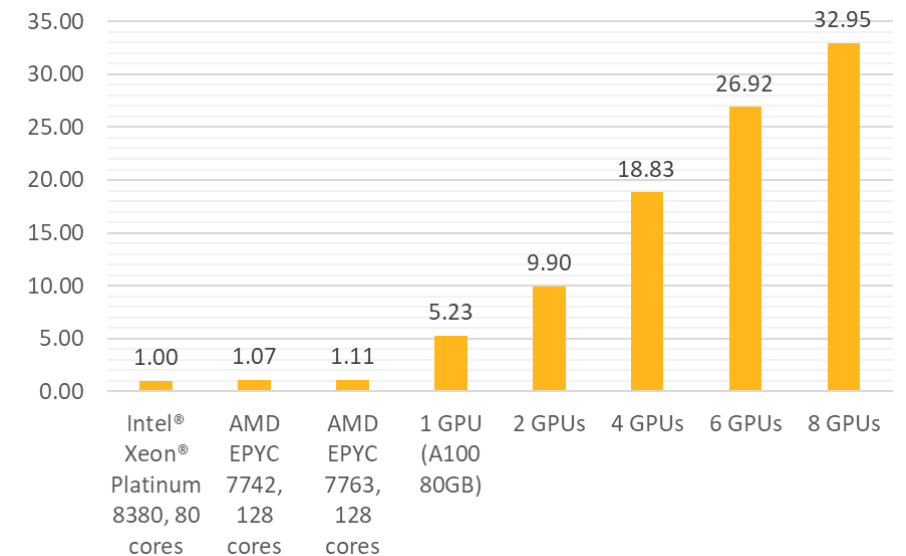
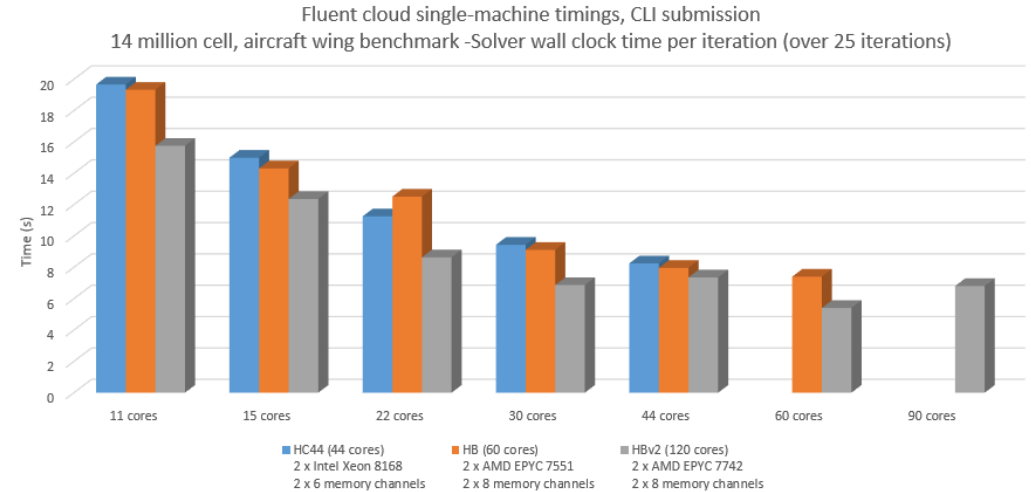




Jak zrychlit CFD výpočty?

SVS FEM

- CFD je problém omezený propustností paměti, což souvisí s počtem paměťových kanálů a jejich rychlostí.
 - Intel Xeon = 6 paměťových kanálů na CPU
 - AMD EYPC = 8 paměťových kanálů na CPU
 - Proto moderní procesory s vysokým počtem jader dosahují maximální škálovatelnosti již při zatížení kolem 50–25 %.
 - Propustnost paměti u hardware
 - AMD 3rd Gen EYPC = 205 GB/s
 - A100 40GB = 1555 GB/s
 - A100 80GB = 2039 GB/s
 - L40 48GB = 960 GB/s
- Porovnávejte uzly/servery, nikoliv pouze počet jader!**



- Nákup nového počítače
- Výpočet na více jádrech
- Přenesení výpočtů na GPU
- Úprava/zjednodušení modelů





Nákup nového HW

Nákup nového počítače

- Vývoj rychlosti HW v čase.
- Významný skok u procesorů z roku 2023 – DDR5 + AVX512

Rok	Model AMD Ryzen	Cinebench R23	TDP [W]	Max memory bandwidth [GB/s]	Gen.	Cache memory [MB]	Zrychlení
2018	2990WX	29 639	250	87,42	Zen+	64	72 %
2019	3970X	45 513	280	95,37	Zen2	128	110 %
2020	3975WX	41 357	280	204,8	Zen2	128	100 %
2022	5975WX	54 433	280	204,8	Zen3	128	132 %
2023	7975WX	60 991	350	332,8	Zen4	128	147 %
2025	9975WX	90 895	350	409,6	Zen5	128	220 %

Nákup nového počítače

- Systém?
- Linux vs Windows

Aggregate performance of Ansys Fluent 2022 R1 on identical 5975WX hardware based on 14 standard benchmarks (*lower is better*)

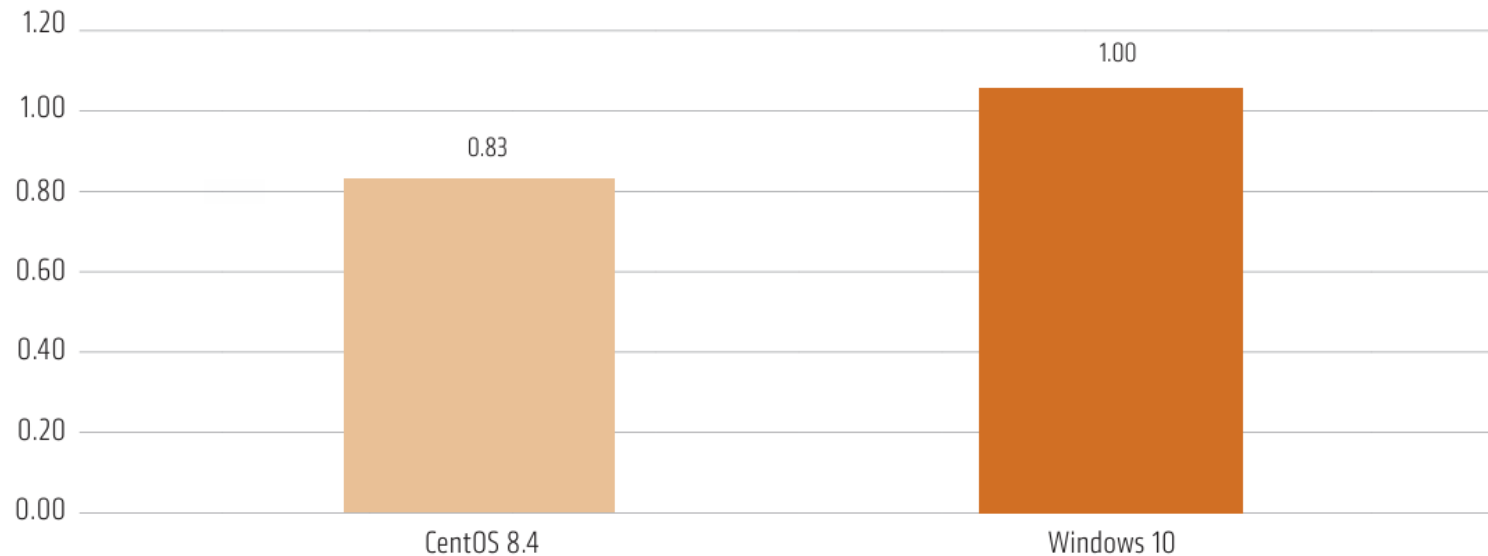


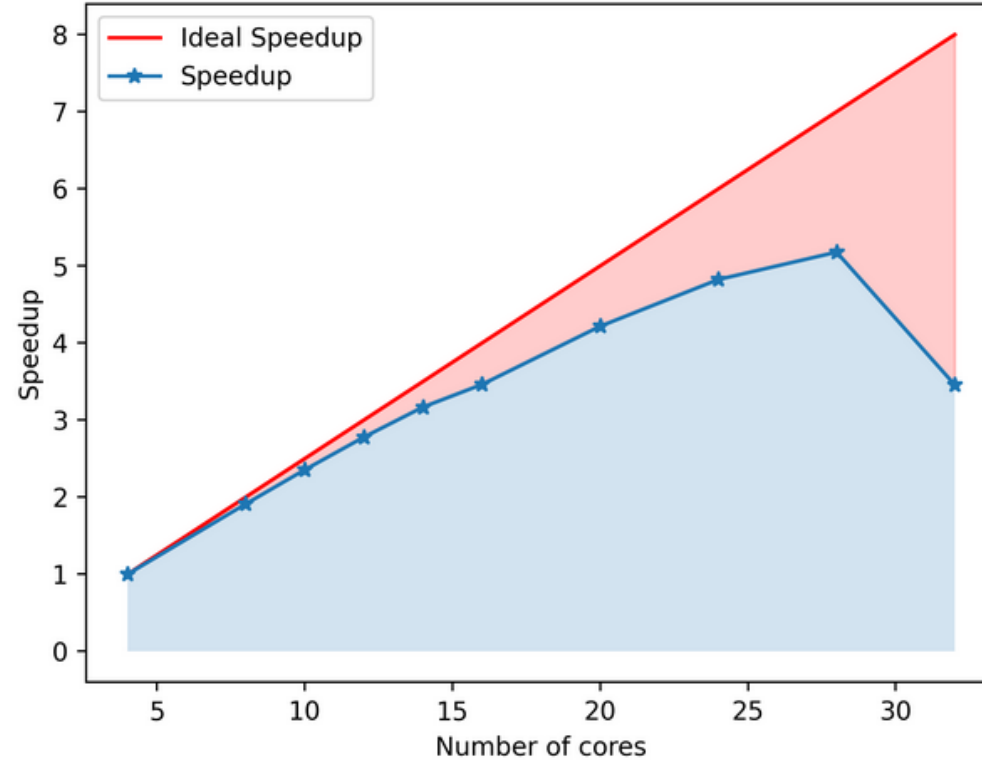
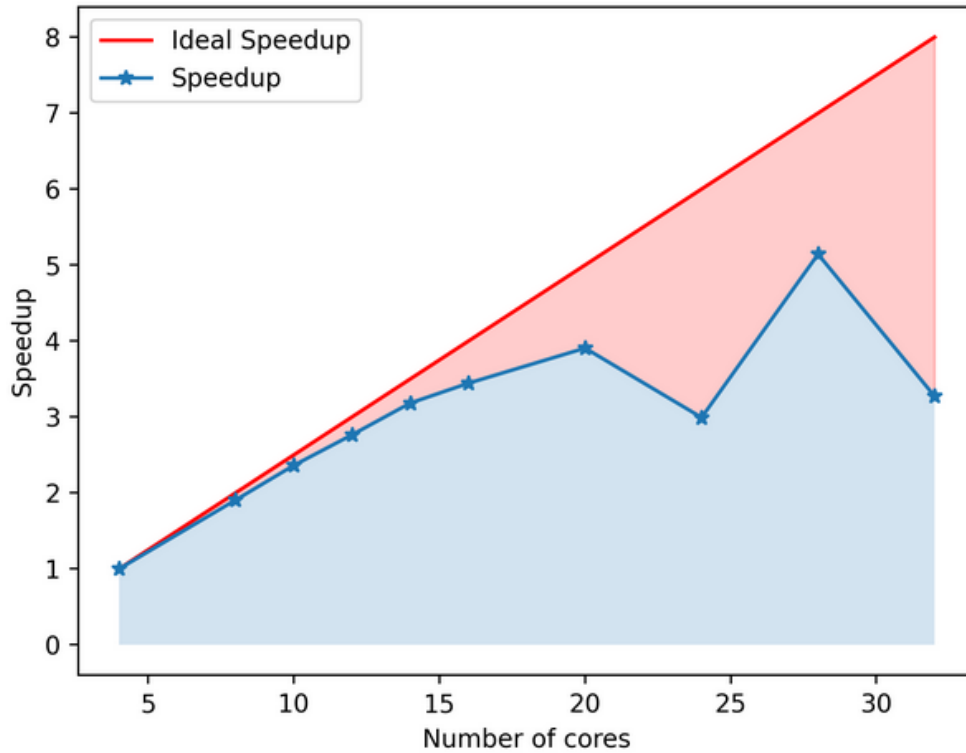
FIGURE 1: ANSYS FLUENT 2022R1, THREADRIPPER PRO 5975WX, DEFAULT BIOS, 32 PROCESSES

Zdroj: [mv-concept-ansys-fluent-white-paper.pdf](https://www.mvconcept.com/ansys-fluent-white-paper.pdf)



Výpočet na více jádrech

- Ansys Fluent velmi dobře škáluje až do tisíců jader.
- Závislost na použitých modelech a konkrétním HW.



Ansys CFD HPC Ultimate

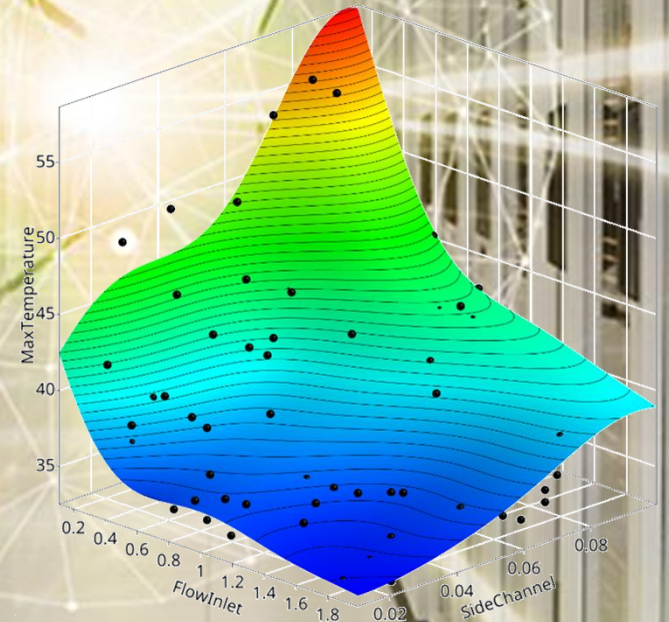
CFD without HPC limits



CPUs



GPUs



Parametric

Co je Ansys CFD HPC Ultimate?

- Jedná se o nástroj, který umožňuje využití řešičů na úrovni CFD Enterprise na libovolném počtu CPU jader nebo GPU, bez nutnosti dalších HPC licencí.
 - Například lze spustit jednu úlohu ve Fluentu na 1 jádru nebo na 10 000 jádrech za stejnou cenu (**cena Fluentu je zahrnuta**).
- Kdy je Ansys CFD HPC Ultimate dostupný?
 - Řešiče Fluent pro CPU i GPU jsou dostupné od 12. února 2025 ve verzi 2025 R1 SP1 (je nutné mít nainstalovaný Service Pack).
 - Podpora dalších CFD Enterprise řešičů je plánována na verzi 2025 R2.
- Je potřeba aktualizovat licenční server (license manager)?
 - Ne, lze nadále používat license manager verze 24Rx nebo 25Rx. Starší verze by měly fungovat také, ale nebyly testovány.



Přenesení výpočtů na GPU

- Ano:
 - Všechny základní funkce
 - VOF
 - Chemické reakce (FR, EDM, FGM)
 - Turbo-aplikace (Full-wheel, Frozen Rotor, TRS)
 - Potential model + Battery + Joule Heating
 - DPM

- Ne:
 - Eulerian/Mixture Multiphase
 - Pitch Scale, Mixing Plane

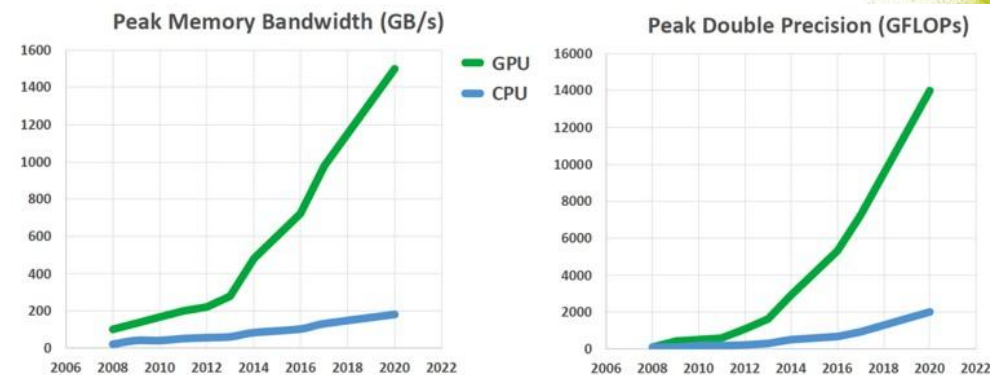
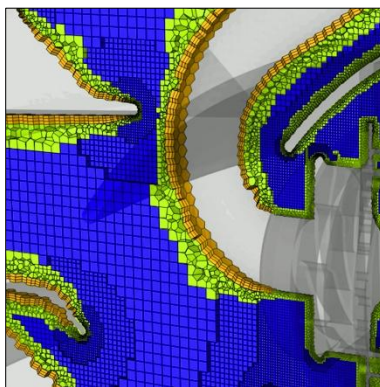
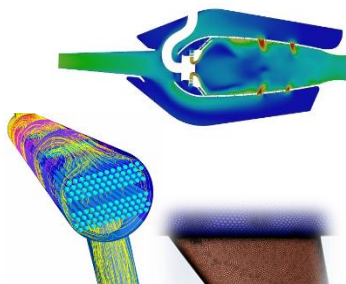
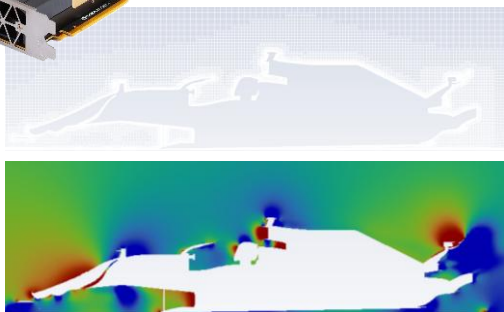


33 Ansys KONFERENCE GPU jsou klíčové pro příští generaci vysoce výkonných výpočtů (HPC)

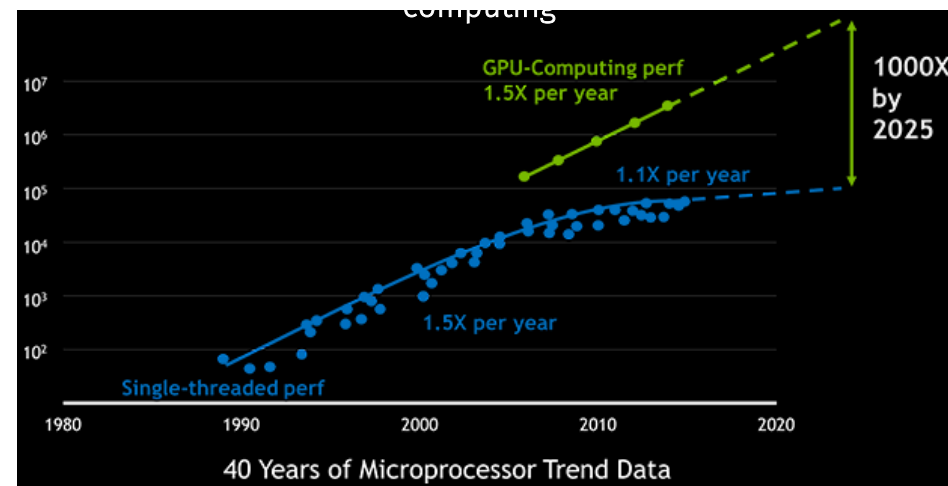


Inženýři chtějí využívat simulace k tomu, aby zjistili, jak se jejich návrhy budou chovat při působení milionů proměnných.

- Velké množství simulací
 - Zkrácení času uvedení na trh
 - Potřeba výrazně zvýšit propustnost simulací
- Bez kompromisů v přesnosti!!



The time is now for general purpose GPUs in scientific computing



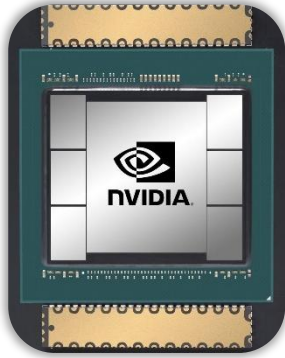
<https://www.nextplatform.com/2019/07/10/a-decade-of-accelerated-computing-augurs-well-for-gpus/>

Paměťová náročnost – hlavní bariéra nasazení

- SIMPLE je úspornější na paměť než CPU řešič, zatímco Coupled má podobné nároky jako CPU
- SBES/LES běžící se schématem SIMPLEC vyžaduje více RAM
 - Přibližně 168 GB pro octree síť o 128 milionech buněk v single precision (1,31 GB / milion buněk)
 - To je asi o 30 % více než RANS pro stejný případ
- Sliding mesh vyžaduje double precision
- SBES + sliding mesh \approx 4–5 GB / milion buněk
- GPU je robustnější při výpočtech v single precision

Memory							
		SIMPLE			Coupled		
Case	Precision	CPU GB/m cells	GPU GB/m cells	GPU/CPU	CPU GB/m cells	GPU GB/m cells	GPU/CPU
Sedan-4m (tet)	3d	1.23	0.77	0.63	2.07	2.00	0.97
	3ddp	1.85	1.25	0.68	3.51	3.58	1.02
Truck-6m (poly)	3d	1.89	1.05	0.56	2.80	2.76	0.98
	3ddp	2.78	1.63	0.59	4.60	4.84	1.05
Driver-50m (hex)	3d	1.74	0.86	0.50	2.48	2.18	0.88
	3ddp	2.43	1.38	0.57	4.14	3.86	0.93
Car-105m (hex)	3d	1.63	0.97	0.59	2.41	2.47	1.02
	3ddp	2.37	1.20	0.63	3.92	4.32	1.10

Licencování – NVIDIA & AMD (β)



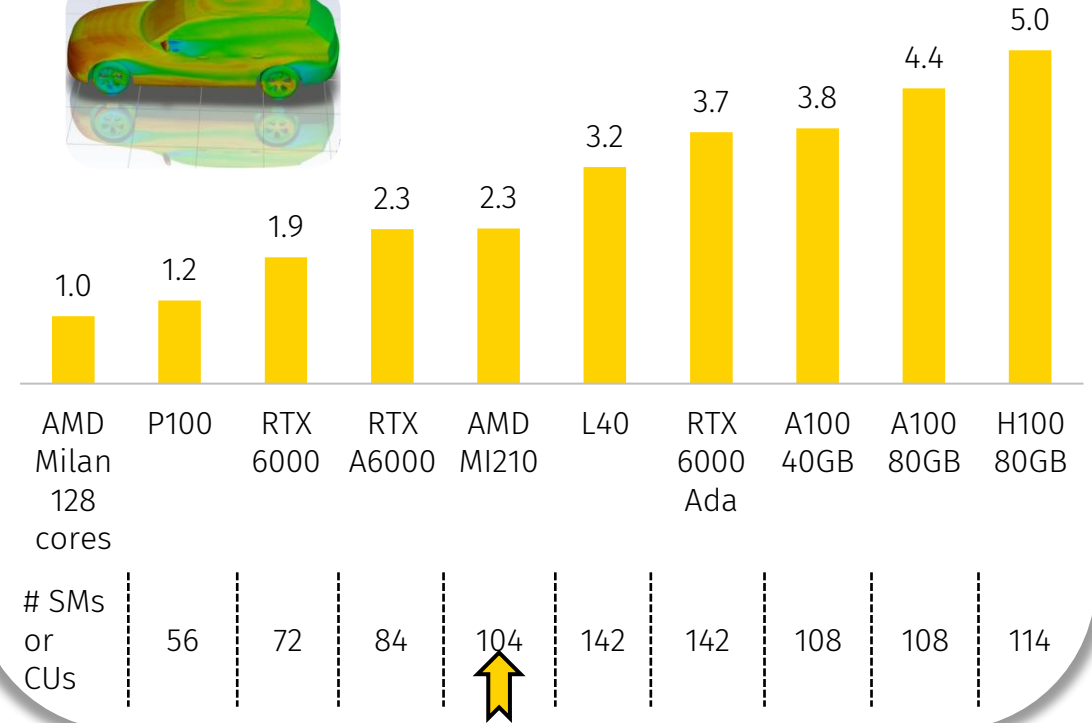
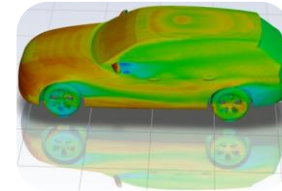
Skládají se ze streamovacích multiprocessorů (SM), které obsahují CUDA jádra.



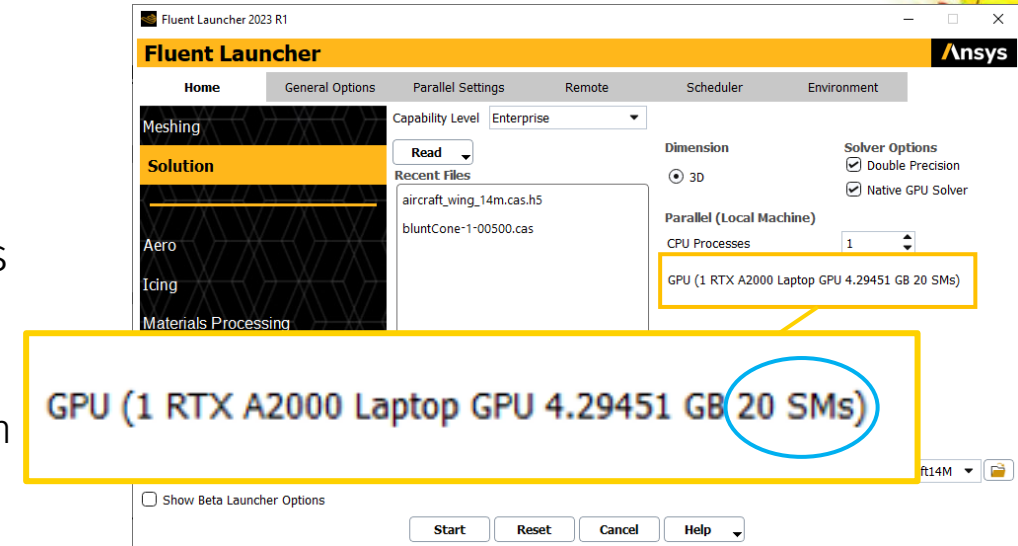
Skládají se z výpočetních jednotek (CU), které obsahují stream procesory.

- Licencování HPC pro GPU řešič je založeno na celkovém počtu SM (u NVIDIA) nebo CU (u AMD) napříč všemi použitými GPU kartami
- GPU karty se skládají z mnoha SM/CU, přičemž každý SM obsahuje řadu CUDA jader / stream procesorů
- Výkonnější GPU karty obvykle obsahují více SM/CU

Fluent Car 2M Octree, Flow + Turbulence, Speedup single GPU vs 1 CPU node



- 40 SM/CU je zahrnuto v rámci licence CFD Enterprise
- Další SM/CU lze zpřístupnit pomocí licencí Ansys HPC / Packs / Workgroups
- 1 HPC úloha = 1 dodatečný SM/CU
HPC Packs se škálují standardním způsobem (např. 3 balíčky umožňují 128 dodatečných SM/CU)



Poznámka:

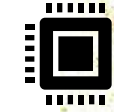
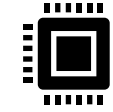
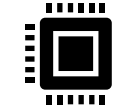
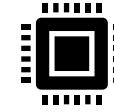
- Předzpracování a post-processing ve Fluentu pro GPU řešič může využívat více CPU bez spotřeby dodatečných HPC úloh
- Licencování je založeno na celkovém počtu SM/CU napříč všemi GPU, bez ohledu na počet použitých GPU karet
- Fluent Launcher a Fluent TUI zobrazují počet aktuálně využívaných SM/CU
- Na GPU kartě jsou vždy využity všechny dostupné SM/CU; není možné omezit využití pouze na jejich podmnožinu

EXAMPLE

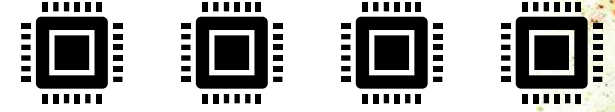
- Nvidia A100 GPU obsahuje 108 SM
- 4 x A100 GPU vyžadují:
(4 * 108) - 40 = 392 HPC tasks
- 4 HPC Packs nebo
392 Workgroup tasks

# SMs	HPC Workgroup	HPC Packs
1 – 40	0	0
41 – 48	1 – 8	1
49 – 72	9 – 32	2
73 – 168	33 – 128	3
169 – 552	129 – 512	4
553 – 2088	513 – 2048	5

CPU Hardware
jednoho uživatele



Case	Výsledky (Equiv. cores)			
Porous Flow	RTX 5000 ADA 16GB (2023)	Quadro P5200 16GB (2018)	RTX A2000 8GB (2023)	Quadro RTX 6000 24GB (2018)
	76 SM	20 SM	20 SM	72 SM
Xeon 32 cores	118	22	30	66
EYPC 120 cores	234	44	58	130



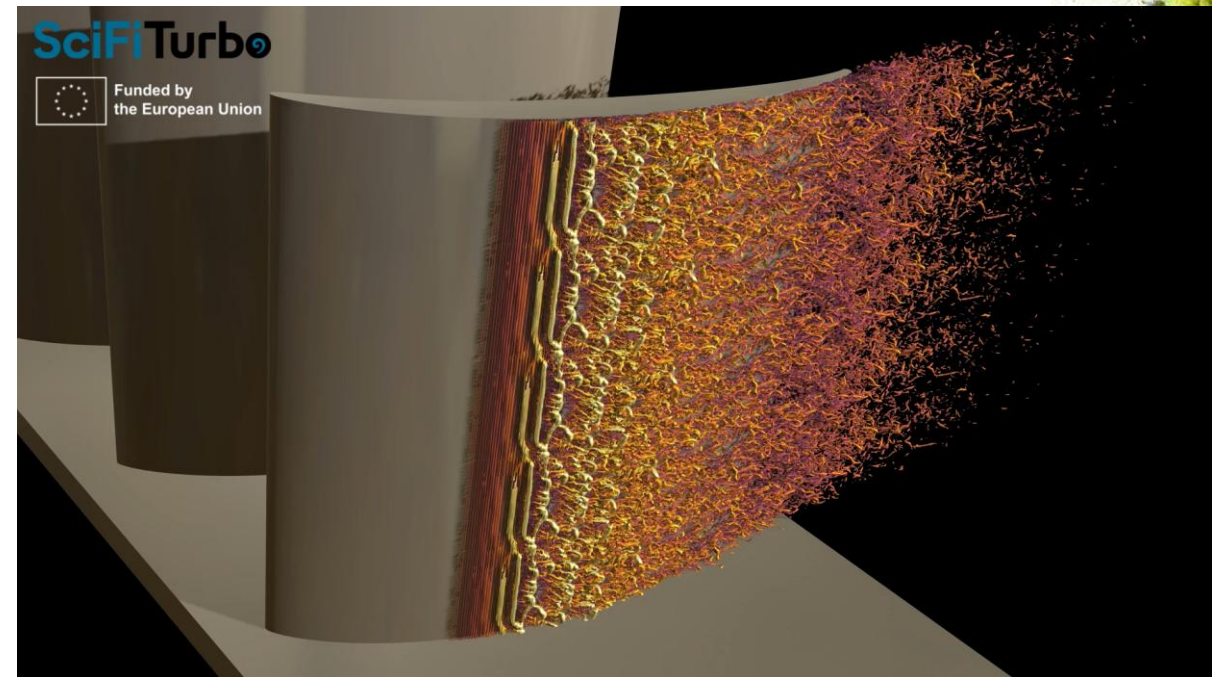
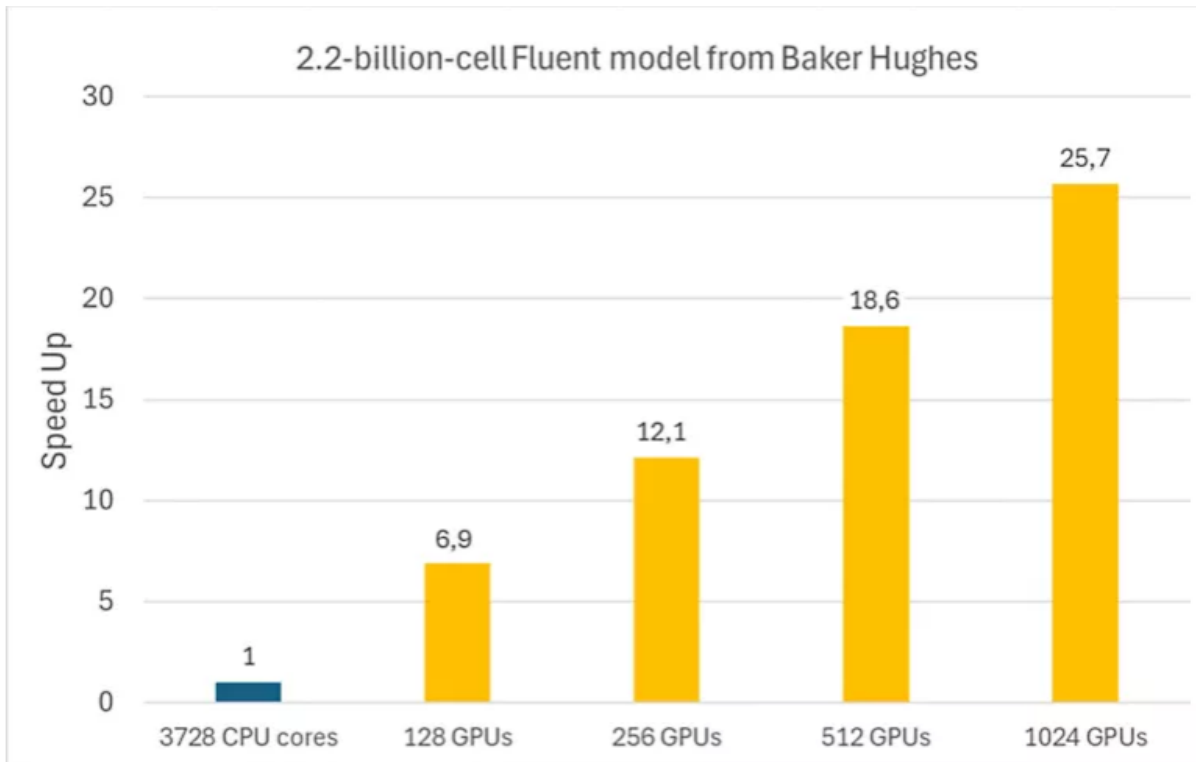
Case	Results (Equiv. cores)			
Porous Flow	RTX 5000 ADA 16GB (2023)	Quadro P5200 16GB (2018)	RTX A2000 8GB (2023)	Quadro RTX 6000 24GB (2018)
	76 SM	20 SM	20 SM	72 SM
Xeon 32 cores	65	21	2*	60
EYPC 120 cores	129	41	3*	118
EYPC 36 cores	52	16	1*	48

* Model size exceeded the GPU card memory

Hardware je stále dostupnější

- Nejnovější pracovní stanice lze konfigurovat až se 4 GPU
- Cena je výrazně nižší než u ekvivalentního CPU řešení
 - Příklad: 2× RTX A6000 = 96 GB paměti a 168 SM
 - Až 100 milionů buněk, což odpovídá přibližně ~10 výpočetním uzlům se 3 HPC balíčky
- Herní GPU mohou být použitelné pro malé a středně velké modely

Dual NVIDIA® RTX™ A4500, 20 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £3,607.50	Dual Nvidia RTX 5000 Ada Generation, 32 GB GDDR6, 4 DP + £10,469.16	Dual NVIDIA® RTX™ A5500, 24 GB GDDR6, 4 DP NVLink, 7960T + £8,806.20
Dual NVIDIA® RTX™ A6000, 48 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £10,822.50	Dual NVIDIA® RTX™ A6000, 48 GB GDDR6, 4 DP, NVLink, 7960T + £11,105.64	Dual Nvidia RTX 6000 Ada Generation, 48 GB GDDR6, 4 DP + £18,249.66
Triple NVIDIA® RTX™ A4000, 16 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £3,409.38	Triple NVIDIA® RTX™ A4500, 20 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £5,409.30	Triple Nvidia RTX 5000 Ada Generation, 32 GB GDDR6, 4 DP + £15,724.80
Triple NVIDIA® RTX™ A6000, 48 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £16,615.56	Triple Nvidia RTX 6000 Ada Generation, 48 GB GDDR6, 4 DP + £27,403.74	Quad NVIDIA® T1000, 8 GB GDDR6, 4 mDP to DP adapters, 7960T + £1,768.26
Quad NVIDIA® RTX™ A4500, 20 GB GDDR6, 4 DP, 7960T + £7,389.72	Quad Nvidia RTX 5000 Ada Generation, 32 GB GDDR6, 4 DP + £20,966.40	Quad NVIDIA® RTX™ A5500, 24 GB GDDR6, 4 DP NVLink x2, 7960T + £18,002.40



Largest commercial CFD simulation ever conducted.

Baker Hughes + Ansys + Oak Ridge National Laboratory *reduced simulation run time from 38.5 Hours to just 1.5 Hours* using the Frontier Exascale Supercomputer and 1,025 AMD Instinct MI250X GPUs.



[Introducing the GPU ROI Estimator Tool for Fluent, Mechanical Software](#)

**Sledujte SVS FEM ve
světě sociálních sítí**





**Díky za pozornost
a zůstaňme ve spojení**

 Jiří Vondál