

Nástroje pre tepelné simulácie

Ing. Pavol Cabúk, PhD.

CADware/TU Košice

Siemens STS Division's MAD Suite

MagNet MotorSolve

FloMASTER™

FloEFD™

T3Ster™, TeraLED™ & Power Testers

FloTHERM™ FloTHERM XT™

1D CFD thermo-fluid network
modeling

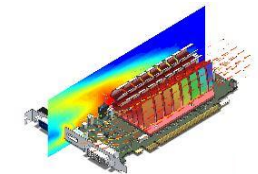
MultiCAD-embedded CFD

LED optical and IC thermal
characterization

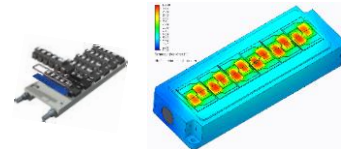
PCB



Infotainment



Power electronics (IGBT)

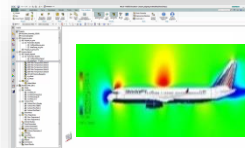
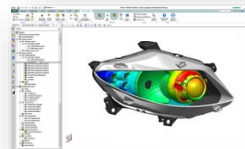
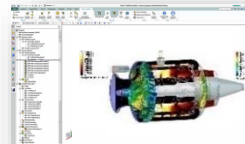
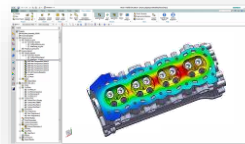
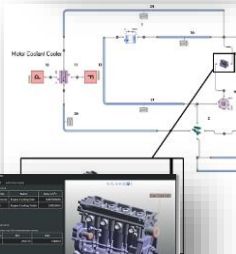
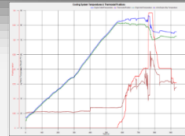


Test
Calibration

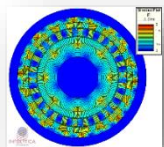
LED link

1D-3D link

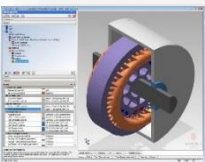
1D-3D link



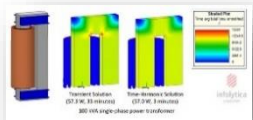
MOSFET/IGBT thermal
characterization



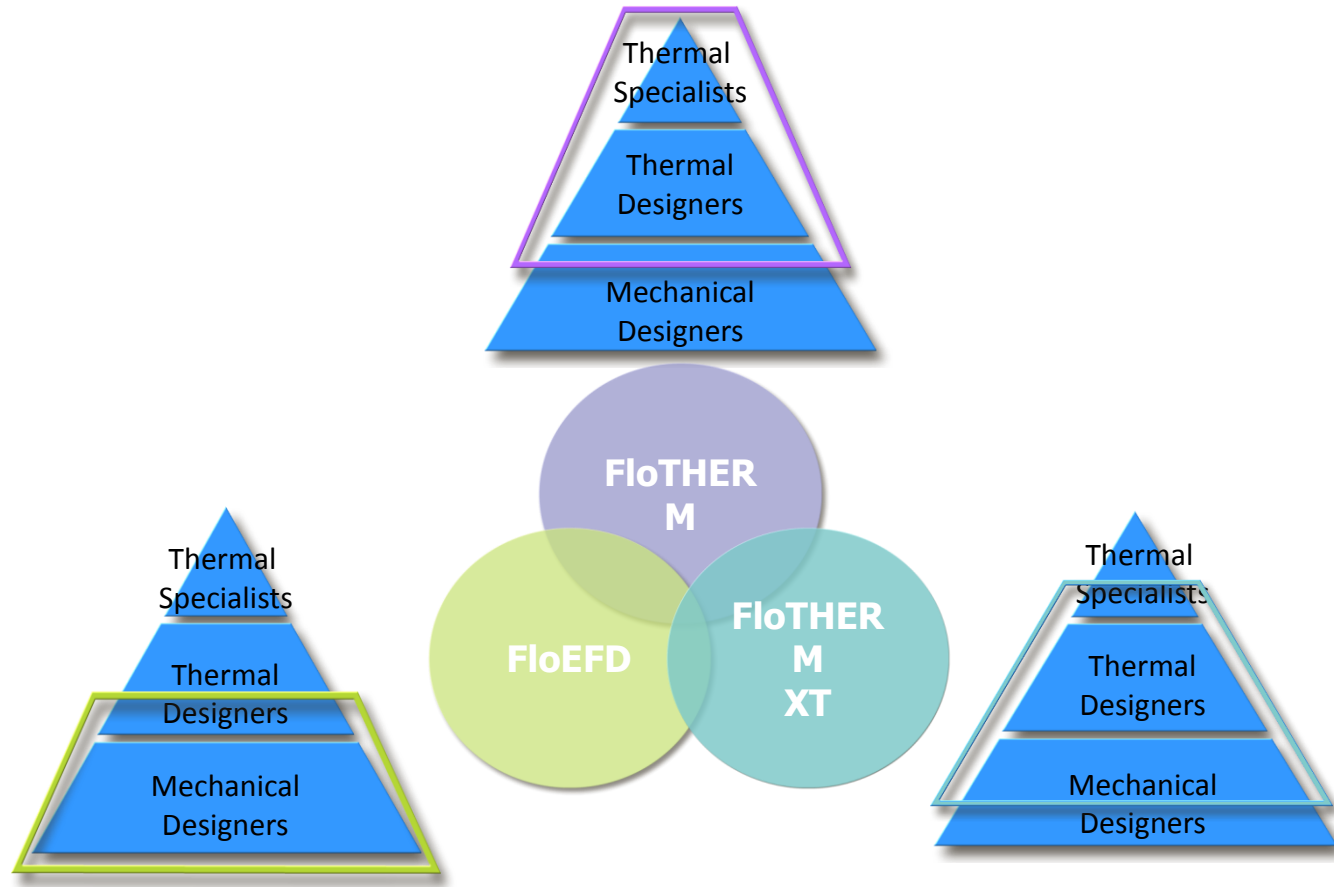
Motors



Transformers & Generators



Target User



FloTHERM®

Softvér pre simuláciu prúdenia vzduchu a prenosu tepla v elektronických zariadeniach.

FloTHERM®

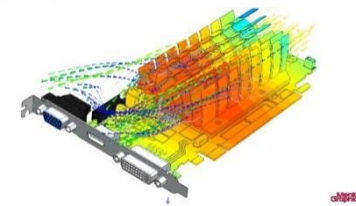
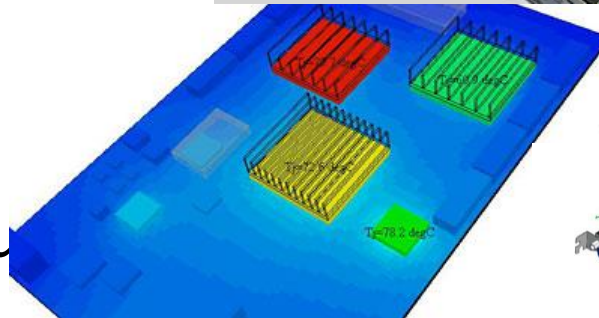
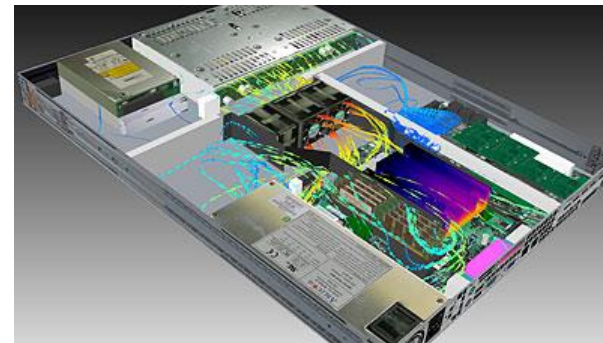
FloTHERM XT

FloTHERM PCB

FloTHERM IC

FloTHERM PACK

Simulácie prechodu
reflow procesom

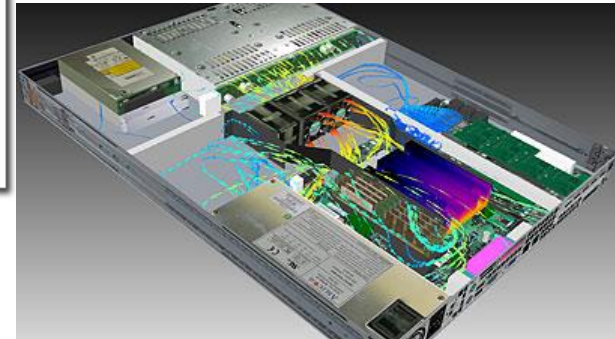
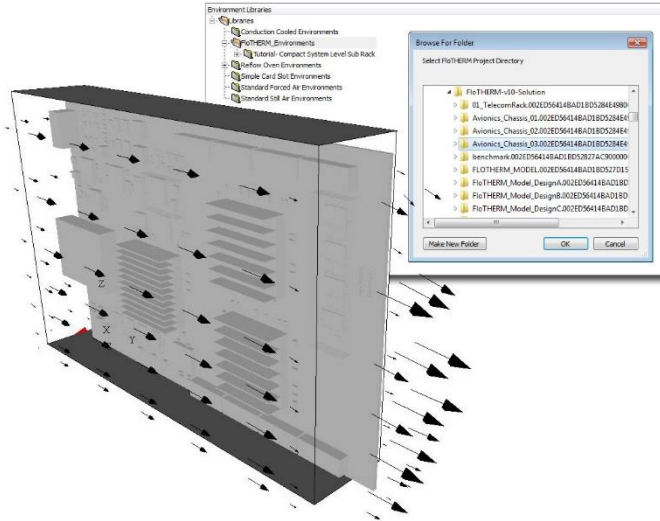
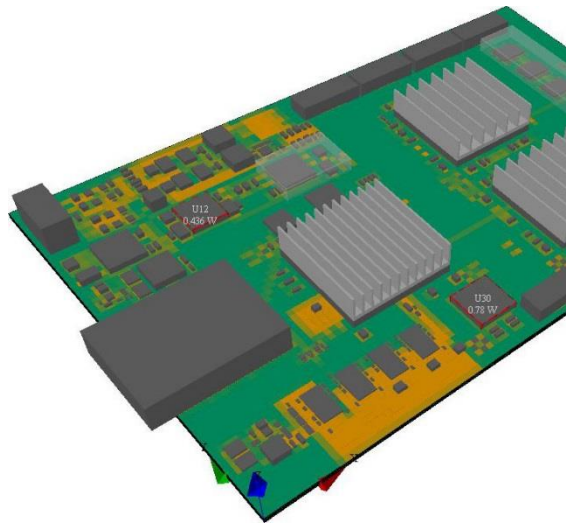


FloTHERM®

Tradičný nástroj.

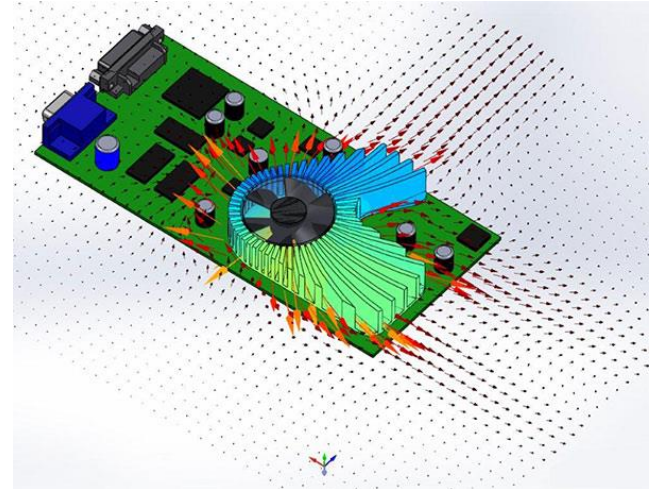
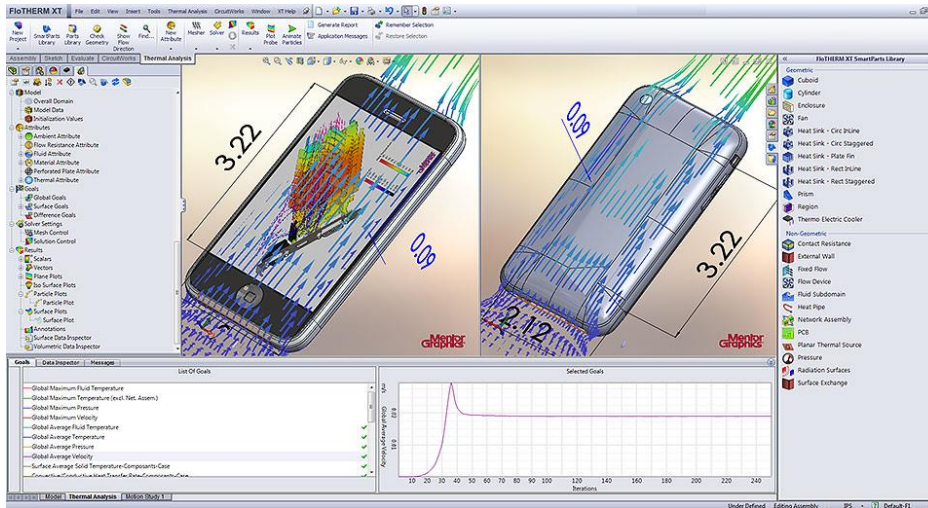
Vysoká presnosť vďaka použitiu špecializovaných modelov.

Nutnosť vytvorenia špecializovaného modelu (alebo importu).



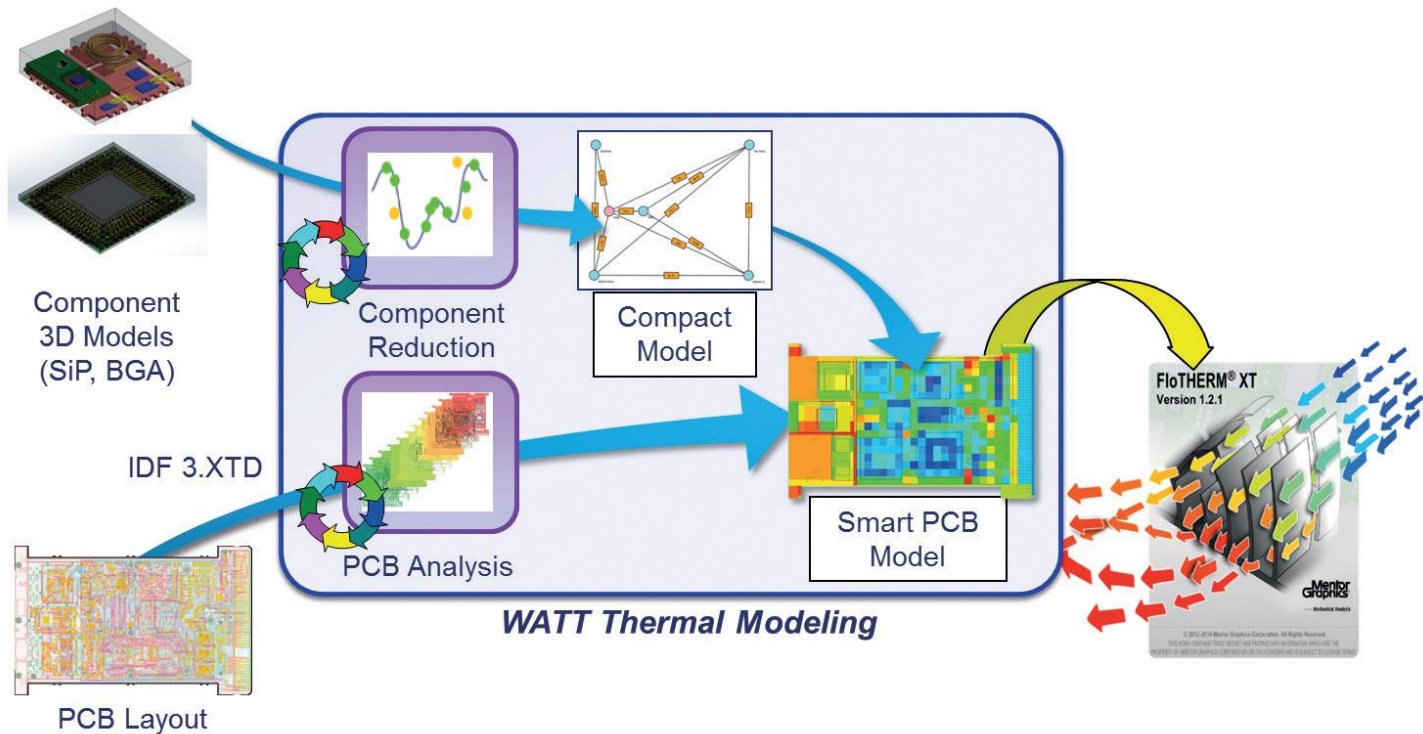
FloTHERM XT

- Špecializovaný nástroj pre simulovanie chladenia elektronických systémov.

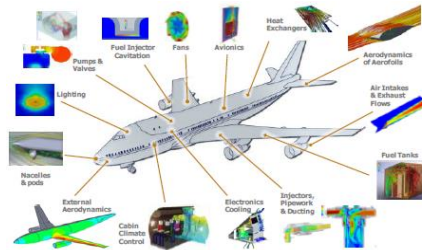


- Obsahuje prepojenie na ECAD a MCAD systémy, čo umožňuje udržať model aktuálny počas celého vývojového a optimalizačného procesu.

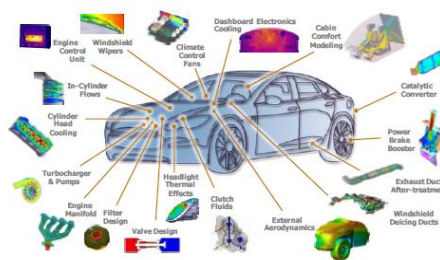
FloTHERM XT SmartParts



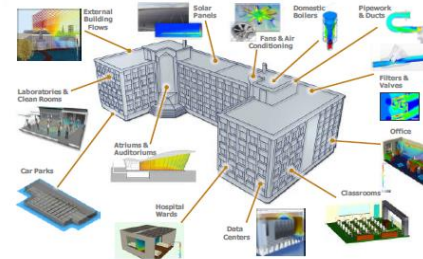
FloEFD is a General Purpose CFD



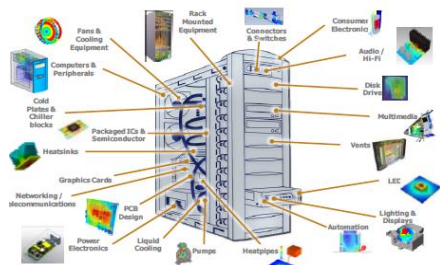
Military / Aerospace



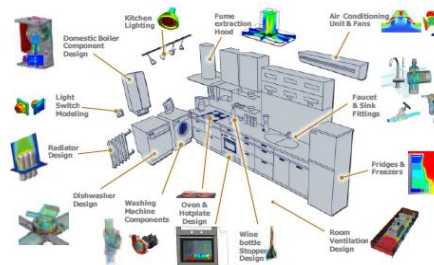
Automotive



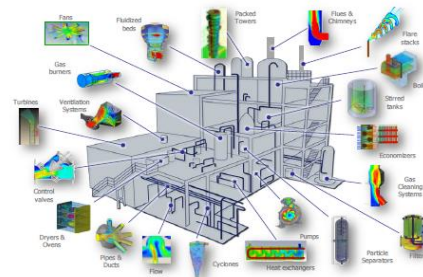
HVAC&R



Electronics



Household & Home Products



Process Industries & Manufacturing

CFD

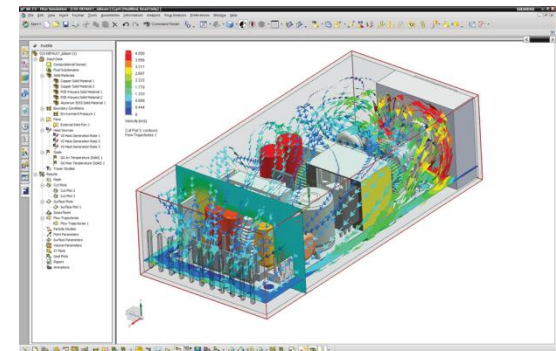
- Computation Fluid Dynamics



žijeme v tekutom prostredí – atmosféra
fyzika je principiálne rovnaká

CFD

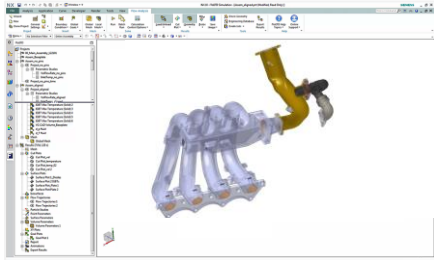
- Veľká časť technických aplikácií je popísateľná prostredníctvom prúdenia plynu (tekutiny) a prenosu tepla
 - Teplé povrchy vyvolávajú prúdenie, ktoré ich zase ochladzuje (a opačne)
 - Prenos tepla vedením, prúdením a radiáciou je dominantným spôsobom transportu energie v atmosfére
 - Prúdenie strháva častice...



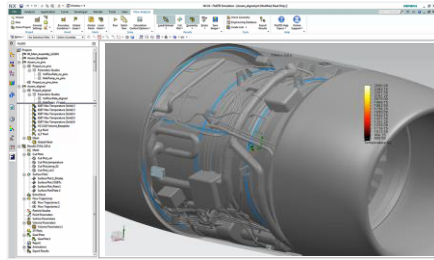
FloEFD

- **Engineering Fluid Dynamics**
 - Simulačný nástroj pre **inžiniersku** prax
- FloEFD je rýchly a robustný nástroj.
 - Neumožňuje síce celú paletu fyzikálnych simulácií ale perspektívne sú funkcionality rozširované.
 - Pre väčšinu aplikácií poskytuje časovo efektívne a dostatočne presne výsledky (**bez** potreby **zdĺhavého laborovania** s prípravou modelu).
 - Pre **každodenné** (priebežné) **simulácie**

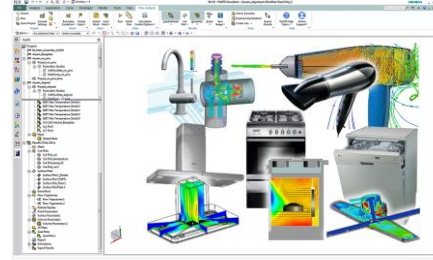
FloEFD offers Design Engineering level fluid flow and heat transfer capabilities suite a wide range of industries



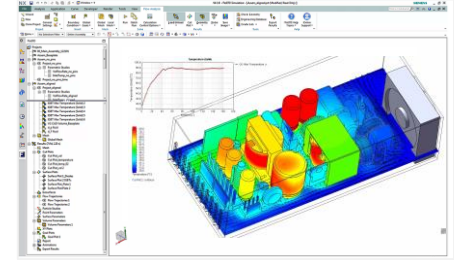
Automotive & Transportation



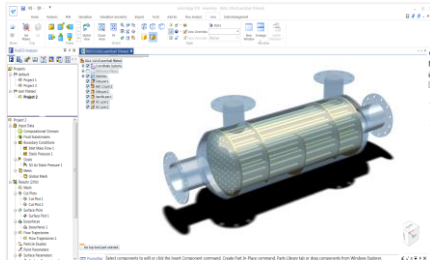
Aerospace & Defense



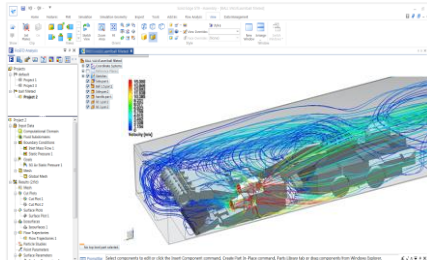
Consumer Products & Retail



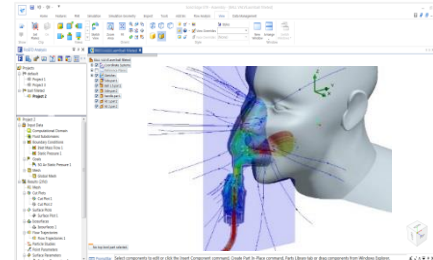
Electronics & Semiconductors



Energy & Utilities

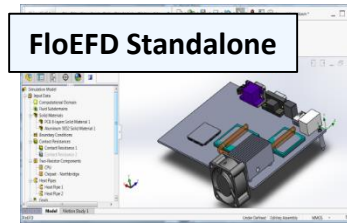
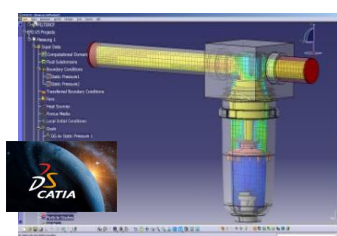
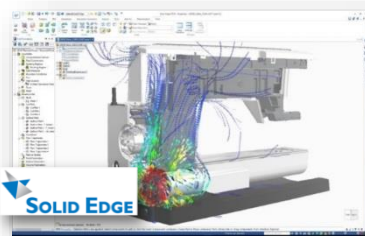
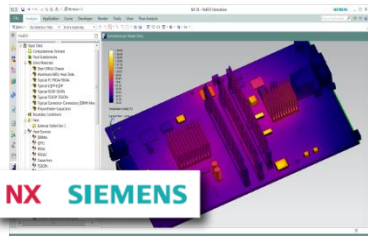


Industrial Machinery & Heavy Equipment

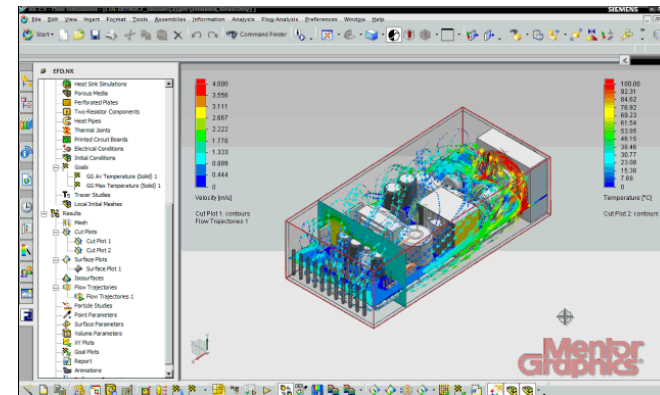


Medical Devices & Pharmaceuticals

FloEFD CAD Embedding



- Automatic fluid volume detection (no need for negative volumes)
- Geometry change detection: model and analysis are synchronized
- Analysis input data (preprocessor) is defined inside CAD
- Results (postprocessor) are displayed inside CAD
- Easy to learn and use for CAD design engineers
- Leverage from being embedded in CAD: detailed geometry information is used for effective meshing and solving



FloEFD

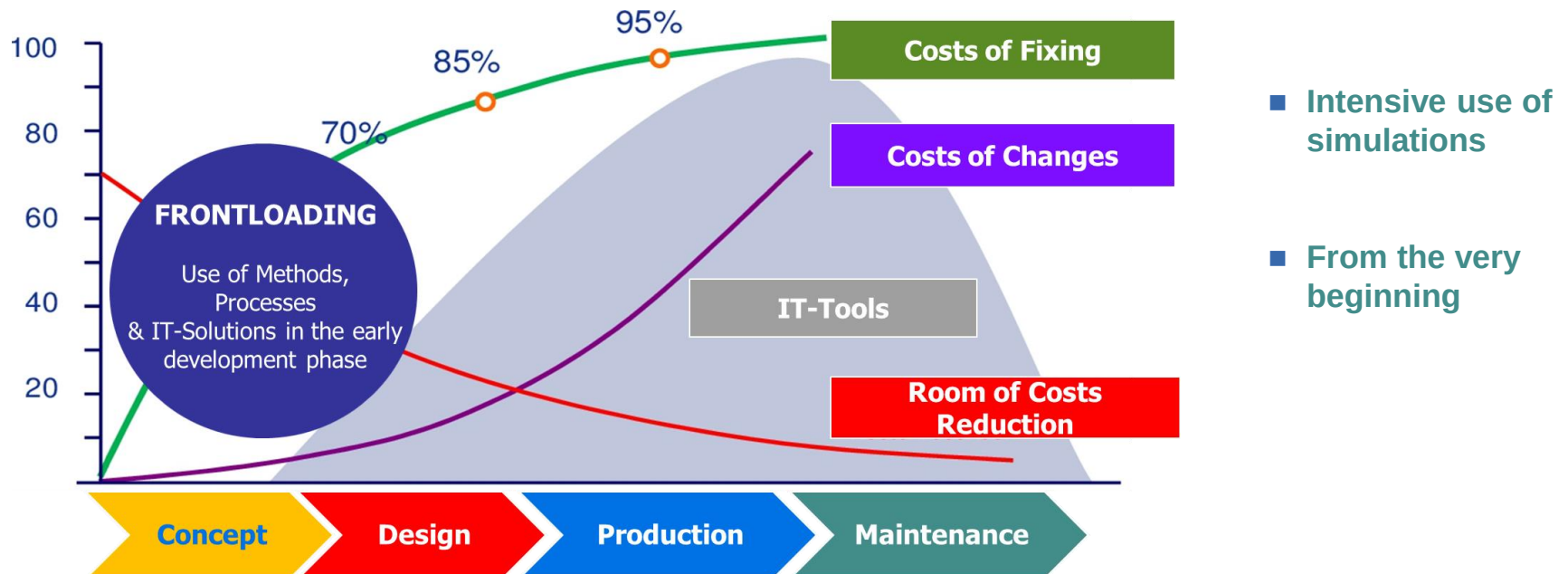
- Embeded prevedenie umožňuje efektívnu prácu **bez** potreby **konverzie** modelu.
 - Nevznikajú chyby pri prenose.
- Užívateľ pracuje v natívnom prostredí „svojho“ CAD systému so všetkými výhodami
 - Vie v tom robiť
 - automatická detekcia redizajnu komponentov a automatický update modelu...
- Stále „živý“ model

FloEFD

- FloEFD automaticky detekuje oblasti vyplnené fluidným médiom
 - teda tieto nie je potrebné nijako pripravovať.
- Proces mriežkovania je maximálne zjednodušený.
- Z „materského“ CAD-u importuje geometriu, pričom **materiály je možné ľubovoľne meniť** bez spätného vplyvu na originál.

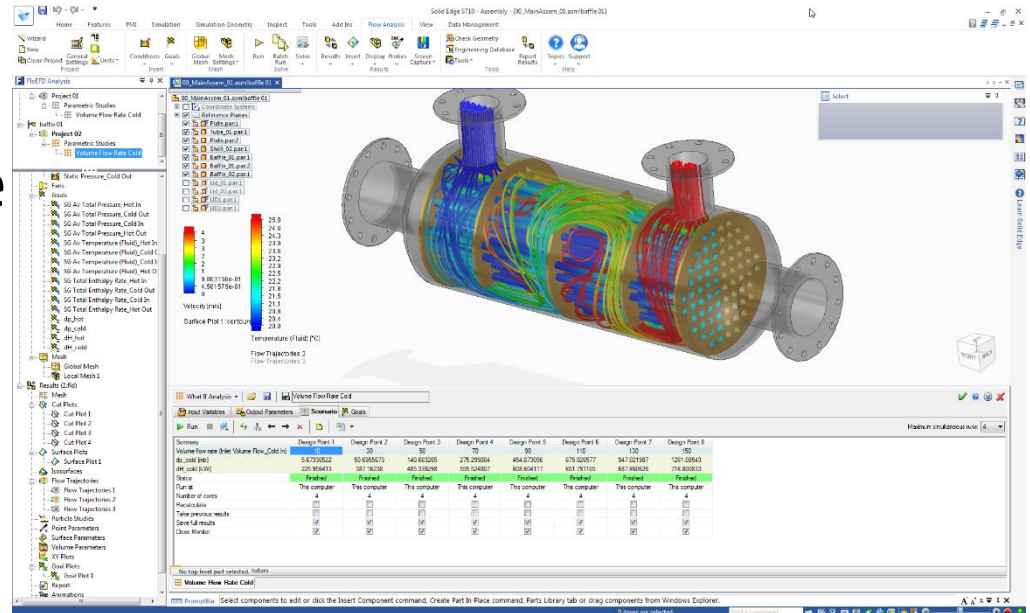
Frontloading CFD

'Frontloading' refers to the practice of moving CFD simulation early into the design process where it can help engineers examine trends and eliminate less desirable options, as well as reduce overall simulation workflow time by as much as 75%.



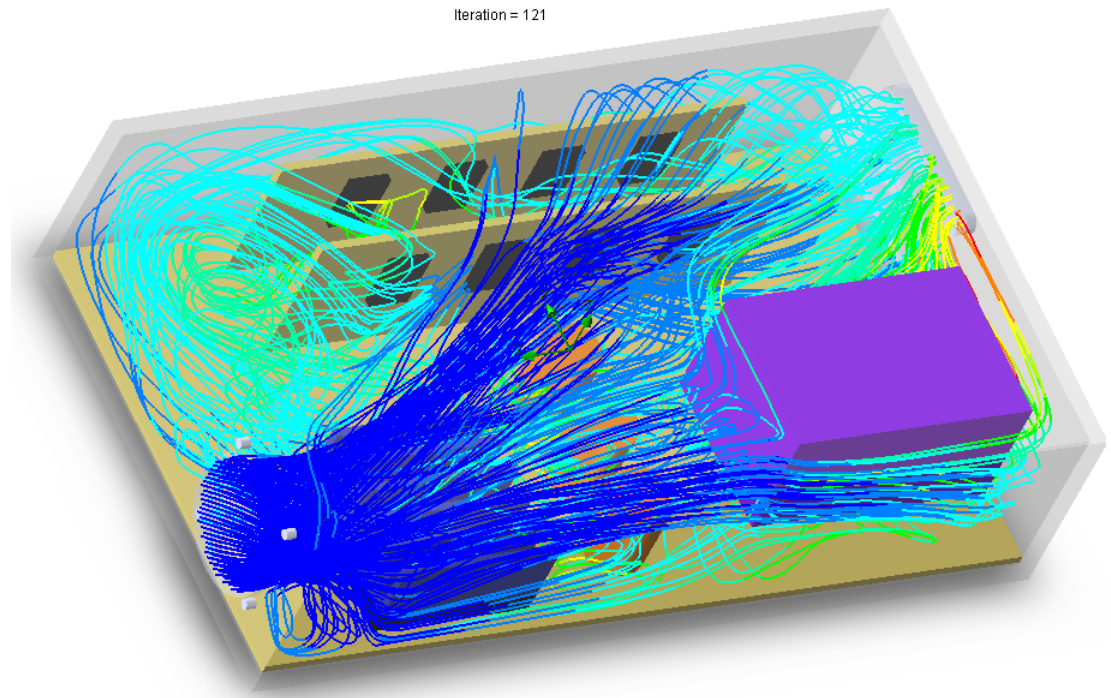
FloEFD

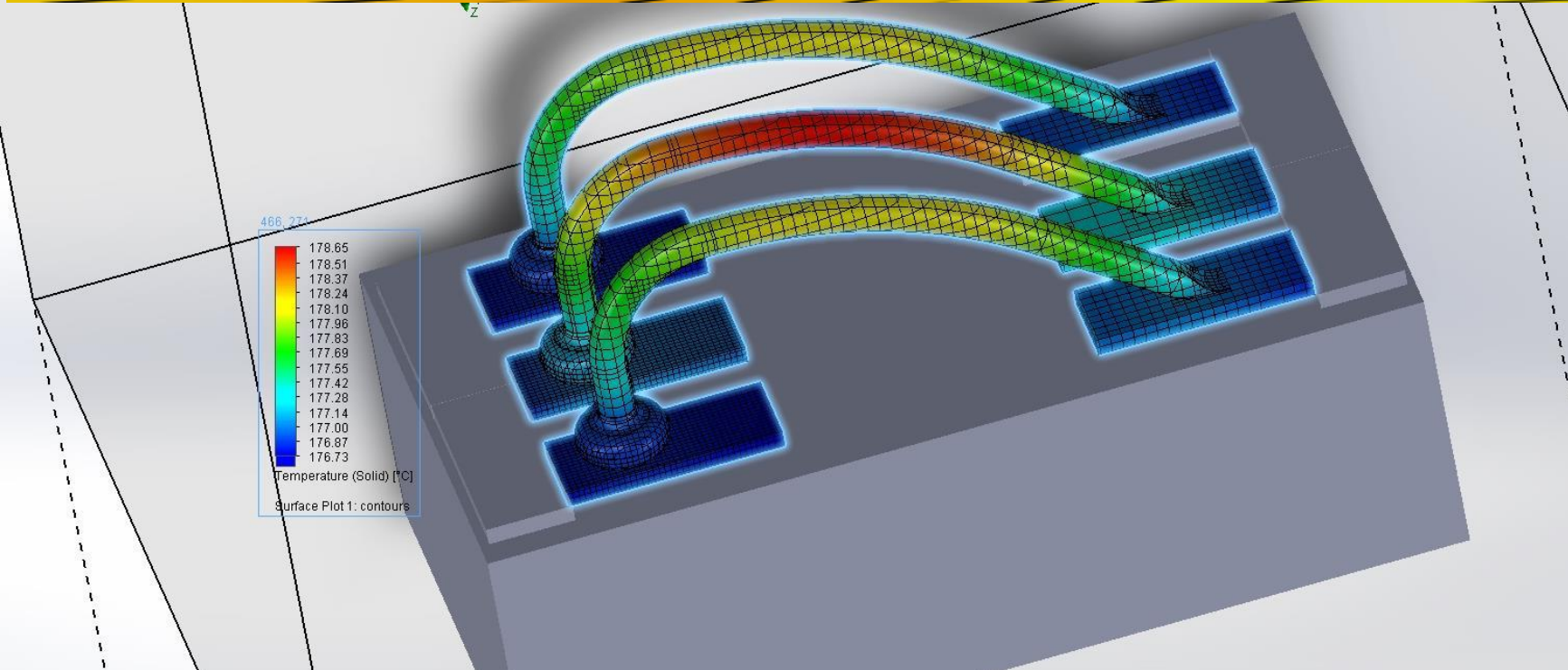
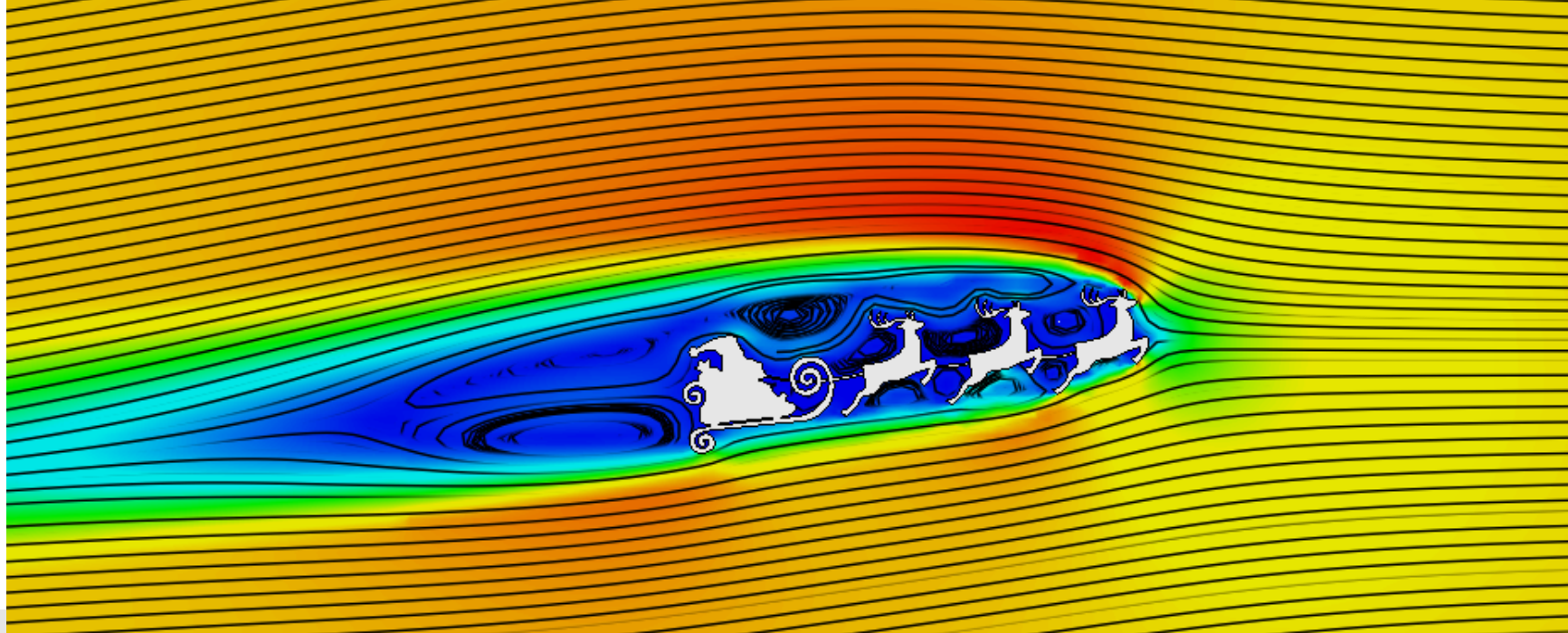
- Optimalizovaný pre priemyselné použitie.
 - Parametrické štúdie
 - „What if“ štúdie
 - „Worst case“ štúdie
- Materiály
- Vstupné premenné (teplota, rýchlosť...)
- Geometria



FloEFD

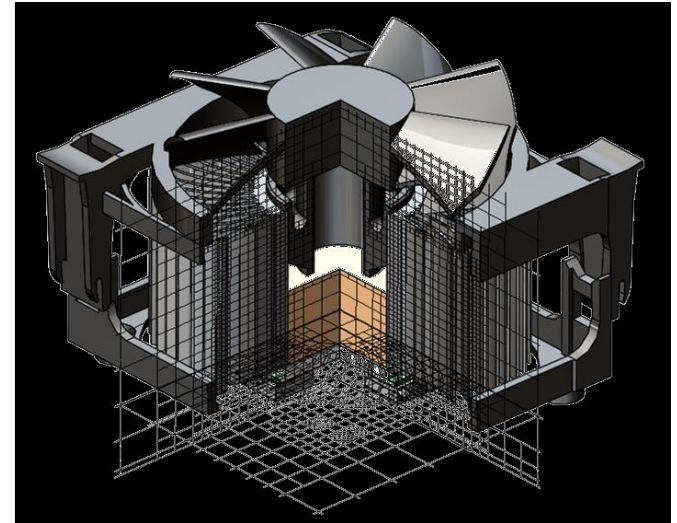
- Silne konvergentné jadro.
- Kvalitné „default settings“.
- Komplexné a kozmeticky atraktívne grafické výstupy.
 - Rezy
 - Povrchy
 - Dráhy
 - ISO plochy
 - Videa
 - Reporty...





FloEFD

- Mriežka v kartézskej sústave
 - Jednoduchšie generovanie.
 - Rýchly výpočet s hrubou mriežkou.
 - Precízny výpočet s jemnou mriežkou.
 - Rýchlejší výpočet.
 - Rôzne možnosti ukončenia.
 - Splnenie „goals“
 - Definovaný počet iterácií, výmien pracovného média, alebo po určitom čase
 - Možnosť lokálneho „zjemnenia“ mriežky pri zachovaní rozumnej náročnosti výpočtu.



FloEFD

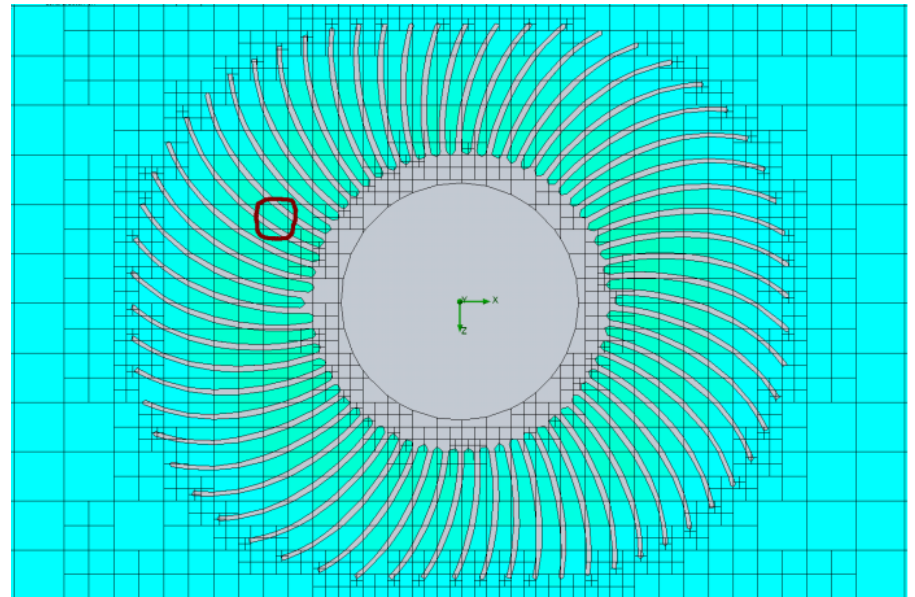
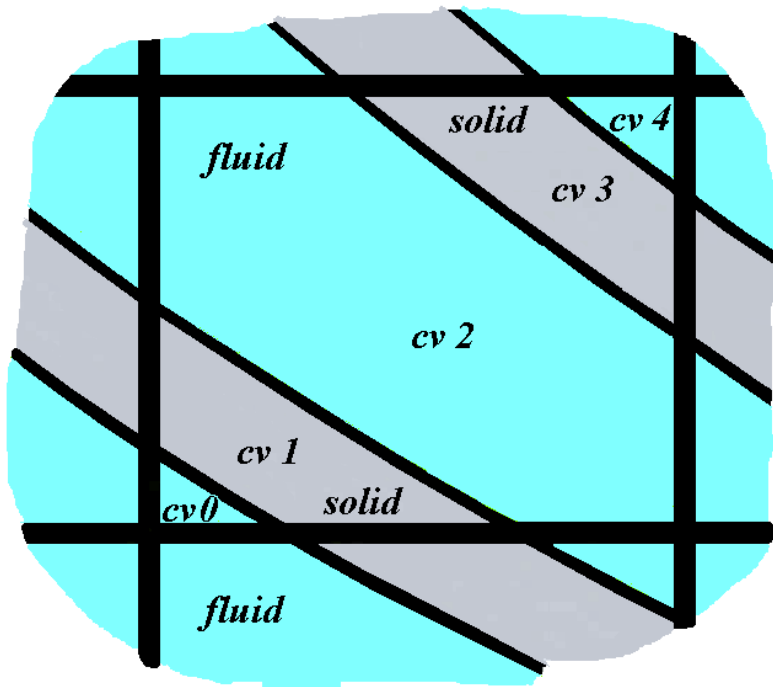
- Plávajúca licencia – delená
 - FloEFD – príprava a postproces
 - Solver – výpočet
 - V rámci jednej licencie môže **výpočet** bežať **na inom stroji**.
- Ľubovoľný počet procesorov – manažovateľný

FloEFD

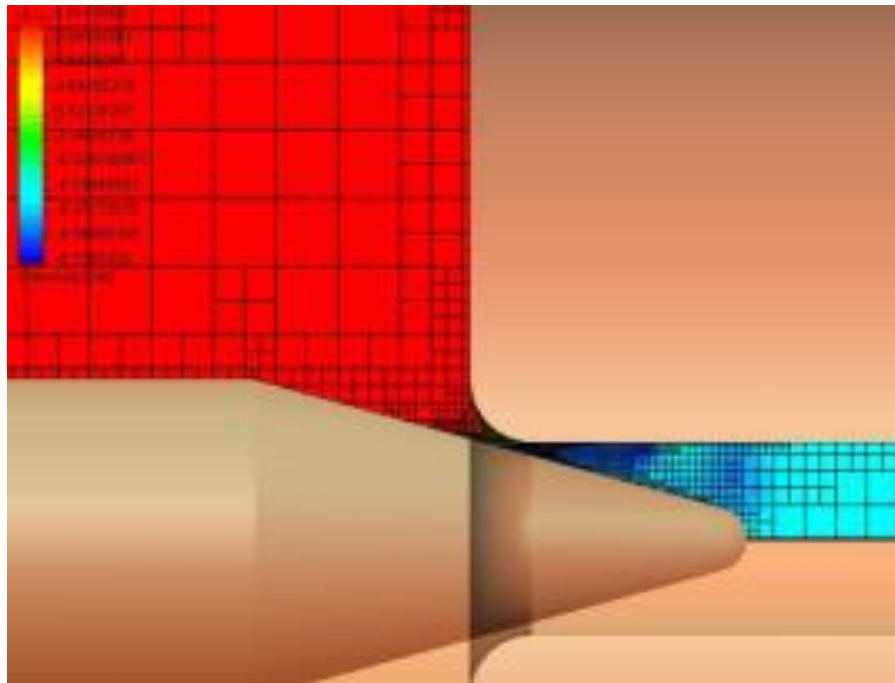
- Cez deň prebieha príprava modelu
 - Nastavenie geometrie a okrajových podmienok.
 - Nastavenie „goals“ pre ukončenie výpočtu.
 - Generovanie mriežky a jej kontrola.
- V noci (cez obed) prebieha výpočet
 - Paralelné alebo sériové reťazenie úloh.
 - Pokračovanie v prerušenom výpočte.
 - Mriežka sa už nemusí generovať.
 - Upozornenie mailom na koniec výpočtu

FloEFD

- **SmartCells™** technológia
 - jedna bunka môže obsahovať až 20 výpočtových podoblastí (vrátane medzných vrstiev).

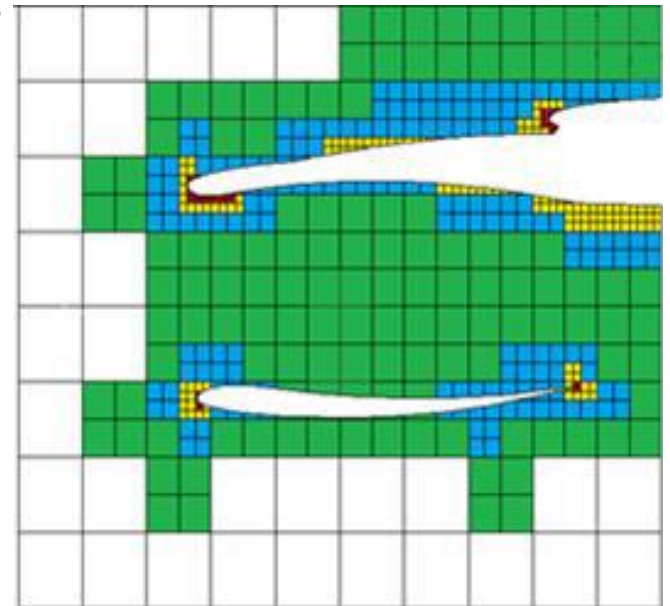
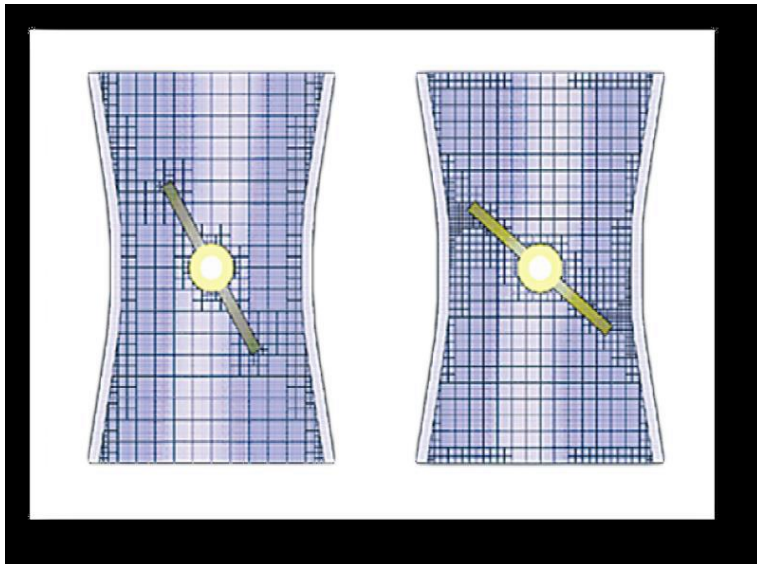


- Možnosť generovania **lokálnych** výpočtových **mriežok**
 - podrobný výpočet v záujmových oblastiach pri zachovaní rozumných nárokov na výpočtové prostriedky.

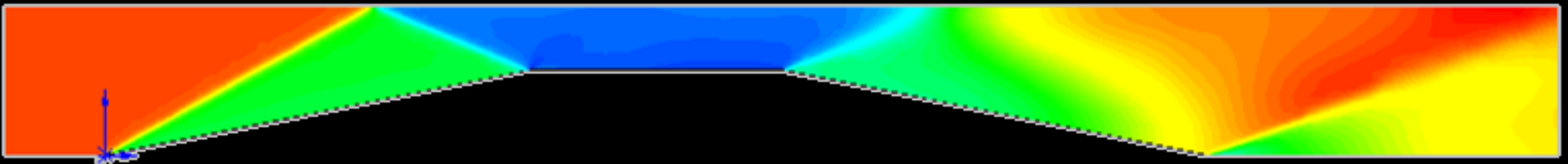
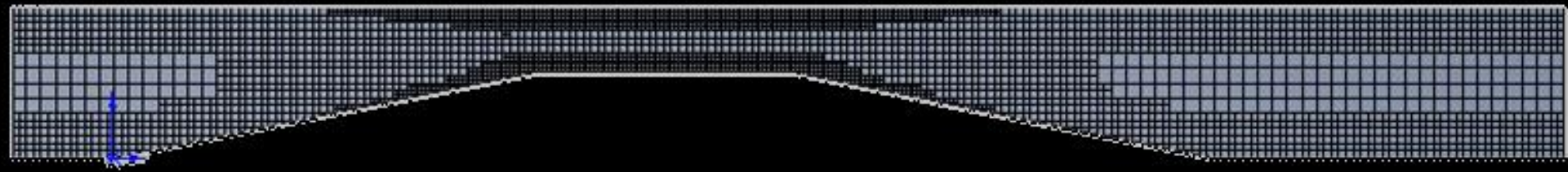
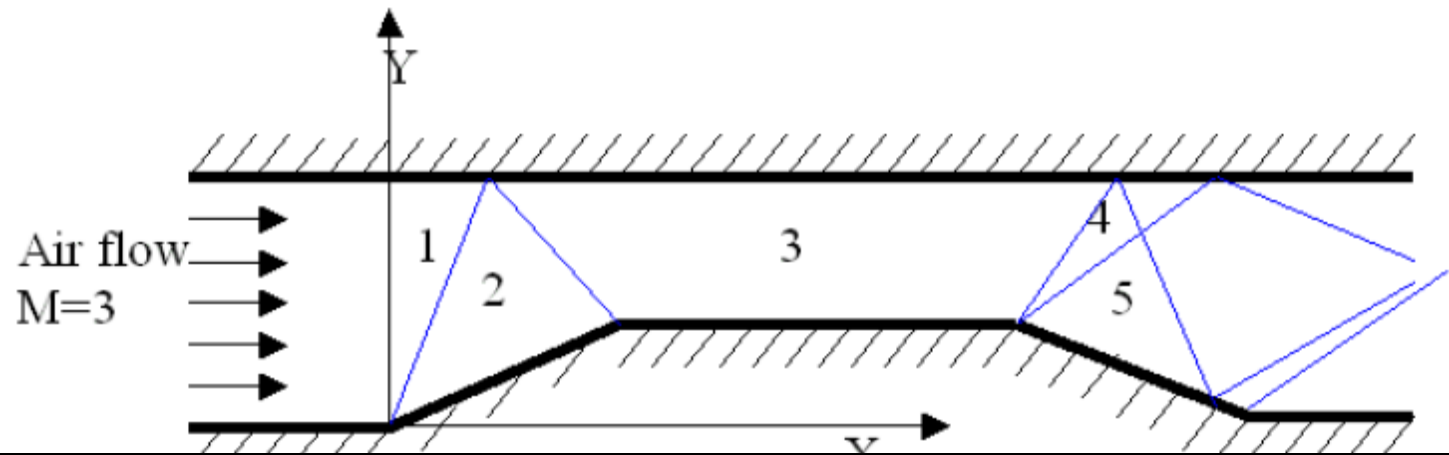


FloEFD

- V prípade turbulentných prúdení (κ - ε model)
 - solver automaticky zjemní mriežkovanie v problémovej oblasti,
 - odpadá nutnosť dokonalej/(správnej) definície mriežky pred začatím výpočtu.



Auto refining MESH

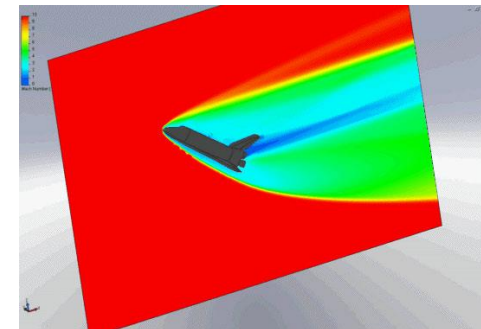
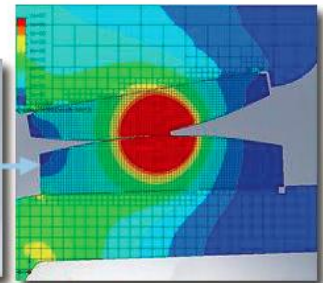
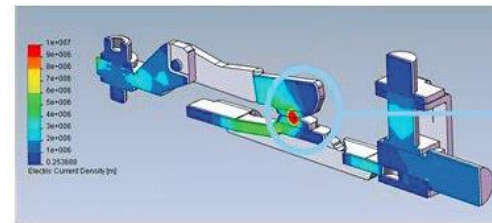


FloEFD funkcionality

- Vedenie tepla v pevných, poréznych a fluidných látkach
 - Izolovane (vákuum)
 - Združené vedenie tepla
 - Tepelné odpory (prechodové)
- Radiačný prenos tepla
 - Nepriehľadné materiály
 - Semitransparentné
 - Refrakcia v transparentných materiáloch (DO, DT, MC)
 - Radiácia plynov
- Tlak nasýtených pár kvapaliny a zmeny skupenstva v uzavretom priestore a ich vplyv na prúdenie kvapaliny a prenos tepla.

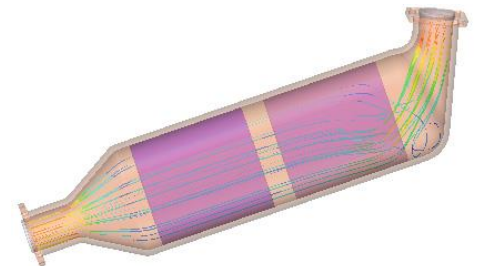
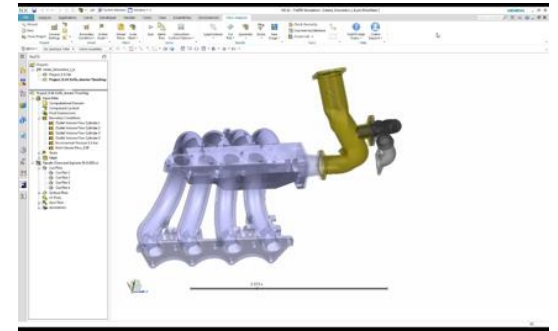
FloEFD funkcionality

- Subsonické, transonické, a supersonické prúdenie
 - vrátane dissociačných a ionizačných efektov.
- Tepelné zdroje objemové a povrchové
 - Teplota, tepelný tok, tepelný výkon.
- Tepelná a elektrická vodivosť (v pevných látkach)
 - Izotrópna
 - Orthotrópna
 - Jednosmerná
 - Biaxiálna, osovo symetrická....
- Joulové straty v pevných látkach



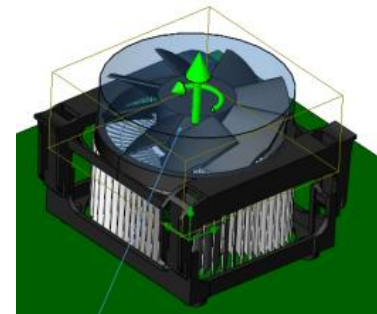
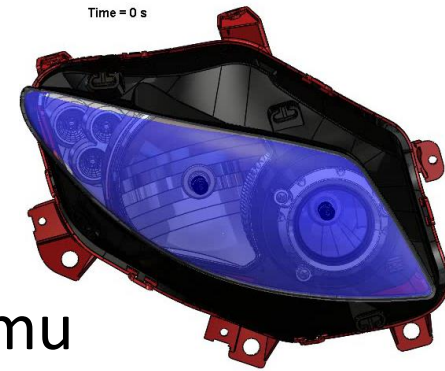
FloEFD funkcionality

- Prúdenie tekutín (kvapalín aj plynov) s medznou vrstvou
 - Modelovanie drsnosti povrchu,
 - akustické efekty
- Stlačiteľné aj nestlačiteľné kvapaliny (tekutiny)
- Viaczložkové tekutiny aj pevné materiály
- Prúdenie a prenos tepla v poréznych materiáloch



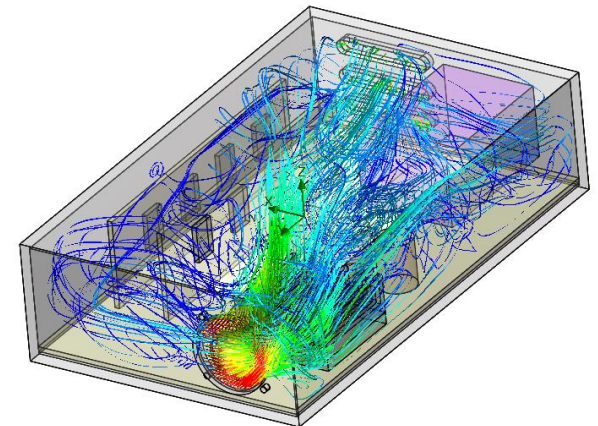
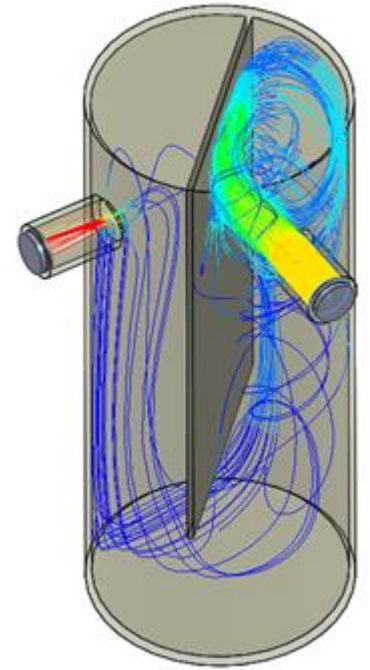
FloEFD funkcionality

- Relatívna vlhkosť v plynoch a zmesiach
- Kondenzácia vlhkosti
 - Tvorba a vytváranie vodného/ľadového filmu
 - Absorpcia vody v plastoch
- Modelovanie voľných povrchov kvapalín
 - Plnenie nádob, prelievanie kvapalín...
- Prúdenie okolo rotujúcich komponentov
 - Ventilátory, turbíny...
- Kavitácia
- Materiály so zmenou fázy (kvapalina/plyn)



FloEFD funkcionality

- „Steady-state“ aj analýzy „v čase“
- Gravitačné aj nútené prúdenie
 - Modely ventilátorov (P/Q krivka)
- Spaľovanie plyných zmesí
- Disperzné roztoky (kvapalina/plyn s časticami)
- Prúdenie nenewtonovských kvapalín
 - Med, plasty...
- Eterné a interné simulácie
- FEA export cez txt súbor
 - Creo Simulate, Abaqus, MpCCI, Nastran...
- Export do iných post-procesorov
 - EnSight and ParaView

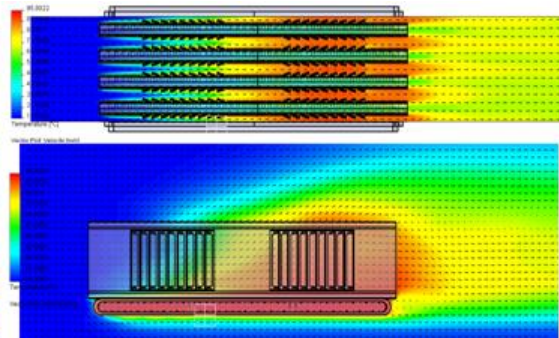
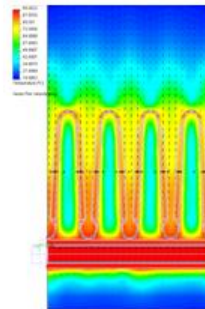
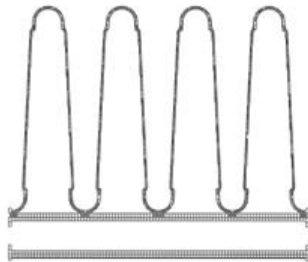
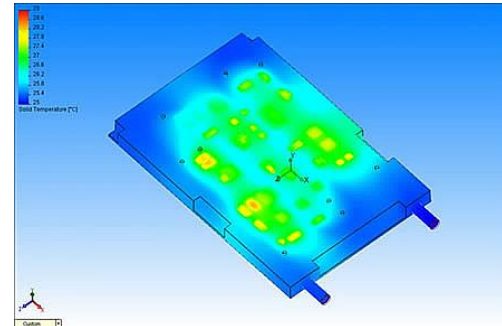
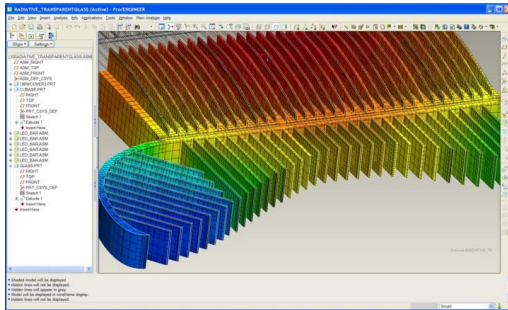


FloEFD moduly

- HVAC
 - Vlhkosť, miešanie plynov, pohyb častíc...
- Advanced
 - Nadzvukové prúdenie, spaľovanie...
- Electronic Cooling
 - Joulové straty, DPS, ventilátory, heatpipes, peltierové články...
 - FloEDA Bridge (detailné modely DPS)
- LED
 - Modely LED, fotometria...



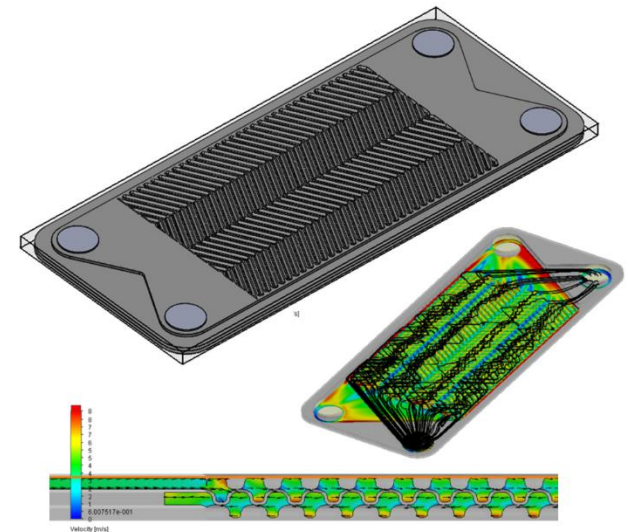
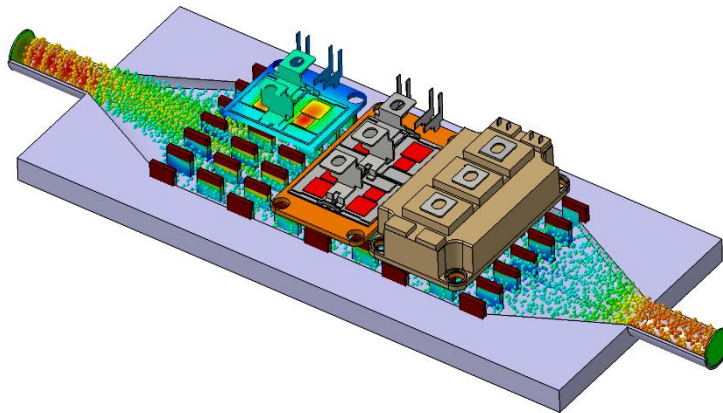
Heat Transfer



Heat Exchanger & Heat Sinks

- **Primary goal** - analyze and improve heat exchanger & heat sink efficiency:

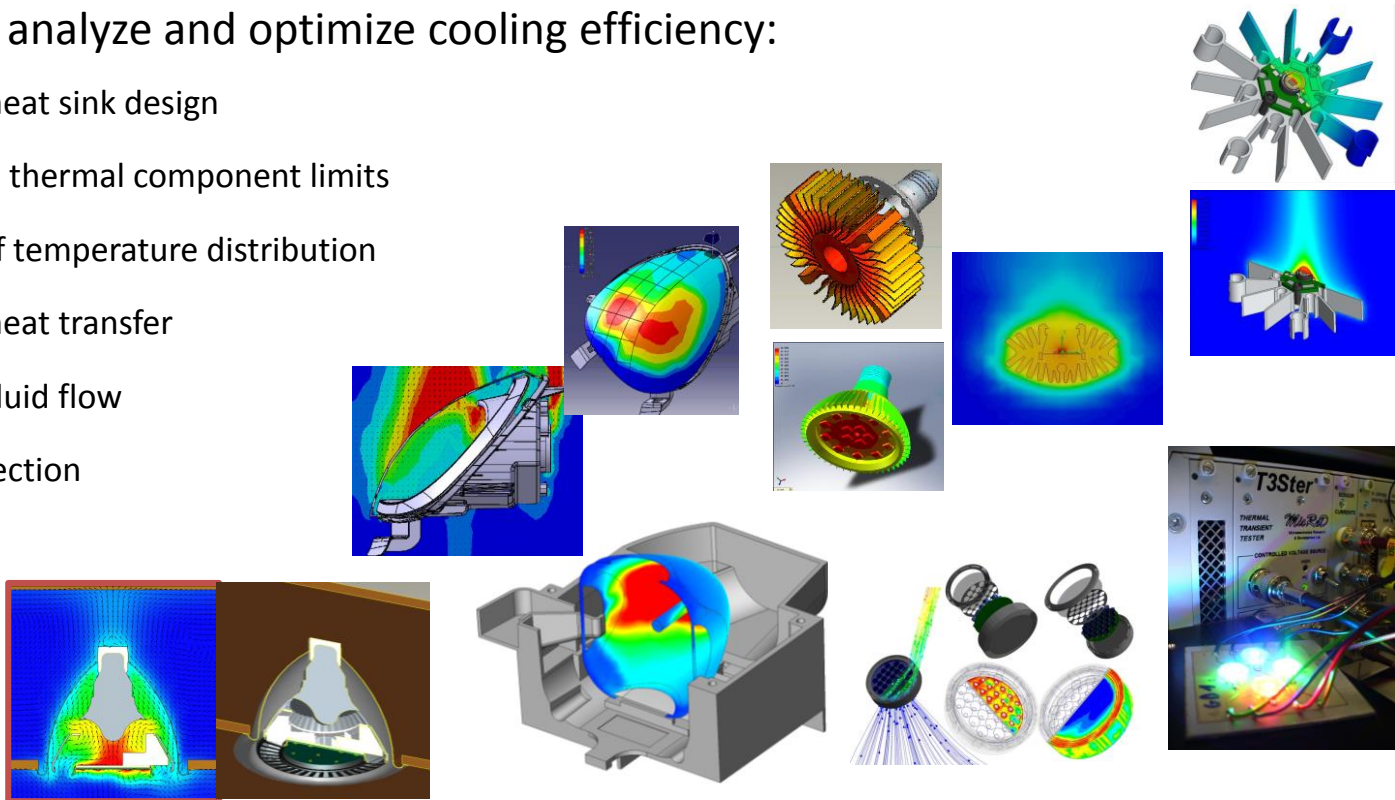
- Optimize designs
- Low pressure losses
- Best location and arrangement
- Material selection
- Influence on overall airflow



Lighting

- Primary goal – analyze and optimize cooling efficiency:

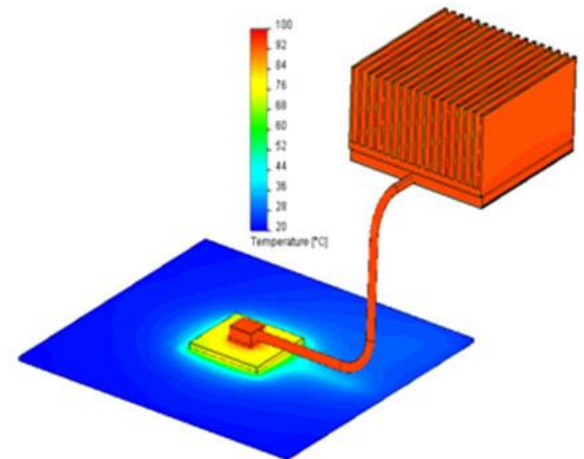
- Optimizing heat sink design
- Comply with thermal component limits
- Prediction of temperature distribution
- Optimizing heat transfer
- Optimizing fluid flow
- Material selection



FloEFD modules

Electronic Cooling

- Modely komponentov
 - Knižnica „two-resistor“ modelov. (definované R_{jc} a R_{jb})
 - Heatpipe kompaktné modely.
 - Generátor modelov DPS zohľadňujúci vnútornú štruktúru.
 - DPS môže byť orientovaná ľubovoľne

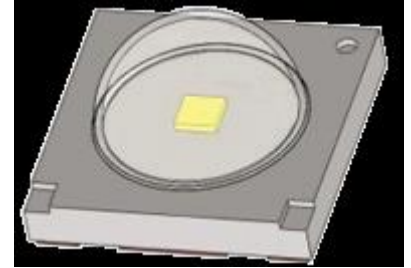


FloEFD modules

Electronic Cooling

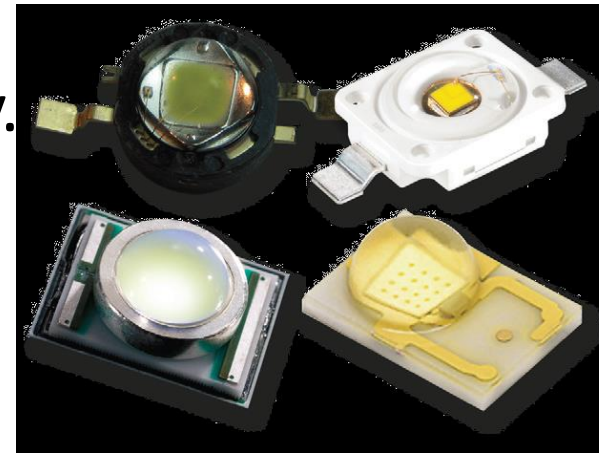
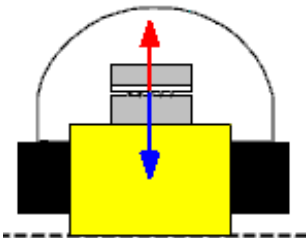
- Rozsiahla špecializovaná databáza materiálov
 - Kovy a zliatiny, keramiky, polyméry, lamináty, minerály a sklá, polovodiče.
 - Viac ako 1000 typov ventilátorov.
 - Materiály pre puzdrá IO.
 - Kontaktné materiály (teplovodivé pasty, ...).
 - Termoelektrické chladiče...

FloEFD modules



LED module

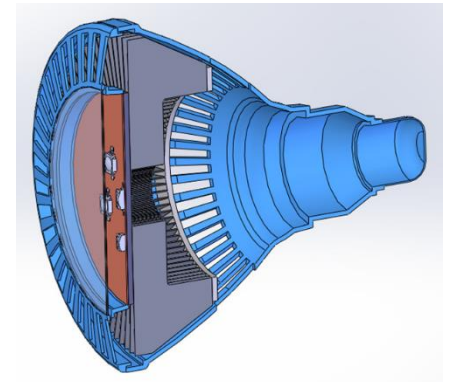
- Kombinované termálne a fotometrické modely.
- Integrované základné modely
 - Cree XT-E, Osram Golden Dragon, Seoul P4 and Philips Luxeon Rebel.
- Možnosť importu modelov reálnych LED pomocou merania na T3Ster a TeraLED.
- Možnosť definície vlastných modelov.



FloEFD modules

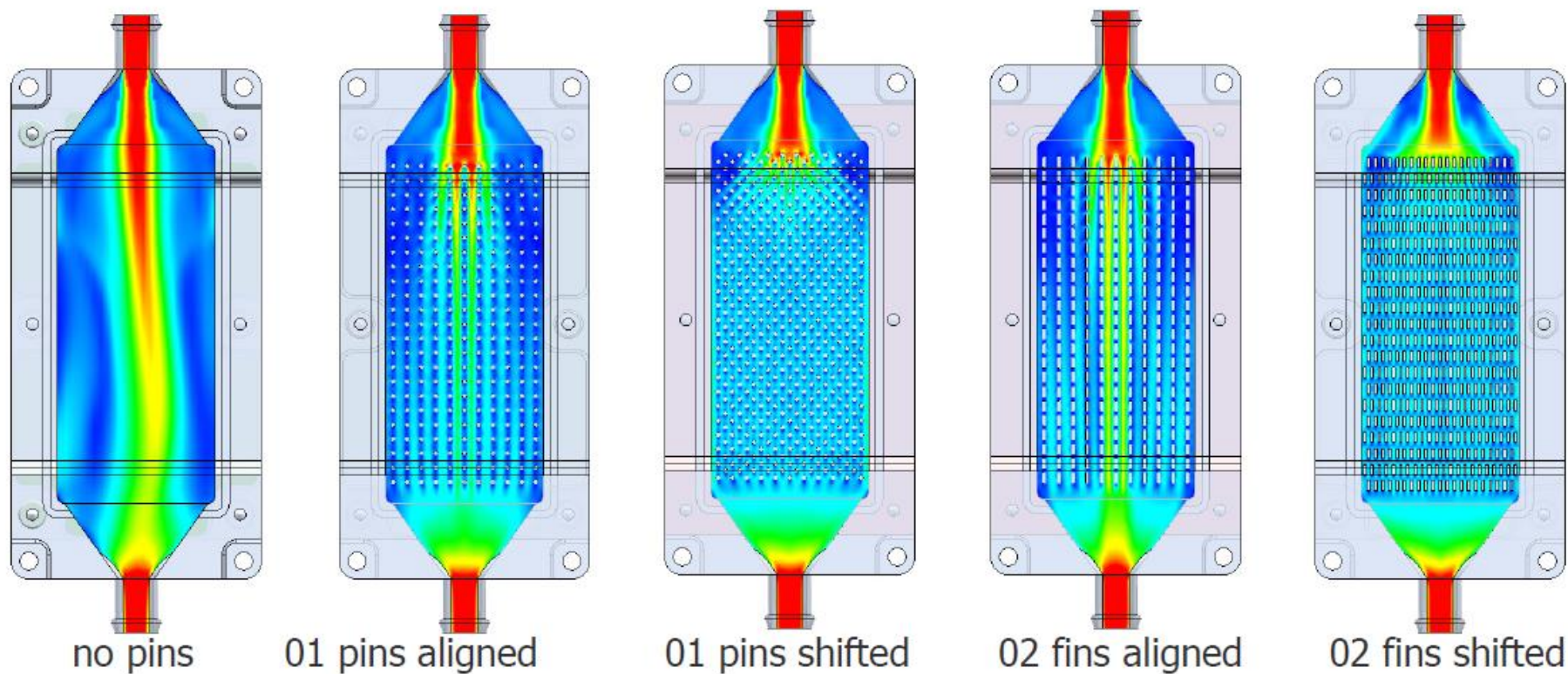
LED module

- Na základe pretekajúceho prúdu umožňuje presný výpočet teploty jednotlivých zložiek LED (čip, vývody, puzdro,...).
- Zarátava sa termálna a svetelná radiácia vrátane rozdielných vlastností transparentných materiálov pre rôzne vlnové dĺžky. (reflexia, refrakcia, absorbcia,...).



FloEFD

- Otázky



FloEFD Capabilities

INCOMPRESSIBLE	COMPRESSIBLE, $M < 3$	HIGH MACH NUMBER, $M < 10$
WATER (REAL LIQUID WITH POSSIBILITY OF CAVITATION)	STEAM (REAL GAS WITH POSSIBILITY OF CONDENSATION) WATER FILM, ABSORPTION IN SOLIDS HUMIDITY	HYPERSONIC, $M < 30$
NEWTONIAN NON-NEWTONIAN LIQUIDS	COMPRESSIBLE LIQUID MARS ATMOSPHERE	PARTICLE TRACKING
		JOULE HEATING
		COMBUSTION

- Stationary and transient flows
- Heat transfer in gases and bodies (isotropic and anisotropic)
- Forced and natural convection
- Radiation heat transfer (surface radiation and absorption in bodies, grey and non-grey, solar, UVGI)
- Rotation (Mixing plane, Sliding mesh)
- Electrical current through conductors
- Parametric Study
- Fans

- Porous media (incl. conductive media)
- Perforated plates
- Thermal and electrical contact resistance
- 2R-model, Network assembly, TEC, PCB
- Heat Pipe, Electrical contact, Thermal Joint
- LED Thermal-Optical model
- Passive scalar and Comfort Parameters
- Heat Path Viewer