



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Co vás ve škole neučili o poklesu tlaku

Strojírenská analýza

Úvod

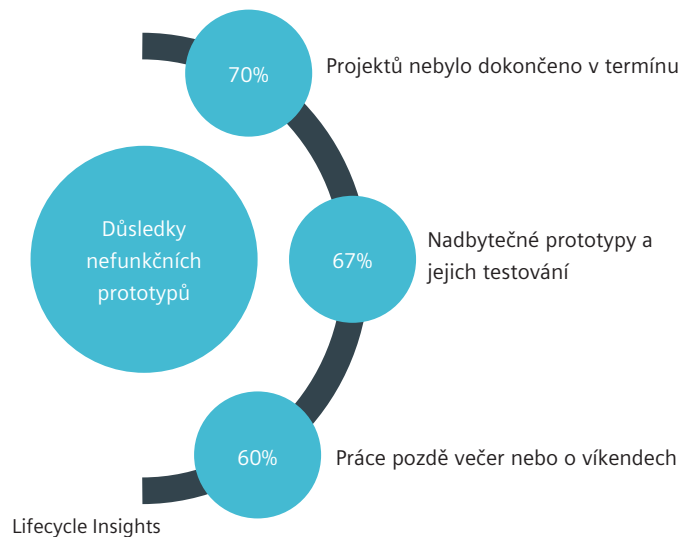
Při návrhu mnoha výrobků je nejdůležitějším faktorem tlak a jeho ztráta. Koneckonců, pokles tlaku vede ke ztrátě energie, kterou je nutné kompenzovat vyšší spotřebou. Z toho vyplývá, že k dosažení energetických úspor je klíčový optimalizovaný návrh s optimálními tlakovými podmínkami.

Ze školy víme, že existuje mnoho typů tlaku – statický, dynamický, celkový a potenciální. Jak se však chová skutečná tekutina? Je nestlačitelná? Má nějaké tření? Jaká je její hustota?

Můžeme si vyhledat vzorce, které nám tyto problémy pomohou vyřešit, ale není jednoduché je správně aplikovat, pokud navrhujete komplikované výrobky a potřebujete u nich spočítat pokles tlaku. To je situace, kdy přichází na scénu výpočty dynamiky kapalin (CFD). Metoda CFD může být pro konstruktéry jedním z nejdůležitějších nástrojů, protože jim umožňuje pochopit trendy v konstrukci a oddělit slibné modely od těch ostatních.

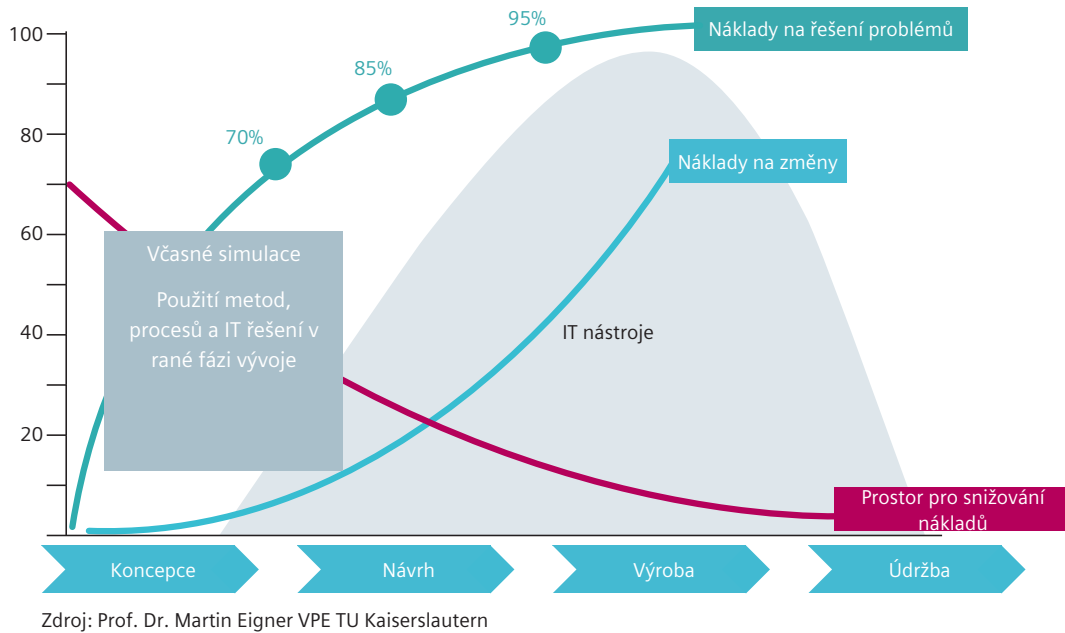
Největší návratnosti investic je možné dosáhnout simulací v rané fázi vývoje: Včasné simulace ve vývojovém procesu

Vysoké školy většinou ve svých programech nevěnují metodě CFD dostatečnou pozornost. A když už ano, používá se pouze k řešení několika jednoduchých úloh. Až donedávna byl navíc komerční software s CFD obvykle určen pro specialisty, což omezovalo jeho širší použití. Tyto nástroje bývají navíc příliš drahé a jejich používání je obtížné, těžkopádné nebo časově náročné. Výsledkem je, že analýza důležitých faktorů, jako je pokles tlaku, se většinou předává do rukou odborníků v analytických odděleních – stranou od hlavních designových a vývojových oddělení. Strojní inženýři se při testování a ověřování svých návrhů spoléhali na fyzické prototypy a jejich testování na analyzátoru průtoku nebo zkušební stolici.



Testování návrhu ve fázi prototypu je však nákladné. Neúspěšný návrh odhalený v této fázi podle zprávy Lifecycle Insights [1] způsobuje nedodržení termínů projektů, nutnost dalšího testování a neúměrné pracovní zatížení.

Snížením nákladů na změny a vybudováním flexibilnějšího rozpočtu je možné dosáhnout nejlepší návratnosti investic (obrázek 1) [2]. Prof. Martin Eigner označil pojmem „včasné simulace“ používání různých softwarových simulačních nástrojů (včetně CFD) v rané fázi vývojového procesu [2].



Obrázek 1: Včasné simulace může pomoci snížit náklady

Několik průzkumů provedených různými průmyslovými analytiky a distributory CAE naznačuje, že neúspěšnější společnosti vyhodnocují kvalitu svých návrhů již v rané fázi vývoje a aktivně podporují spolupráci a sdílení znalostí mezi výpočtáři a konstruktéry.

Jak včasné simulace CFD změnilы proces návrhu výrobků

Před 20 lety byla na začátek vývoje zavedena analýza napětí, která se rychle stala nedílnou součástí vývojového procesu. Všechny hlavní MCAD systémy nabízejí simulaci napětí přímo v prostředí modelování a sestav. Nicméně včasné simulace a provádění analýz neznamenal, že by výrobci přestali provádět simulace během validace návrhů.

Simulace se stala nástrojem, díky kterému je možné včas vyřadit nevyhovující návrhy.

Na rozdíl od fáze ověřování je rychlost v návrhové fázi zásadní. Inženýři musí provádět simulace v rané fázi návrhu, ale musí také držet krok s požadovanými změnami. Díky rychlejším iteracím mohou inženýři lépe vyhodnocovat nápady a inovace. Po podrobném prozkoumání a schválení návrhu je možné pokračovat do ověřovací fáze.

Tento postup se rozšířil i do dalších oblastí a oborů – včetně analýzy CFD. Nyní máme k dispozici nástroje CFD, ve kterých se konstruktéři cítí jako doma a které jsou neoddelitelnou součástí CAD nástrojů. Pomocí těchto kombinovaných nástrojů je možné vytvořit prototyp digitálního dvojčete, což je virtuální reprezentace výrobku.

Mezi výhody včasné simulace prováděné metodou CFD přímo v nativním v CAD systému patří:

- Nižší náklady na vývoj výrobků
- Rychlejší uvedení na trh
- Inovativnější a výkonnější výrobky
- Odstranění zásadních operativních omezení v návrhovém procesu
- Snížení provozního rizika díky souladu s přísnými normami

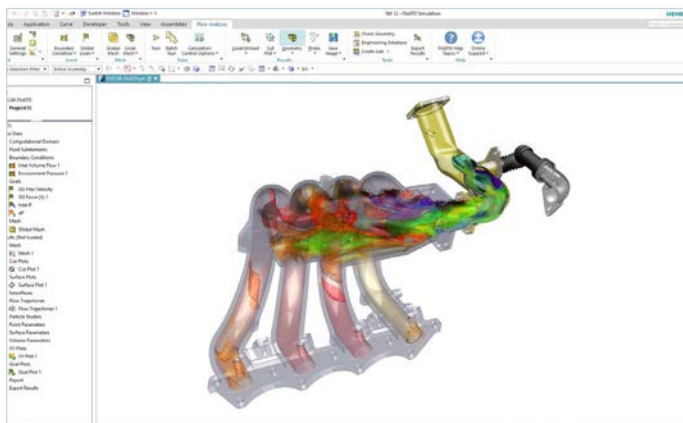
Proč včasné simulace vyžadují jejich provádění v CAD prostředí

Tradiční CFD programy většinou mají své vlastní proprietární rozhraní, které není začleněno do CAD systému a nabízí překladače dat pro import modelů z CAD. V případě analýzy modelu je nutné data připravit a exportovat z CAD prostředí do nástroje CFD, kde je možné model dále upravovat pro dosažení větší přesnosti simulace.

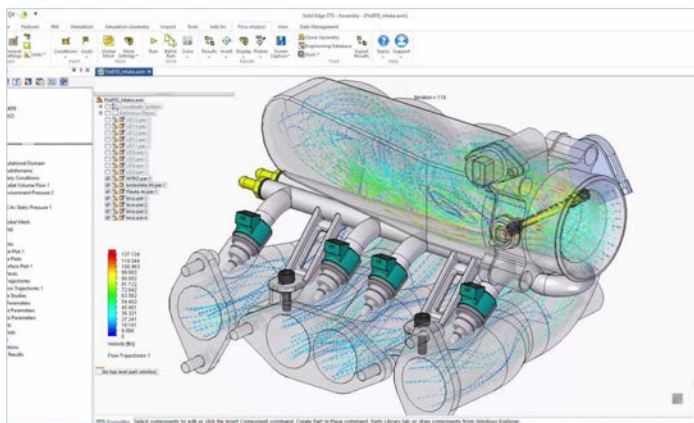
Tyto aplikace také často obsahují technologie, které vyžadují pokročilé odborné znalosti, a proto bývají k těmto úlohám obvykle přiřazováni specialisté. Většina tradičních nástrojů CFD například podporuje velké množství typů sítí. Uživatel musí vědět, kterou síť je nejvhodnější použít v daných podmínkách, pro fyzikální model nebo typ proudění. Navíc musí na síti dále pracovat, až dokud nedosáhne optimální sítě pro daný model a specifické podmínky. Stručně řešeno – používání tradičních CFD nástrojů může být časově velice náročné a brzdí vývoj. V důsledku této specializace byla práce na analýze tlaku, který má vliv na kritické funkce výrobku, vyčleněna z oddělení návrhu a vývoje.

Naproti tomu řešení CFD, která nabízejí přátelské prostředí pro konstruktéry:

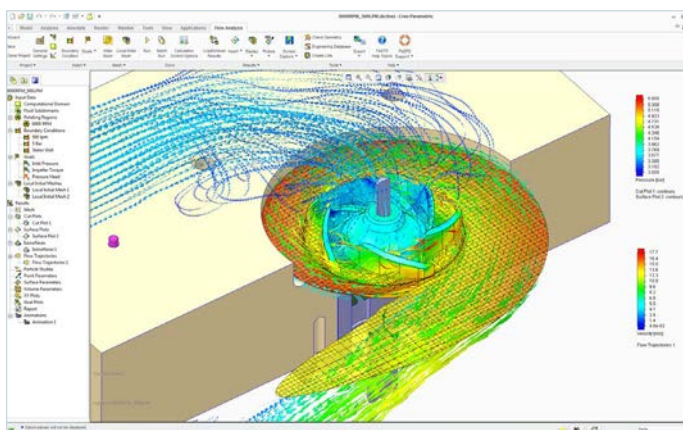
- Musí být plně integrována do používaného CAD systému: Tyto nástroje jsou snadno dostupné v CAD programu a pro analýzu používají stejnou nativní geometrii. Při přípravě analýzy již není nutné exportovat data. Software je k dispozici jako nová nabídka funkcí či okno – není třeba učit se pracovat v úplně novém prostředí. Analýza CFD se jednoduše stává další funkcí CAD balíčku
 - Inteligentní automatizace: Programy CFD zabudované v CAD prostředí musí obsahovat vestavěnou inteligentní automatizaci umožňující snadnější, rychlejší a přesnější analýzu. Například při řešení problémů s prouděním tekutin může konstruktér chtít vědět, co se děje v dutině, kde se tekutina nachází. U tradiční analýzy CFD je nutné dutinu modelovat pomocí nové geometrie. Řešení CFD v CAD jsou natolik inteligentní, že samy dokáží dutiny rozpoznat jako oblast proudění tekutiny, což šetří čas, který by bylo nutné vynaložit na tvorbu geometrie.
- Před spuštěním analýzy je nutné provést síťování modelu. U tradiční CFD musí být inženýr plně obeznámen s tím, jaká metoda síťování nejlépe vystihuje dané proudění. Řešení CFD v CAD používá plně automatickou tvorbu sítí a dokáže pro daný problém automaticky vygenerovat nejvhodnější síť.
- Kombinace rychlosti s přesností: Řešení CFD umožňující jejich použití v CAD prostředí a včasné simulace během návrhu mohou výrazně zkrátit čas potřebný na simulace – některé podniky uvádí až 75% úsporu času a 40x vyšší produktivitu



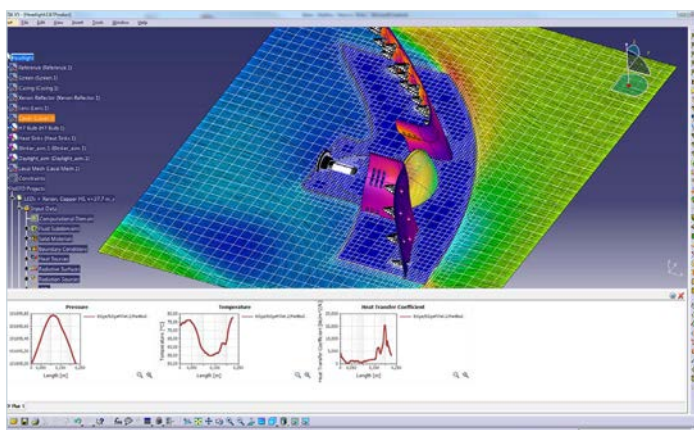
Simcenter FLOEFD pro NX



Simcenter FLOEFD pro Solid Edge



Simcenter FLOEFD pro PTC Creo



Simcenter FLOEFD pro CATIA V5

Obrázek 2. Aplikace Simcenter FLOEFD je integrována do oblíbených MCAD programů.

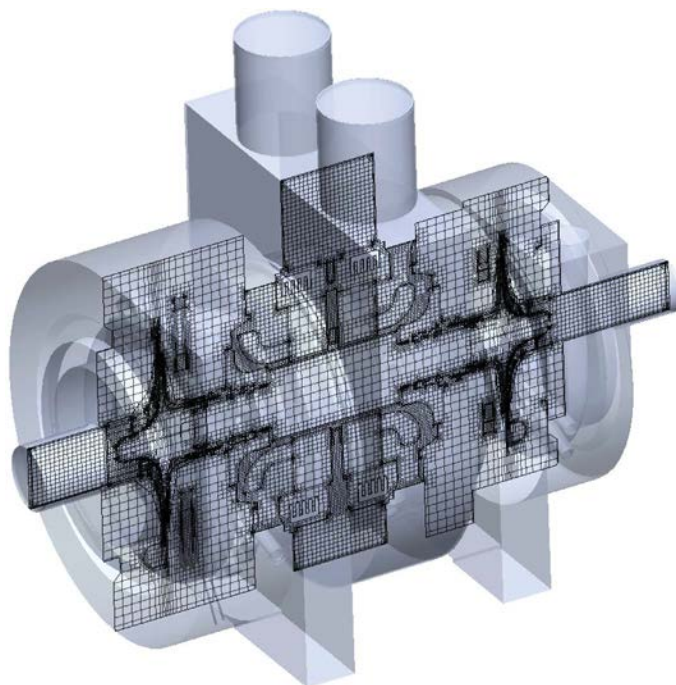
Přední řešení pro včasné simulace metodou CFD

Software Simcenter FLOEFD™ je zakomponován do řady MCAD systémů, například CATIA® V5, Creo™ Elements/Pro™, NX™ a Solid Edge®. Díky aplikaci Simcenter FLOEFD se mohou konstruktéři zaměřit na podrobnou analýzu distribuce tlaku v tekutině a vyvinuté zatížení na pevné části výrobků. Díky scénářům „co když“ je možné analyzovat složité vztahy, například mezi poklesem tlaku a průtokem.

Simcenter FLOEFD kombinuje všechny fáze analýzy poklesu tlaku v jediném balíku, od 3D modelování, přes přípravu problému, spuštění, vizualizaci výsledků, ověření a tvorbu zpráv. Mezi typické aplikace poklesu tlaku patří proudění přes ventily, rozdělovače, výměníky tepla, filtrační systémy, elektronické skříně a potrubí – tedy jakýkoli systém, kde je cílem snížit množství energie

potřebné k pohybu kapaliny a maximalizovat jeho kapacitu.

Díky aplikaci Simcenter FLOEFD se mohou konstruktéři zaměřit na podrobnou analýzu toho, proč má proud plynu nebo tekutiny vyšší nebo nižší tlak, než je stanoveno v technické specifikaci. K tomu konstruktéři potřebují znalost systému MCAD a fyzikálních atributů navrhovaného výrobku. Po instalaci aplikace Simcenter FLOEFD se do systému nabídek balíku CAD vloží veškeré nabídky a příkazy, které jsou potřebné k úplné analýze proudění CFD. Díky úzké interakci systému MCAD s aplikací Simcenter FLOEFD je její používání velice snadné. Pro běžné použití aplikace Simcenter FLOEFD stačí většině konstruktérů jen 8 hodin školení.



Obrázek 3: SmartCells umožňuje použít hrubší síť pro rychlou analýzu bez ztráty přesnosti.

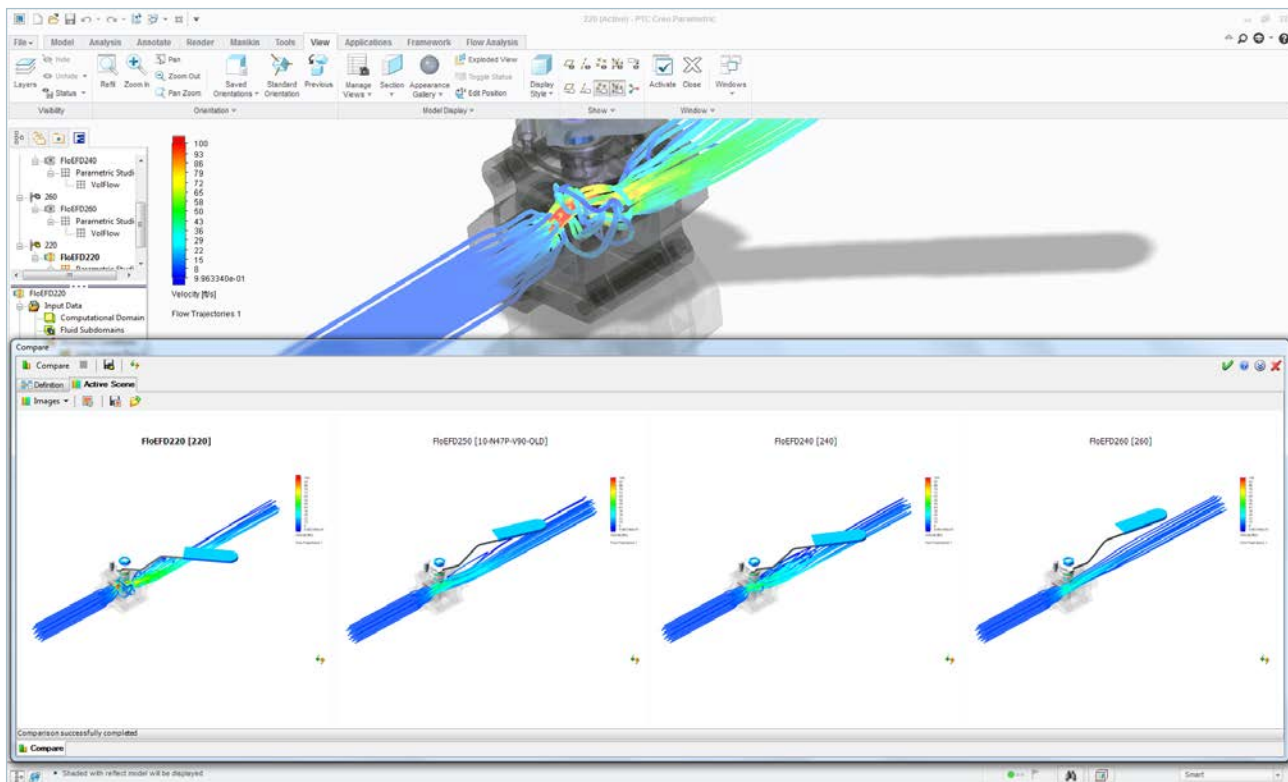
Nejčastější inženýrskou úlohou je minimalizovat ztrátu tlaku při průtoku kapaliny z bodu A do bodu B. Základním úkolem je maximalizovat průtok s daným poklesem tlaku nebo minimalizovat pokles tlaku pro daný průtok. Pokud je proudění způsobeno čerpadlem nebo ventilátorem, pak pochopením poklesu tlaku může konstruktér optimalizovat jeho velikost.

Počátečním bodem jakékoliv analýzy proudění je jasný popis geometrie mechanického systému. Simcenter FLOEFD umožňuje konstruktérům využít existující MCAD modely pro analýzu bez nutnosti exportu nebo importu dalších dat, což šetří značné množství času a úsilí. Při simulaci návrhů v reálných podmínkách je možné do zakomponované sady nástrojů Simcenter FLOEFD načíst nově vytvořenou nebo existující 3D CAD geometrii a informace o modelu tělesa. Simcenter FLOEFD rozpozná oblast vyplněnou tekutinou podle dutin v modelu tělesa, na kterých konstruktér vytvořil okrajové podmínky.

Simcenter FLOEFD navíc dokáže analyzovat celou řadu tekutin. To zahrnuje také plyny (podzvukové, přechodové, nadzvukové a hypersonické proudění), tekutiny a newtonské kapaliny (například tečení plastu), a také proudění při zpracování potravin. Je dokonce možné

simulovat i proud páry. K dispozici je také dvoufázový kavitační model, podpora hořlavých směsí a simulace volných ploch.

Po vytvoření modelu je pro něj nutné vytvořit síť. Tvorba sítě je jedna z úloh, kterou v minulosti museli provádět specialisté CFD místo strojních inženýrů. V aplikaci Simcenter FLOEFD je možné základní síť vytvořit automaticky během několika minut bez nutnosti zdoluhavého ručního dělení oblastí a elementů. Simcenter FLOEFD vytváří síť automaticky během několika minut. Řešení CFD v prostředí CAD umožňuje vytvořit adaptivní síť, která dokáže podle potřeby snižovat velikost elementů a zvyšovat rozlišení analýzy, čímž zajišťuje přesnější výsledky simulace ve složitých oblastech modelu (obrázek 3). Další informace o této technologii síťování s názvem SmartCells naleznete v článku SmartCells – Rychlá a přesná metoda CFD – www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd

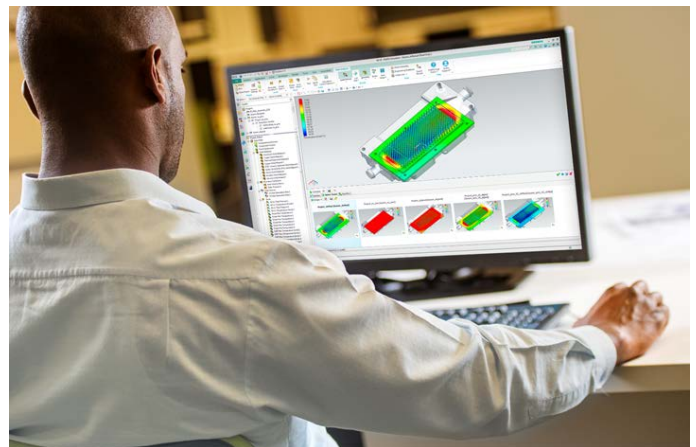


Obrázek 4: Díky funkcím v aplikaci Simcenter FLOEFD je dobře vidět, jak změny geometrie nebo okrajových podmínek ovlivňují výsledné proudění v modelu.

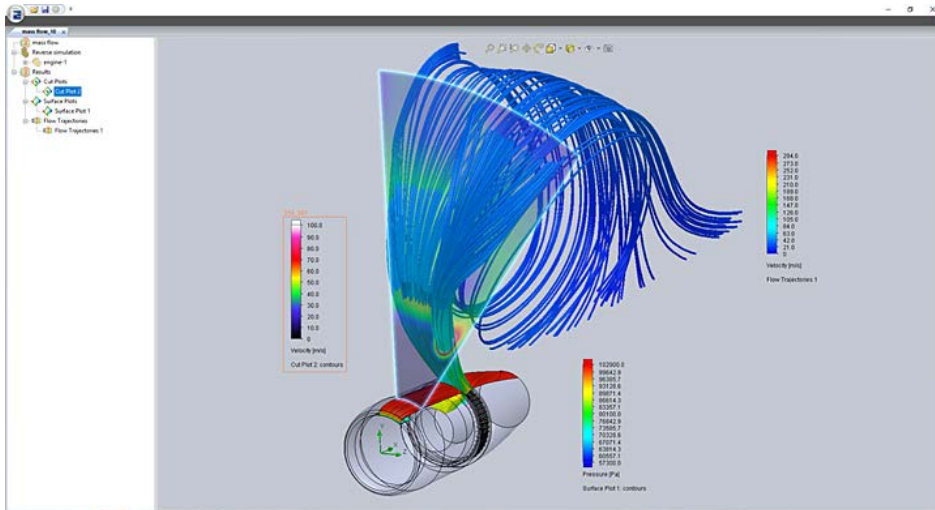
Řešení pokročilých problémů při poklesu tlaku

Simcenter FLOEFD nabízí inženýrům rozsáhlé funkce pro vizualizaci stavu proudění, díky kterým se mohou lépe rozhodovat o dalším postupu návrhu. Tyto možnosti vizualizace umožňují uživatelům důkladněji prozkoumat návrh a vizualizovat proudění v nativním CAD prostředí.

Například při analýze poklesu tlaku často existuje mnoho průtokových kanálků, které jsou v měřítku celého zařízení velmi malé. Například návrh ventilu může obsahovat perforovanou vložku s malými otvory, kterými musí tekutina procházet. Zachycení této složité geometrie a její přesíťování mezi iteracemi návrhu je složitý úkol, který by u tradičního CFD nástroje vyžadoval pokročilé znalosti tvorby sítí. Díky nástroji pro automatickou tvorbu sítí v aplikaci Simcenter FLOEFD může konstruktér snadno zadat velikost perforovaných otvorů a síťovač následně vytvoří průtokové kanály správné velikosti. Automaticky vytvořená síť vysoké kvality konstruktérům umožňuje



Obrázek 5: Funkce parametrické studie a porovnání návrhů aplikace Simcenter FLOEFD pomáhá inženýrům v rychlé optimalizaci návrhů.



Obrázek 6: Samostatný prohlížeč Simcenter FLOEFD umožňuje sdílet vybrané grafy výsledků se zákazníky v interaktivním 3D prostředí (a nikoliv jen jako 2D obrázek).

hledat odpovědi na otázky týkající se návrhu a pomáhá jim efektivně vyhodnotit dopad na celkový výkon systému.

Pole proudění je možné v aplikaci Simcenter FLOEFD zkoumat pomocí průřezů, které ukazují proudění přes model ve 2D. Zobrazení výsledků v průřezu je možné zobrazit jako konturový graf, ISO čáry, nebo vektory. Parametry je možné při tvorbě také kombinovat, například velikost rychlosti a vektory rychlosti. Kromě zobrazení průřezu je možné snadno zobrazit 3D plošný graf pro každou konkrétní stěnu a také automaticky pro celou doménu proudění.

Simcenter FLOEFD umožňuje prozkoumat další důležité parametry analýzy poklesu tlaku: celkový tlak. Ve skutečných viskózních tocích dochází při průtoku kapaliny ke ztrátám celkového tlaku. Oblasti s gradienty celkového tlaku tedy označují místa, kde viskózní materiál ztrácí energii, které není možné obnovit.

Řešení těchto problémů tlakového průtoku je iterativní proces. Po zobrazení výsledků počáteční analýzy chce většina konstruktérů upravit své modely a prozkoumat různé scénáře, které by umožnily proudění optimalizovat. Simcenter FLOEFD umožňuje snadno provádět analýzy „co když“. Před vytvořením detailní konstrukce nebo

fyzického prototypu mohou konstruktéři prozkoumat alternativy, zjistit nedostatky v návrhu a optimalizovat výkon výrobku.

Díky tomu mohou snadno a rychle určit, které návrhy mají potenciál a které návrhy nejsou vhodné.

Konstruktér může snadno vyzkoušet alternativy tak, že v aplikaci Simcenter FLOEFD vytvoří několik klonů modelu tělesa, které si automaticky zachovají všechny definice projektu včetně cílů a vlastností materiálů. Při úpravě modelu tělesa ho může inženýr okamžitě analyzovat.

Software také pomáhá při parametrické optimalizaci – například automaticky provádí experimenty s různými parametry konstrukce, aby určil například optimální tloušťku. Tímto způsobem Simcenter FLOEFD urychluje proces iterativního návrhu, což umožňuje inženýrům snadno a rychle vylepšit konstrukci začleněním znalostí získaných analýzou.

Simcenter FLOEFD nabízí robustní sadu funkcí pro validaci návrhů. Před vydáním nové verze aplikace Simcenter FLOEFD ji inženýři společnosti Mentor validovali pomocí 300 testů. Na základě této ověřovací sady Simcenter FLOEFD nabízí 20 cvičení a 32 příkladů validace, včetně

jejich dokumentace, které jsou připraveny k okamžitému použití. Konstrukteři mohou pomocí těchto příkladů například validovat proudění ve 2D kanálech s dvoustrannými i jednostrannými expanzemi a rovnoběžnými stěnami. Nebo mohou ověřit měření přirozeného poklesu tlaku metodou CFD: proudění v 90stupňovém ohybu čtvercového 3D potrubí nebo přes kuželový ventil.

A díky funkcím porovnání konfigurace a parametrické studie mohou uživatelé pochopit, jak změny geometrie nebo okrajových podmínek ovlivňují výsledky. Uživatelé mohou vyhodnotit obálku návrhu tak, že k výsledkům přiřadí číselné hodnoty, grafy a vizuální obrázky či animace, čímž porovnají širokou škálu permutací projektu. Tímto způsobem Simcenter FLOEFD urychluje proces iterativního návrhu a umožňuje výrobek vylepšit začleněním znalostí získaných pomocí simulace.

Sdílení výsledků a získaných poznatků je jednoduché. Simcenter FLOEFD je plně integrován do aplikací Microsoft® Word® a Excel®, takže uživatelé mohou vytvářet dokumentační zprávy a shromažďovat důležitá data v grafické podobě z jakéhokoli projektu. Aplikace navíc automaticky vytváří tabulky aplikace Excel se souhrnem výstupů analýzy, díky čemuž je možné bez námahy vytvářet finální zprávy.

Pomocí aplikace Simcenter FLOEFD mohou konstruktéři snadno určit oblasti, kde by měli soustředit své úsilí při optimalizaci návrhu. Výsledky mohou následně sdílet se svými zákazníky a vedením prostřednictvím bezplatného prohlížeče Simcenter FLOEFD. Samostatný bezplatný prohlížeč umožňuje uživatelům sdílet vybrané grafy výsledků se zákazníky mimo prostředí Simcenter FLOEFD v interaktivním 3D prostředí (a nikoliv jen jako 2D obrázek nebo animaci).

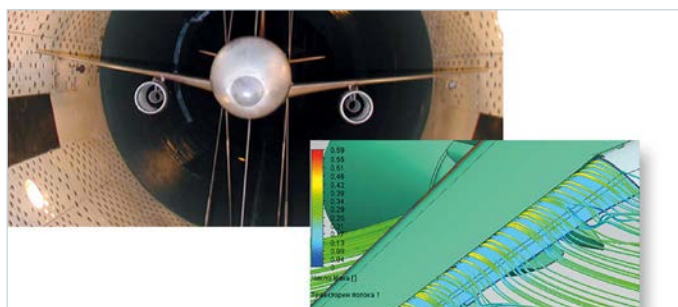
Simcenter FLOEFD je ideálním řešením pro ty, kteří chtějí řešit problémy související s tlakem ve svém oblíbeném CAD systému.

Skuteční inženýři řeší skutečné problémy v návrhu

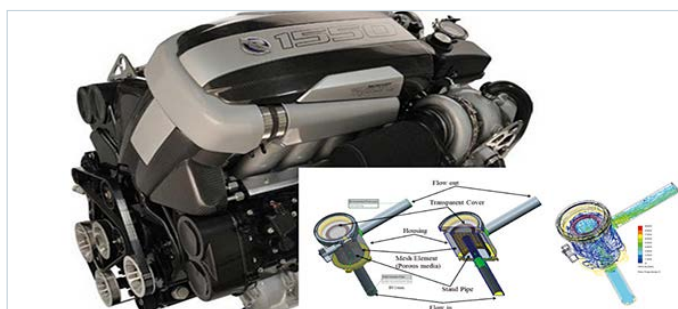
Podívejte se, jak inženýři pomocí aplikace Simcenter FLOEFD vyřešili skutečné problémy, dodrželi přísné termíny a dosáhli kvalitnějších výsledků a náklady udrželi na minimu:



Společnost Mitsubishi materials využívá Simcenter FLOEFD při návrhu kapalinou chlazených trysek pro obráběcí stroje



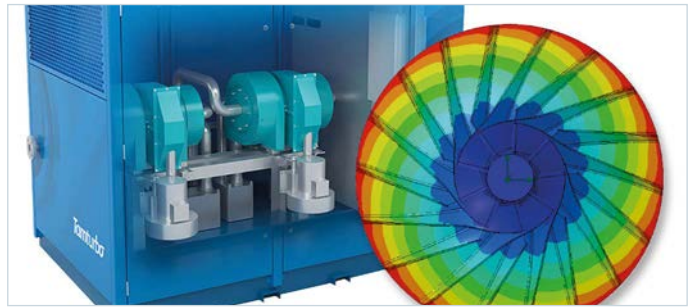
Vzhůru do oblak Simcenter FLOEFD poskytuje společnosti Irkut rychle přesná data letového zatížení jejich vztlakových klapek křídla letadla



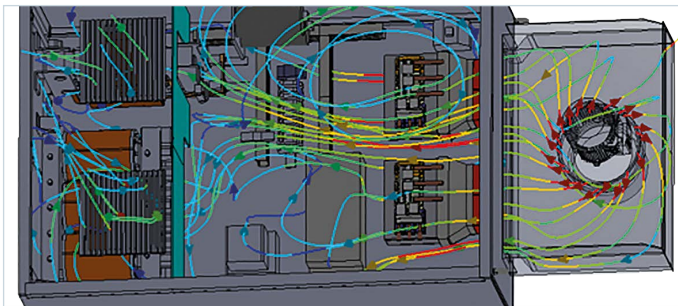
Společnost Mercury Racing® používá Simcenter FLOEFD při návrhu jejich nejnovějšího filtru mezichladiče



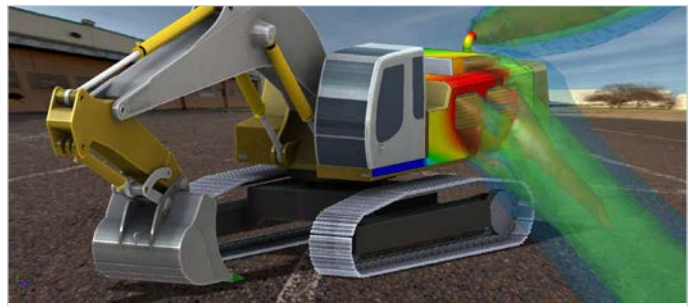
Simulace chlazení brzd sportovního automobilu pomocí funkcí CFD v rámci CAD systému



Simulace dynamiky vzduchu bezolejového turbokompresoru Tamturbo



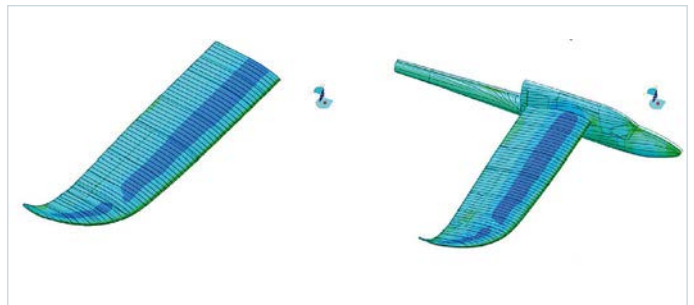
Chlazení silové elektroniky v místnostech



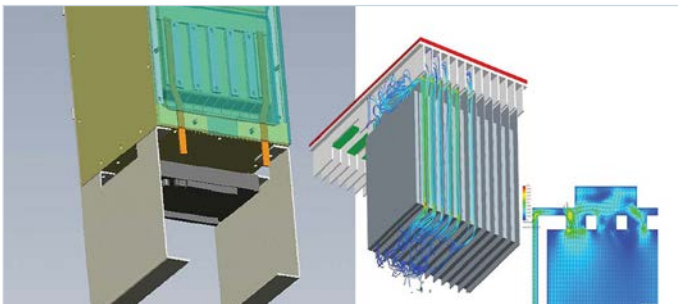
Liebherr-Werk Nenzing GmbH používá Simcenter FLOEFD při navrhování mobilních přístavních jeřábů



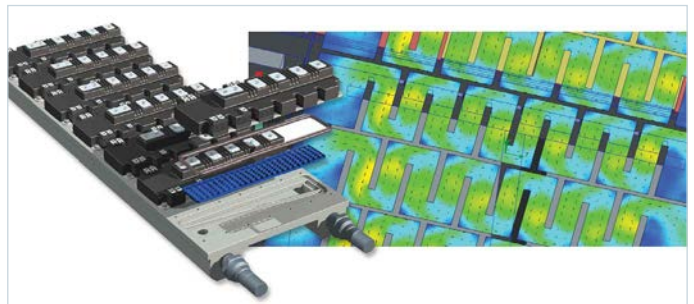
Optimalizace závodního vozu NASCAR



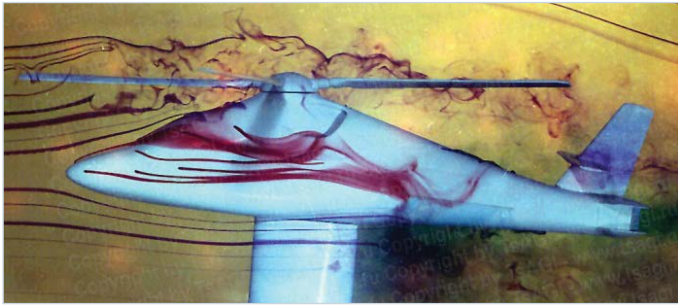
Výš a výš – aneb využití nástrojů CFD při vývoji modelu letounu v reálném čase.



Flanders na cestě k inovacím elektrického pohonu



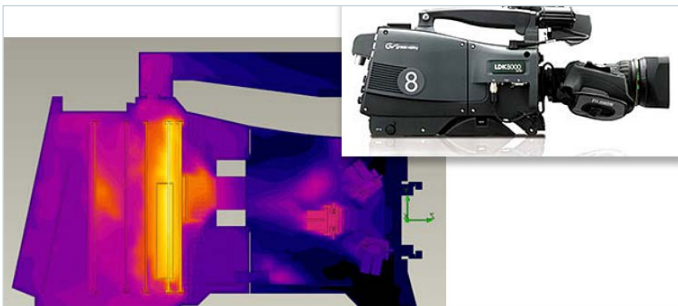
Simcenter FLOEFD realizuje účinné chlazení IGBT modulů



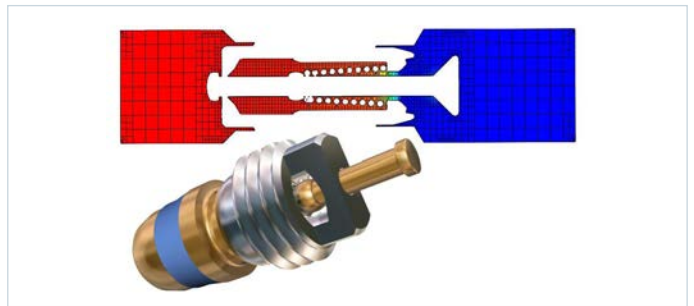
Inženýrské techniky pro simulaci rotoru helikoptéry



Jazo Zevenaar ušetřil tři týdny při návrhu ochranných konstrukcí



Společnost Grass valley začlenila Simcenter FLOEFD do svých vývojových procesů



Společnost Ventrex ušetřila čtyři měsíce při návrhu automobilového ventilu

Reference

1. 2013. Výběr konceptu na základě simulací. Lifecycle Insights.
2. 2010. Eigner, M. Future PLM – Trendy z výzkumu a praxe: University of Kaiserslautern Blog

Siemens Digital Industries Software

Sídlo

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

Amerika

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

Evropa

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

Asie a Tichomoří

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

O společnosti Siemens Digital Industries Software

Společnost Siemens Digital Industries Software podporuje digitalizaci propojující inženýring, výrobu a návrh elektroniky. Naše řešení pomáhají společností všech velikostí využívat digitální dvojčata, získávat nové obchodní příležitosti a zavádět špičkové inovace. Další informace o produktech a službách společnosti Siemens Digital Industries Software naleznete na stránce [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) nebo na sítích [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) a [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software –Kde se dnešek setkává se zítřkem.

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

© 2018 Siemens. Seznam ochranných známek společnosti Siemens je k dispozici [zde](#). Ostatní ochranné známky náležejí jejich příslušným vlastníkům.

75930-81174-C8-CS 11/19 LOC