule, le formule hanno un processo di definizione complesso: si parte dall'uso funzionale del componente per scendere alla tipologia costruttiva, dalla quale a sua volta discende il particolare costruttivo, rappresentato dalla figura che fornisce i parametri in base ai quali si definisce la formula, che è il contenuto direttamente verificabile della regola stessa. La verifica della formula non costituisce, ovviamente, una difficoltà. La difficoltà sta piuttosto nel riconoscere nei disegni, comunque prodotti, le figure dei particolari soggetti a regole in modo da ricondurre disegni e modelli differenti ad una parametrizzazione unificata, rispetto alla quale effettuare il controllo.

6. Conclusioni

Pensare che i progressi della tecnologia ed in particolare dell'informatica, per il solo fatto di essere applicati, portino sempre benefici immediati è senza dubbio illusorio e ingenuo, per l'ambiente e per la sicurezza, come pure per tutti gli altri ambiti. È però vero che gli sviluppi recenti dell'informatica offrono alcune potenzialità ai fini della sicurezza, che è opportuno cogliere. Fra queste la possibilità di rendere le regole di sicurezza e le parti progettate con il CAD così intrinsecamente legate che diventi impossibile avere delle parti senza o al di fuori delle regole che le devono sempre accompagnare. A questi fini diventa essenziale individuare, per le varie tipologie di componenti impiantistiche, gli insiemi di regole definite e codificate da applicare ai fini della sicurezza [12, 13].

Dai sistemi KB-CAD si potrebbero attendere, in particolare, vantaggi per il lavoro di verifica ed approvazione che viene svolto, a vari livelli, da parte degli organi competenti. I sistemi KB-CAD potrebbero fornire, in modo molto rapido, una prima valutazione di congruenza per i progetti di apparecchi a pressione, come pure per serbatoi, tubazioni, apparecchi rotanti e per tutte le altre parti d'impianto soggette in vario modo a verifica. Questa prima valutazione costituirebbe una ottima base dalla quale i soggetti incaricati potrebbero partire per svolgere, secondo i modi e le responsabilità definite, le successive fasi di verifica e approvazione.

Bibliografia

- [1] D.M. 20 ottobre 1998 Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi a depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici. G.UFF. n° 262 del 9 novembre 1998 Supplemento Ordinario.
- [2] S. Ansaldi, P. Bragatto, F. Giannini, G. Ludovisi, M. Monti Criteri di sicurezza intrinseca per la progettazione di impianti di processo attraverso strumenti CAD, CAE e PDM in *Proc. convegno scientifico nazionale "sicurezza nei sistemi complessi"* Bari 17-18 ottobre 2003

- [3] F.Marra Il cilindro a pressione interna: basi teoriche delle formule nella normativa ANCC *Il Calore* n°8 1971
- [4] D.Lgs 25 febbraio 2000 n° 93 recepimento Direttiva 97/23/CE G.Uff n°55 4 marzo 2000
- [5] I.S.P.E.S.L. – “Raccolta VSR - Specificazioni tecniche applicative del DM del 21 novembre 1972 per la verifica della stabilità dei recipienti in pressione” – Revisione 1995
- [6] I.S.P.E.S.L. – “Raccolta S - Specificazioni tecniche applicative del DM del 21 novembre 1972 per l’impiego della saldatura nella costruzione e riparazione degli apparecchi e sistemi in pressione” – Revisione 1995
- [7] I.S.P.E.S.L. – “Raccolta M - Specificazioni tecniche applicative del DM del 21 novembre 1972 per l’impiego dei materiali nella costruzione degli apparecchi e sistemi in pressione” – Revisione 1995
- [8] I.S.P.E.S.L. – “Raccolta VSG - Specificazioni tecniche applicative del DM del 21 novembre 1972 per l’impiego dei materiali nella costruzione degli apparecchi e sistemi in pressione” – Revisione 1995
- [9] A. Misiti “Raccomandazioni del Comitato Termotecnica Italiano per l’uso delle raccolte ISPESL rev.95, nell’ambito dell’applicazione della direttiva CE 97/23” Comitato Termotecnico Italiano CTI-R0302 rev. Aprile 2004
- [10] N.Judica S.Analdi Generatives Arbeits.plannungssystem mit CAD-Kopplung in *ZWF-CIM Zeitschrift fur Wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung* vol 84 Munchen 1989
- [11] S.Analdi B.Falcidieno Extracting and completeing Feature Information in Process Planning Application in *Geometric Modeling for product Engineering* North Holland Amsterdam 1990
- [12] M. De Faveri F. Cappelletti “Individuazione dei piu' moderni ed efficaci provvedimenti ed apparati di sicurezza offerti dalla odierna tecnologia per ciascun tipo degli impianti ad alto rischio”, Conv. n° 10094 ISPESL – Un. Catt. S.Cuore 1996
- [13] COMAH *Safety report assessment manual* in <http://www.hse.gov.uk>