



**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

Siemens Digital Industries Software

# Tutto quello che occorre sapere sulla caduta di pressione

Analisi meccanica

# Introduzione

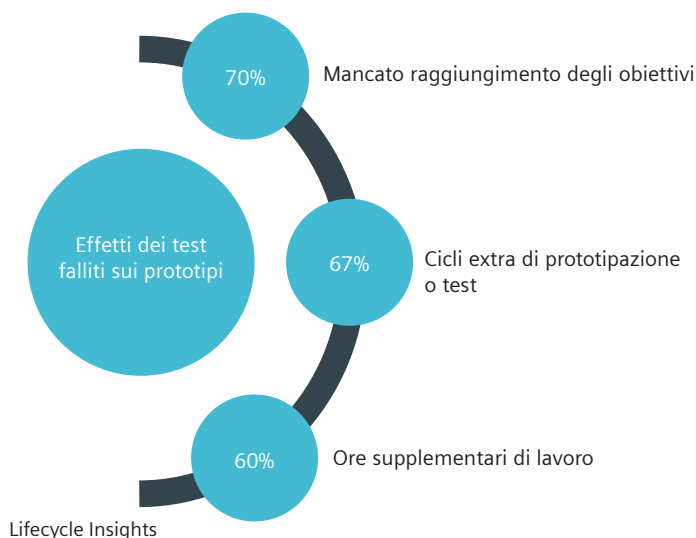
La pressione e la perdita di carico sono tra gli aspetti più importanti da considerare nella progettazione di molti prodotti. Una perdita di pressione comporta, infatti, un calo di energia che richiede un consumo energetico maggiore per essere compensata. Pertanto, è ragionevole pensare che una progettazione ottimizzata, con conseguenti condizioni di pressione ottimali, porterebbe ad un notevole risparmio energetico.

Come sappiamo, esistono molti tipi di pressione: statica, dinamica, totale e potenziale. Ma oltre a questo, come si comporta il fluido vero e proprio? È incompressibile? Presenta qualche attrito? Qual è la densità del fluido?

Benché sia semplice trovare le varie formule che possono aiutarci a capirlo, non lo è altrettanto applicarle quando si progetta un prodotto complesso e si deve calcolare la perdita di pressione. È qui che entra in gioco la fluidodinamica computazionale (CFD). La CFD è tra gli strumenti di progettazione più importanti a disposizione di un progettista, in quanto può aiutare a comprendere le tendenze di progettazione e ad identificare i modelli potenzialmente validi.

## Ottenere un ROI migliore anticipando l'analisi nel processo di progettazione

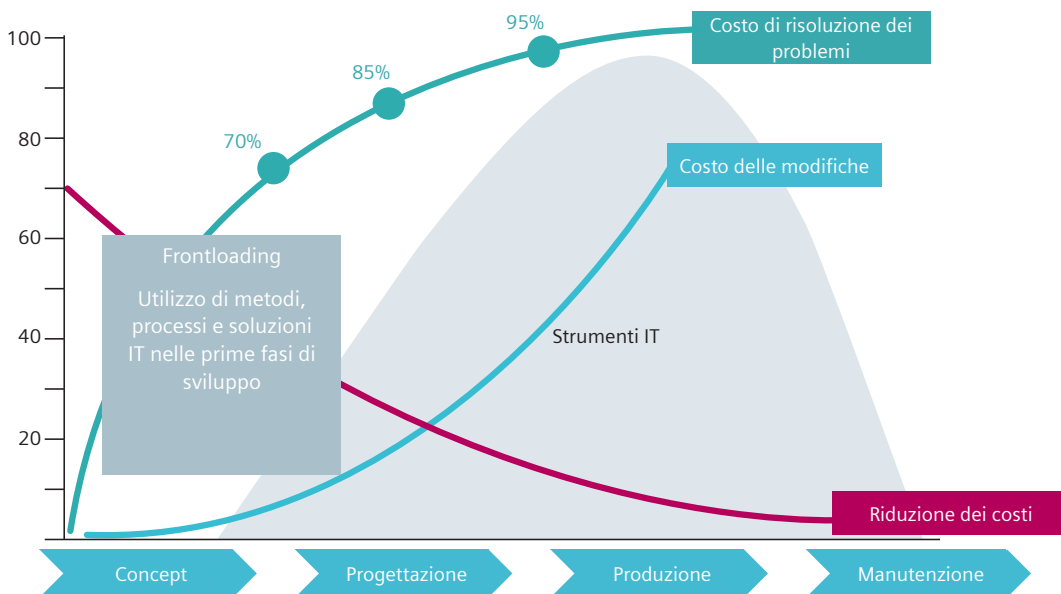
Purtroppo, non sempre la CFD viene insegnata in modo esauriente nell'ambito di un programma universitario e quando viene fatto, la si utilizza spesso solo per un paio di semplici problemi. Fino a poco tempo fa, inoltre, il software commerciale disponibile per la CFD si rivolgeva principalmente agli specialisti, limitandone la diffusione. Oltre ad essere molto costosi, questi strumenti erano difficili, complessi e laboriosi da usare. Di conseguenza, le analisi ingegneristiche per applicazioni come la perdita di carico sono state tipicamente effettuate da specialisti nei reparti di analisi, separati dai reparti di progettazione e sviluppo tradizionali. Per testare o verificare i propri



progetti, gli ingegneri meccanici si sono affidati alla creazione di prototipi fisici, testandoli su un banco di flussaggio o un banco di prova.

Tuttavia, testare un progetto solo in fase di prototipazione è costoso. Secondo un rapporto di Lifecycle Insights [1], i test falliti sui prototipi, oltre al mancato raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal progetto, comporterebbero ulteriori cicli di test e la necessità di lavorare ore supplementari.

Ridurre il costo delle modifiche e integrare più spazio per la riduzione dei costi permettono di ottenere un ritorno sull'investimento più significativo (figura 1) [2]. Il Prof. Martin Eigner ha coniato il termine "frontloading" per indicare la prassi di utilizzare tutta una serie di strumenti di simulazione software, tra cui la CFD, all'inizio del processo di progettazione [2].



Fonte: Prof. Dr. Martin Eigner, VPE, TU Kaiserslautern

Figura 1: Anticipare la simulazione aiuta a ridurre i costi

Diversi sondaggi condotti da vari analisti di settore e fornitori di sistemi CAE mostrano come le aziende più virtuose valutino le prestazioni dei propri progetti nelle prime fasi del processo di sviluppo e promuovano attivamente la collaborazione e la condivisione delle conoscenze tra esperti di analisi e progettisti.

### In che modo la CFD di progetto ha modificato il processo di progettazione

Circa 20 anni fa, con la comparsa dei primi strumenti di simulazione, fu introdotta la stress analysis relativa alle prime fasi di progettazione, la quale divenne rapidamente parte integrante del processo. Oggi, tutti i principali strumenti software MCAD offrono la possibilità di eseguire tale analisi a livello di progetto. Tuttavia, il fatto di anticipare la simulazione delle sollecitazioni e di condurre analisi nelle prime fasi di progettazione non significa che i produttori abbiano smesso di simulare durante la fase di validazione. La simulazione è diventata

un metodo per esaminare le tendenze e scartare in anticipo le idee progettuali meno interessanti.

A differenza della fase di verifica, la velocità è fondamentale durante la fase di progettazione. Gli ingegneri, non solo devono simulare prima, ma anche spesso al fine di stare al passo con le continue modifiche apportate al progetto. Per mezzo di iterazioni continue, gli ingegneri possono scartare le idee meno interessanti e realizzare progetti più innovativi. Una volta esaminato un progetto e accertata la sua fattibilità, questo può proseguire fino alla fase di verifica.

Questa pratica si è estesa a nuove aree, tra cui l'analisi CFD. Ora disponiamo di strumenti CFD di facile utilizzo per i progettisti, completamente integrati all'interno degli strumenti CAD. Grazie alla combinazione di questi strumenti è possibile creare un prototipo di digital twin, ovvero una rappresentazione virtuale del prodotto.

I vantaggi della CFD di progetto integrata nel CAD includono:

- Riduzione dei costi di sviluppo prodotto
- Riduzione del time-to-market
- Realizzazione di prodotti più innovativi e più performanti
- Eliminazione dei colli di bottiglia operativi nel processo di progettazione
- Riduzione del rischio operativo grazie al rispetto di normative sempre più rigorose

### Perché il frontloading richiede la simulazione all'interno del CAD

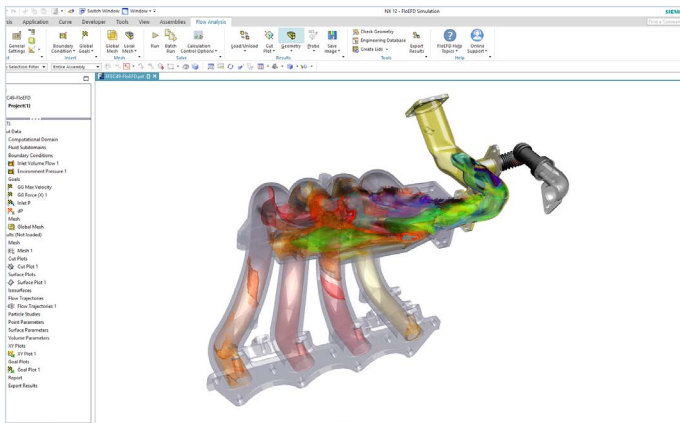
I software CFD tradizionali dispongono, il più delle volte, di interfacce proprietarie non integrate con il CAD e, nella migliore delle ipotesi, offrono strumenti di conversione dati per spostare i modelli dal CAD al software CFD. Pertanto, prima di analizzare un modello è necessario preparare, esportare i dati dal CAD e importarli successivamente nel software CFD dove il modello può essere "preparato" all'uso.

Inoltre, presentano un numero considerevole di tecnologie, che necessitano di conoscenze e di una formazione avanzata per essere utilizzate, motivo per cui il compito è solitamente assegnato ad analisti specializzati. La maggior parte degli strumenti CFD tradizionali, ad esempio, supporta numerosi tipi di mesh. L'utente deve saper riconoscere il più appropriato per l'applicazione, la fisica e il tipo di flusso specifici e lavorare sulla mesh fino al raggiungimento di un risultato ottimale per il modello e l'applicazione specifici. In sintesi, l'utilizzo di strumenti CFD tradizionali può essere estremamente dispendioso in termini di tempo e più lento del previsto in fase di progettazione. Come risultato di questa specializzazione, il lavoro di analisi degli aspetti di pressione di un progetto, che influenzano il funzionamento del prodotto, è stato separato dai reparti di progettazione e sviluppo.

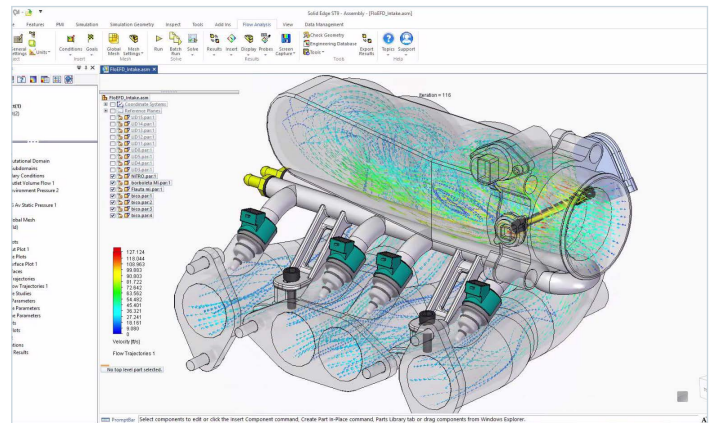
Al contrario, le soluzioni CFD ideali per i progettisti:

- Sono completamente integrate nel CAD: questi strumenti sono facilmente accessibili all'interno del programma CAD e utilizzano la stessa geometria nativa per l'analisi. L'esportazione dei dati in preparazione all'analisi non è più necessaria. Inoltre, il software si inserisce facilmente nei vari contesti e non richiede l'apprendimento di una nuova interfaccia. L'analisi CFD rappresenta solo una funzionalità aggiuntiva offerta dal pacchetto CAD.
- Dispongono di un'automazione intelligente: i programmi CFD integrati nel CAD devono disporre di un'automazione intelligente integrata per consentire analisi più facili, veloci e precise. Ad esempio, quando si considerano i problemi di flusso dei fluidi, a volte i progettisti desiderano comprendere cosa succede nello spazio vuoto (complementare al solido). Con la CFD tradizionale, è necessario creare una geometria aggiuntiva per rappresentare quello spazio. Le soluzioni CFD integrate nel CAD, invece, riconoscono che lo spazio vuoto è costituito dal fluido, permettendo all'utente di non perdere tempo prezioso nel realizzare la geometria necessaria ed evitando così un passaggio inutile. Inoltre, prima di iniziare l'analisi, il modello deve essere reso in un formato di mesh. Mediante la CFD tradizionale, l'ingegnere deve sapere esattamente quale algoritmo descriverà al meglio il fenomeno di flusso analizzato. Le soluzioni CFD integrate nel CAD, invece, dispongono di un generatore di mesh completamente automatizzato, in grado di generare la mesh ottimale per il problema generato.
- Combinano velocità e precisione: Le soluzioni CFD che possono essere realmente utilizzate all'interno del CAD e anticipate nel processo di progettazione possono ridurre in modo significativo i tempi di simulazione complessivi: alcune aziende hanno riportato una riduzione dei tempi pari al 75% e una produttività fino a 40 volte superiore.

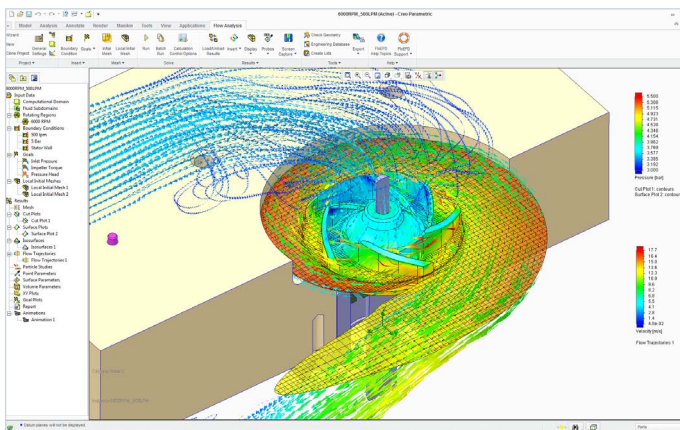




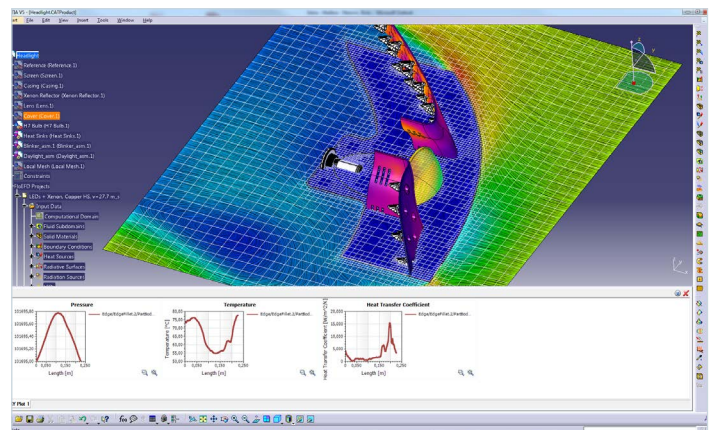
Simcenter FLOEFD per NX



Simcenter FLOEFD per Solid Edge



Simcenter FLOEFD per PTC Creo



Simcenter FLOEFD per CATIA V5

Figura 2: Simcenter FLOEFD è integrato nei comuni programmi MCAD.

### La soluzione leader per la CFD di progetto

Il software Simcenter FLOEFD™ è integrato nei set di strumenti MCAD come CATIA® V5, Creo™ Elements/Pro™, NX™ e Solid Edge®. Con Simcenter FLOEFD, i progettisti possono concentrarsi sull'analizzare i dettagli relativi alla distribuzione della pressione nel fluido e il carico esercitato sulla versione solida dei loro prodotti. È possibile eseguire scenari "what-if" per analizzare complesse relazioni fisiche, ad esempio tra caduta di pressione e portata.

Simcenter FLOEFD combina tutte le fasi dell'analisi della caduta di pressione in un unico pacchetto, dalla modellazione 3D all'impostazione del problema, dall'esecuzione alla visualizzazione dei risultati, dalla validazione alla reportistica. Le applicazioni tipiche per la caduta di pressione includono flussi attraverso valvole, collettori, scambiatori di calore, sistemi di filtrazione,

contenitori per componenti elettronici e condotti: di fatto qualsiasi sistema il cui obiettivo è ridurre la quantità di energia necessaria per muovere un flusso o per massimizzarne la capacità.

Con Simcenter FLOEFD, i progettisti possono analizzare in dettaglio le ragioni per cui il flusso di gas o di liquido può essere ad una pressione più alta o più bassa di quella consentita dalle specifiche tecniche. Tutto ciò di cui il progettista ha bisogno è la conoscenza del sistema MCAD e della fisica del prodotto che sta progettando. Dopo l'installazione di Simcenter FLOEFD, tutti i menu e i comandi necessari per eseguire un'analisi CFD completa sono creati nel menu del sistema CAD utilizzato. Questa stretta interazione tra il sistema MCAD e Simcenter FLOEFD lo rende estremamente facile da usare. Infatti, la maggior parte dei progettisti sono pronti a utilizzare Simcenter FLOEFD in meno di otto ore di formazione.

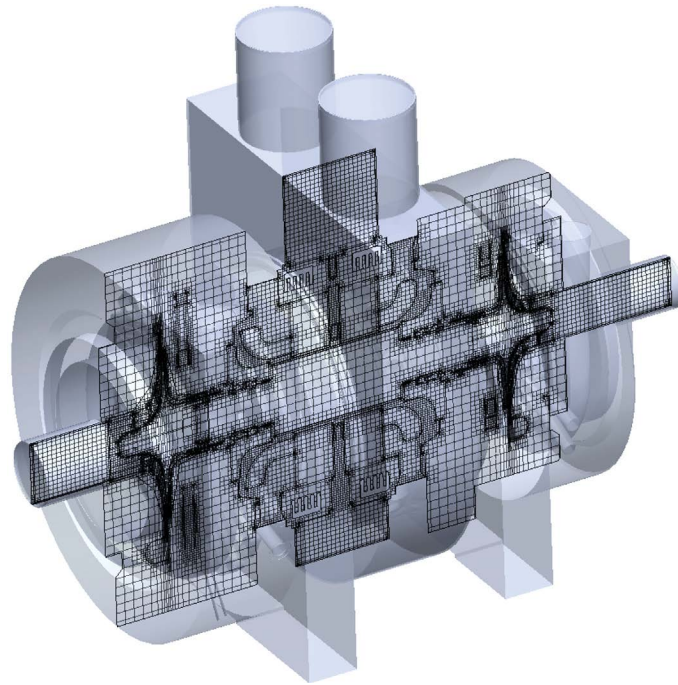


Figura 3: SmartCells consente di utilizzare mesh grossolane per un'analisi veloce, senza comprometterne la precisione.

Oggi, il compito ingegneristico più comune per le applicazioni di flusso dei fluidi è quello di ridurre al minimo le perdite di pressione in un sistema, mentre il fluido scorre dal punto A al punto B. La principale sfida ingegneristica è quella di massimizzare la portata per una data perdita di carico o di ridurre al minimo il calo di pressione per una data portata. Se il flusso è azionato da una pompa o una ventola, la comprensione delle cause del calo di pressione consente al progettista di ottimizzare le dimensioni della ventola o della pompa.

Il punto di partenza di qualsiasi analisi fluidodinamica è descrivere chiaramente la geometria del sistema meccanico. Simcenter FLOEFD consente al progettista di sfruttare i modelli MCAD esistenti per l'analisi, senza dover esportare o importare dati supplementari, con un notevole risparmio di tempo e fatica. Il set di strumenti integrati Simcenter FLOEFD può utilizzare la geometria CAD 3D nuova o già esistente, nonché le informazioni del modello solido per simulare i progetti in condizioni realistiche. Simcenter FLOEFD riconosce la regione del fluido appropriata in base agli spazi interni vuoti all'interno del modello solido, dove il progettista ha posto le condizioni al contorno.

Simcenter FLOEFD può, inoltre, analizzare una serie di fluidi, tra cui gas, a partire dal regime subsonico fino al flusso transonico, supersonico e ipersonico, liquidi e fluidi non newtoniani come i fluidi plastici, nonché i flussi per applicazioni di trasformazione agroalimentare. Persino il flusso di vapore può essere simulato. Esiste anche un modello di cavitazione bifase e una simulazione di superficie libera e miscela carburante.

Una volta creato un modello, deve essere reso in un formato di mesh. Lo sviluppo di una mesh rientra tra quelle competenze che in passato divideva gli specialisti CFD dagli ingegneri meccanici. Con Simcenter FLOEFD, la mesh di base viene creata automaticamente in pochi minuti anziché richiedere ore di noioso proporzionamento di regioni e celle. Simcenter FLOEFD crea automaticamente le mesh in pochi minuti. La CFD integrata nel CAD crea una mesh adattiva che riduce le dimensioni delle celle dove necessario, aumentando la risoluzione dell'analisi, per garantire risultati di simulazione più accurati in aree complesse del modello (figura 3). Per saperne di più sulla tecnologia di meshing chiamata SmartCells, leggi "SmartCells – Enabling Fast and Accurate CFD" - [www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd](http://www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd)

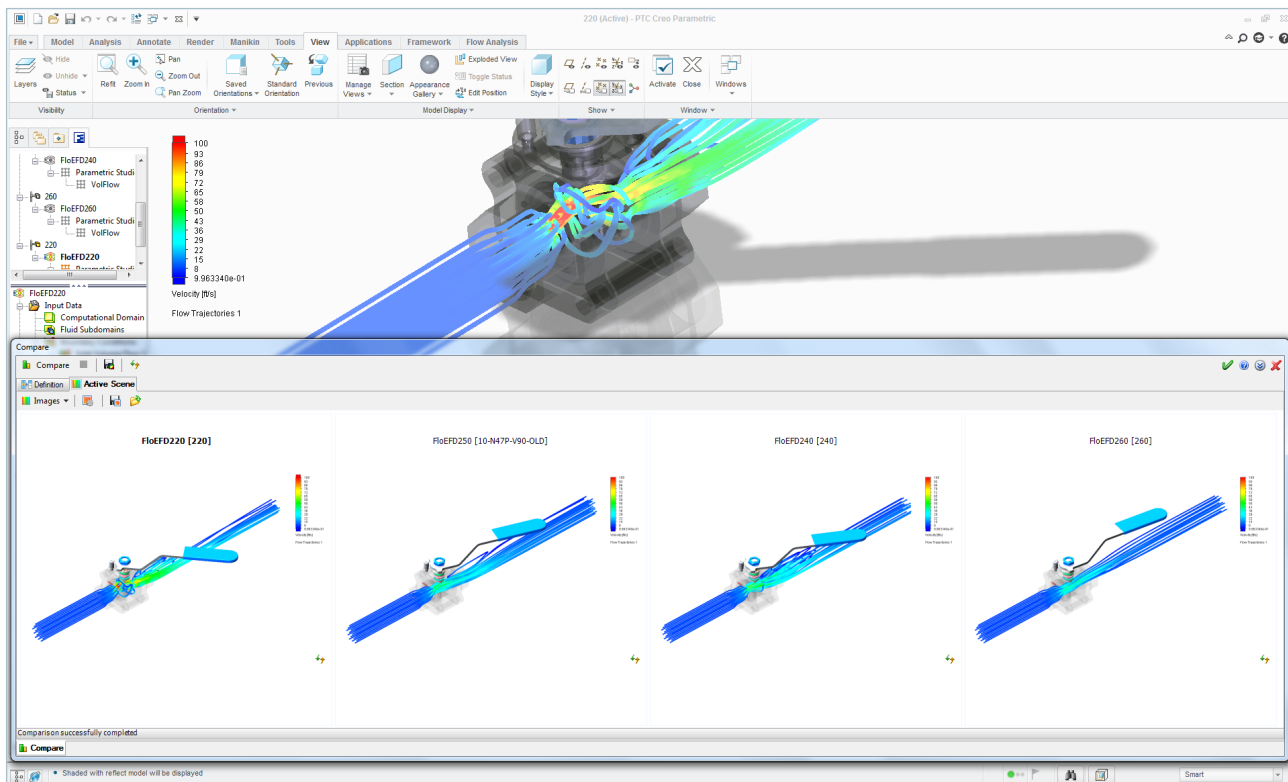


Figura 4: La funzionalità di configurazione comparativa e di studio parametrico di Simcenter FLOEFD consente di comprendere l'impatto delle modifiche della geometria o delle condizioni al contorno sui risultati.

### Risolvere i problemi legati alla caduta di pressione

Simcenter FLOEFD permette di visualizzare ciò che accade al flusso di un progetto, dando all'ingegnere preziosi insight che possono guidare le scelte progettuali. Le funzionalità di visualizzazione consentono agli utenti di interrogare il progetto in modo più approfondito e di visualizzare il flusso all'interno dell'ambiente CAD nativo.

Ad esempio, quando si analizza un calo di pressione, spesso ci sono molti canali di flusso di dimensioni più piccole in scala rispetto alla maggior parte dei dispositivi. Il progetto di una valvola, per esempio, potrebbe includere un inserto forato con piccoli fori attraverso i quali il flusso deve muoversi. Acquisire questa geometria complessa ed eseguirne il remeshing tra le successive iterazioni di progettazione risulterebbe un compito noioso utilizzando uno strumento CFD tradizionale e richiederebbe conoscenze di meshing avanzate. Al contrario, grazie al generatore di mesh automatico di Simcenter FLOEFD, il progettista può facilmente inserire la dimensione dei fori per guidare il mesher nella creazione

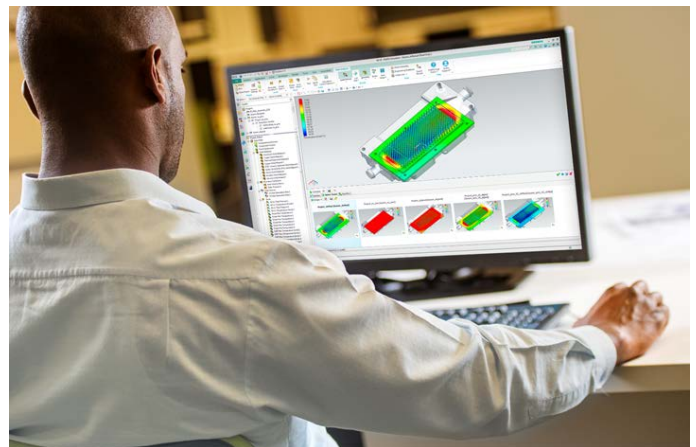


Figura 5: La funzionalità di studio parametrico e di confronto dei progetti di Simcenter FLOEFD consente agli ingegneri di ottimizzare rapidamente i progetti.



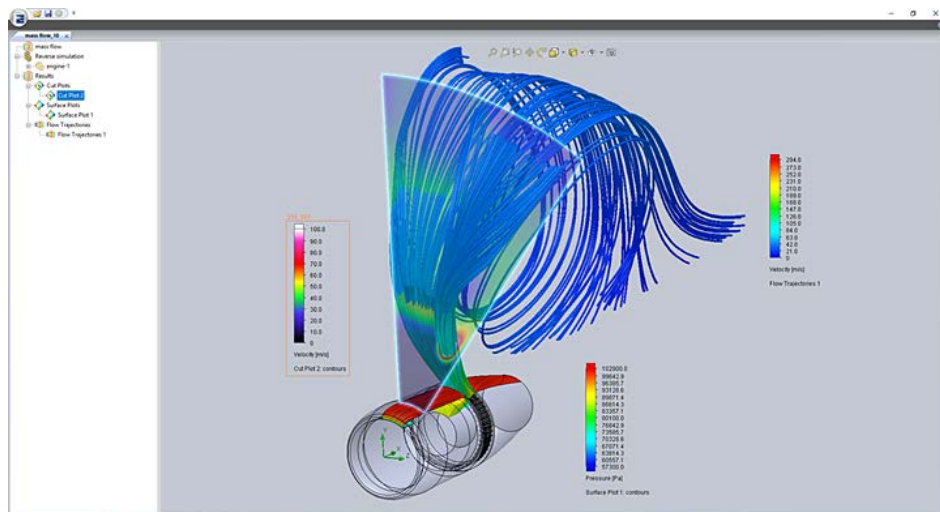


Figura 6: Simcenter FLOEFD Viewer è un visualizzatore standalone gratuito che consente di condividere con i clienti i grafici dei risultati selezionati in un ambiente 3D interattivo, anziché un'immagine 2D.

della dimensione corretta dei canali di flusso. Sarà generata automaticamente una mesh di qualità che darà risposte precise, consentendo al progettista di valutare in modo efficiente l'impatto sulle prestazioni complessive del sistema.

Una modalità bidimensionale per esaminare il campo di flusso in Simcenter FLOEFD è quella di utilizzare un tracciato del taglio (cut plot), che raffigura il flusso su un piano attraverso il modello. Un tracciato di taglio può essere visualizzato con qualsiasi parametro di risultato e la rappresentazione può essere creata come tracciato del contorno (contour plot), isolinee o vettori. Può anche essere creata in qualsiasi combinazione, ad esempio grandezza della velocità e vettori di velocità. Oltre ai tracciati di taglio, è possibile visualizzare facilmente un grafico di superficie 3D per ogni faccia specifica, e in modo automatico per l'intero dominio di flusso.

Simcenter FLOEFD offre, inoltre, un modo efficace per esaminare un altro parametro essenziale nell'analisi della perdita di pressione: la pressione totale. Nei flussi viscosi reali, si verificano perdite di pressione totale quando il fluido scorre attraverso i contorni del progetto. Quindi, le aree con gradienti di pressione totale indicano zone dove ci sono perdite viscosive di energia che non possono essere recuperate.

La soluzione a questi problemi di pressione è un processo iterativo. Dopo aver visto i risultati dell'analisi iniziale, la maggior parte dei progettisti vuole modificare i propri

modelli per esaminare diversi scenari e vedere se è possibile ottimizzare il flusso. Simcenter FLOEFD facilita l'esecuzione di queste analisi "what-if". I progettisti possono valutare alternative progettuali, individuare difetti di progettazione e ottimizzare le prestazioni del prodotto prima che vengano creati progetti dettagliati o prototipi fisici.

Ciò consente al progettista di individuare in modo rapido e semplice i progetti potenzialmente validi.

Per esaminare le alternative, il progettista crea semplicemente più cloni del modello solido in Simcenter FLOEFD, che mantengono automaticamente tutte le definizioni del progetto, compresi gli obiettivi e le proprietà del materiale. Quando l'ingegnere modifica un modello solido, può analizzarlo immediatamente.

Il software supporta anche l'ottimizzazione parametrica, ad esempio eseguendo automaticamente la progettazione degli esperimenti (DoE, Design of Experiments) con vari parametri progettuali, al fine di determinare, ad esempio, lo spessore ottimale. In questo modo, Simcenter FLOEFD accelera il processo di progettazione iterativa, permettendo agli ingegneri di incorporare rapidamente e facilmente le conoscenze acquisite con le analisi, al fine di ottimizzare il progetto.

Simcenter FLOEFD offre funzionalità di verifica affidabili per la validazione dei progetti. Prima di rilasciare una nuova versione di Simcenter FLOEFD, gli ingegneri Mentor validano la release con una suite di 300 test. Sulla base di



questa rigorosa suite di verifica, Simcenter FLOEFD offre 20 tutorial e 32 esempi di validazione, inclusa la relativa documentazione, pronti per l'uso immediato. Ad esempio, i progettisti potrebbero utilizzare questi esempi per validare il flusso in canali 2D con espansioni unilaterali e bilaterali e pareti parallele. Oppure potrebbero verificare il classico benchmark della perdita di pressione per la CFD: il flusso in una curva a 90° di un condotto a sezione quadrata 3D o attraverso una valvola a cono.

Inoltre, la funzionalità di configurazione comparativa e di studio parametrico consente agli utenti di comprendere l'impatto delle modifiche della geometria o delle condizioni al contorno sui risultati. Gli utenti possono valutare il progetto esaminando i risultati in base a valori numerici, grafici e immagini/animazioni visive, e quindi confrontare un'ampia gamma di permutazioni del progetto. In questo modo, Simcenter FLOEFD accelera il processo di progettazione iterativa, permettendo di incorporare rapidamente e facilmente le conoscenze acquisite con la simulazione, al fine di ottimizzare il progetto.

Condividere risultati è semplice. Simcenter FLOEFD è completamente integrato in Microsoft Word® ed Excel® e consente agli ingegneri di creare report e di raccogliere dati essenziali in forma grafica da qualsiasi progetto. Inoltre, crea automaticamente fogli di calcolo Excel che riassumono i risultati dell'analisi, semplificando, quindi, l'ultima fase di ogni analisi, ossia la creazione di report.

Grazie a Simcenter FLOEFD, i progettisti possono facilmente individuare le sezioni di interesse e concentrare i propri sforzi sul loro miglioramento, in modo da ottimizzare il flusso complessivo del progetto e condividere i risultati con i propri manager e clienti utilizzando lo strumento gratuito Simcenter FLOEFD Viewer. Il visualizzatore standalone gratuito consente di condividere i grafici dei risultati selezionati con utenti non Simcenter FLOEFD in un ambiente 3D interattivo, anziché un'immagine 2D, o persino come animazione.

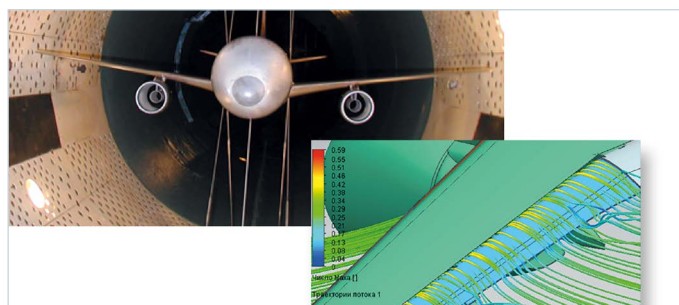
Simcenter FLOEFD è la soluzione ideale per i progettisti interessati a risolvere i problemi legati alla pressione, all'interno della propria piattaforma CAD.

### Risolvere sfide progettuali nel mondo reale

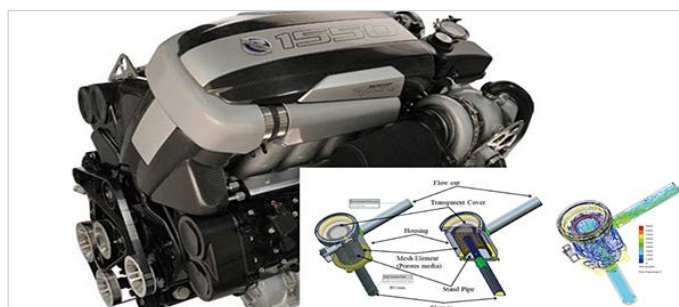
Scopri come gli ingegneri si sono avvalsi di Simcenter FLOEFD per risolvere reali sfide ingegneristiche, rispettare scadenze ravvicinate, ottenere risultati di qualità superiore e contenere i costi:



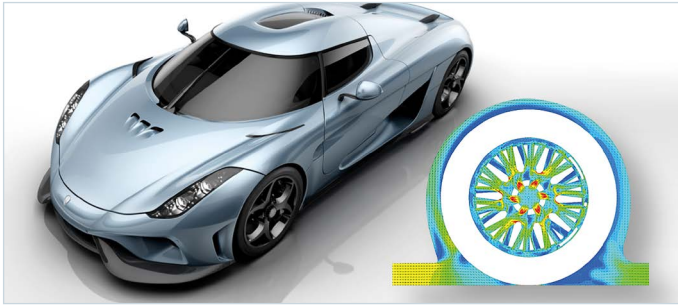
Mitsubishi Materials Corporation utilizza Simcenter FLOEFD per progettare ugelli raffreddati a liquido per utensili da taglio



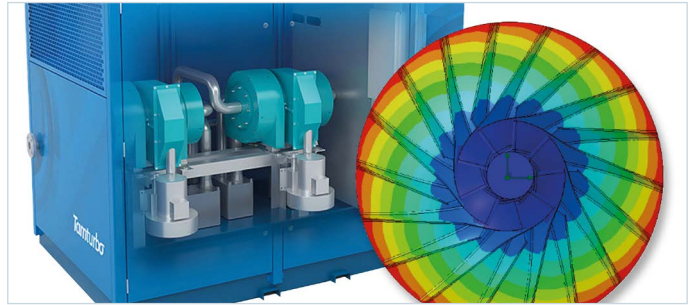
Simcenter FLOEFD fornisce dati di carico di volo accurati e veloci per i dispositivi di ipersostentazione delle ali degli aerei Irkut



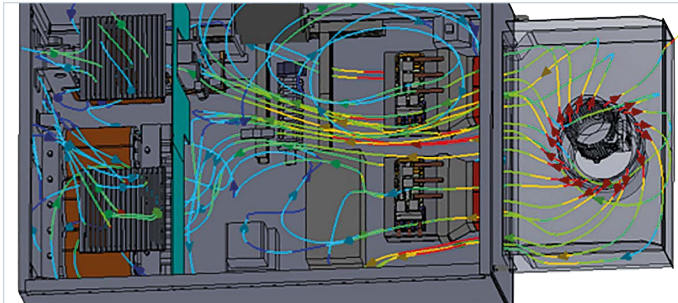
Mercury Racing® utilizza Simcenter FLOEFD nella progettazione del loro ultimo filtro intercooler



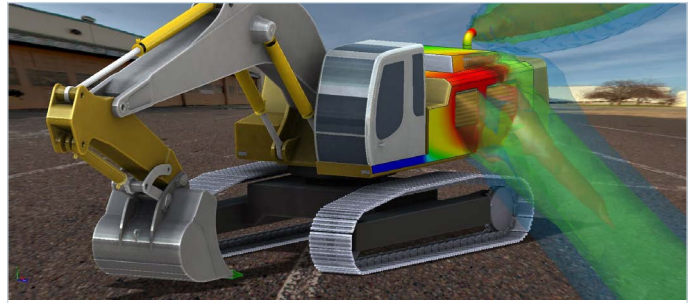
Simulazione del raffreddamento dei freni delle auto sportive con la CFD integrata nel CAD



Simulazione aerodinamica del turbocompressore oil free Tamturo



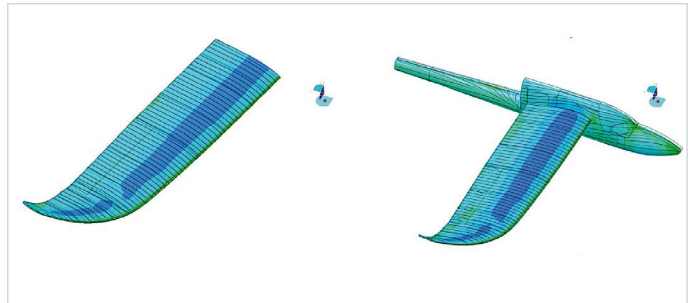
Raffreddamento dell'elettronica di potenza a livello di ambiente



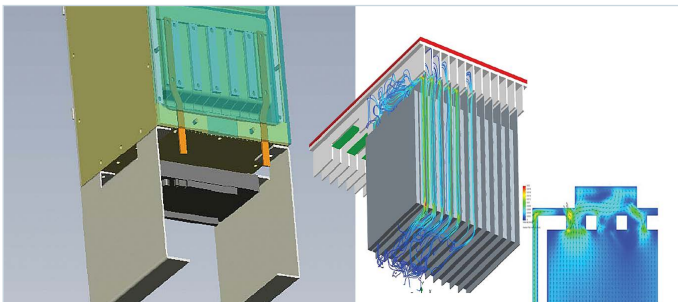
Liebherr-Werk Nenzing GmbH utilizza Simcenter FLOEFD nella progettazione delle sue gru portuali mobili



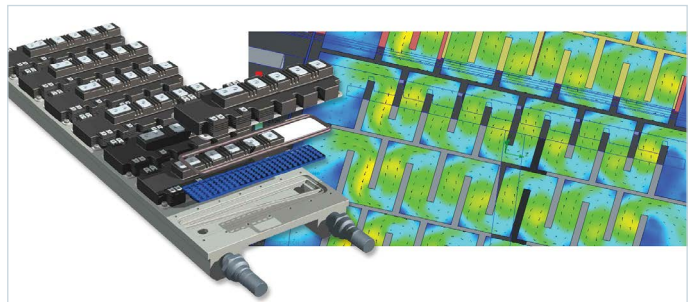
Ottimizzazione di un'auto da corsa NASCAR



Utilizzo di strumenti CFD per sviluppare un modello di volo in tempo reale



Flanders' DRIVE verso l'innovazione del gruppo motopropulsore elettrico

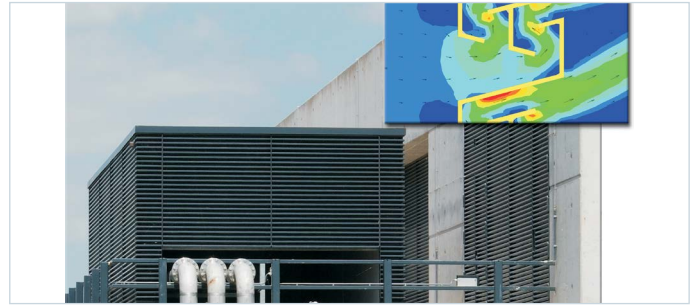


Simcenter FLOEFD raffredda in modo efficiente i moduli di potenza IGBT

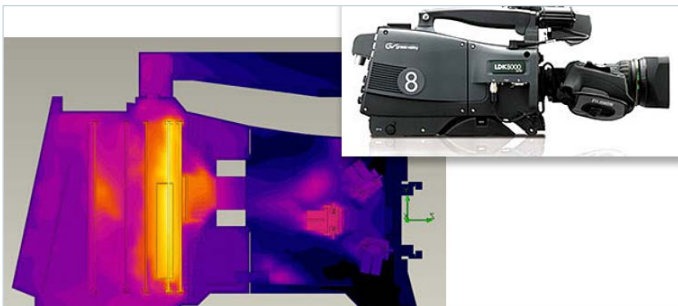




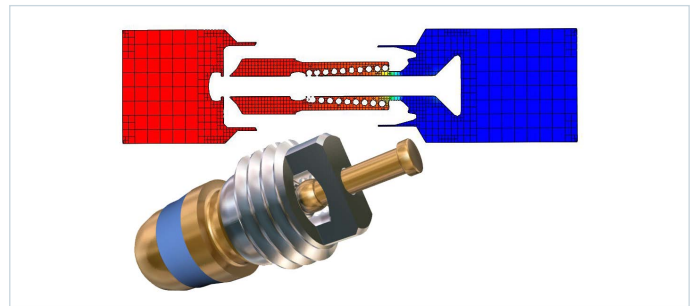
Tecniche di ingegneria per simulare il rotore di un elicottero



Jazo Zevenaar risparmia tre settimane nella progettazione di alloggiamenti protettivi



Grass Valley rende Simcenter FLOEFD parte integrante del processo di sviluppo del prodotto



Ventrex risparmia quattro mesi nella progettazione di valvole per automobili

## Riferimenti

1. 2013. Driving Design Decisions with Simulation. Lifecycle Insights.
2. 2010. Eigner, M. Future PLM – Trends aus Forschung und Praxis: University of Kaiserslautern Blog

## Siemens Digital Industries Software

### Sede principale

Granite Park One  
5800 Granite Parkway  
Suite 600  
Plano, TX 75024  
USA  
+1 972 987 3000

### Americhe

Granite Park One  
5800 Granite Parkway  
Suite 600  
Plano, TX 75024  
USA  
+1 314 264 8499

### Europa

Stephenson House  
Sir William Siemens Square  
Frimley, Camberley  
Surrey, GU16 8QD  
+44 (0) 1276 413200

### Asia-Pacifico

Suites 4301-4302, 43/F  
AIA Kowloon Tower,  
Landmark East  
100 How Ming Street  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
+852 2230 3333

## Informazioni su Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software promuove la trasformazione delle aziende verso la "Digital Enterprise", dove ingegneria, produzione e progettazione elettrica incontrano il futuro. Le nostre soluzioni aiutano le aziende di ogni dimensione a sviluppare e trarre vantaggio dai digital twin, che mettono a disposizione nuove conoscenze, nuove opportunità e livelli crescenti di automazione, al fine di favorire l'innovazione. Per maggiori informazioni sui prodotti e servizi di Siemens Digital Industries Software, visita [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) o seguici su [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) e [Instagram](#).  
Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

## [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2018 Siemens. Un elenco di marchi Siemens è disponibile [qui](#). Tutti gli altri marchi commerciali, marchi registrati o marchi di servizio appartengono ai rispettivi detentori.  
75930-82357-C8-IT 9/20 LOC