



# LS-DYNA nebo Ansys?

Srovnání implicitních výpočtů pro různé solvery  
z rodiny Ansys

Marek Šebík & Jakub Dohnal

**SVS FEM**

Jak je to vlastně s tím implicitem v LS-DYNA?

Je to použitelné?

Slyšeli jsme, že LS-DYNA má velmi robustní implicitní řešení, co je na tom pravdy?

Zkoušeli jste někdy srovnat rychlost a přesnost implicitního řešení v ANSYS a LS-DYNA?

## ANSYS

### Původ:

- 1970, Pennsylvania, USA
- Dr. John Swanson



- Implicitní řešení,  
mechanika

### Dnes:

- Multifyzika
- Workbench propojuje  
jednotlivé řešiče



SYNOPSYS®

## LS-DYNA

### Původ:

- 1976, California, USA
- Dr. John O. Hallquist

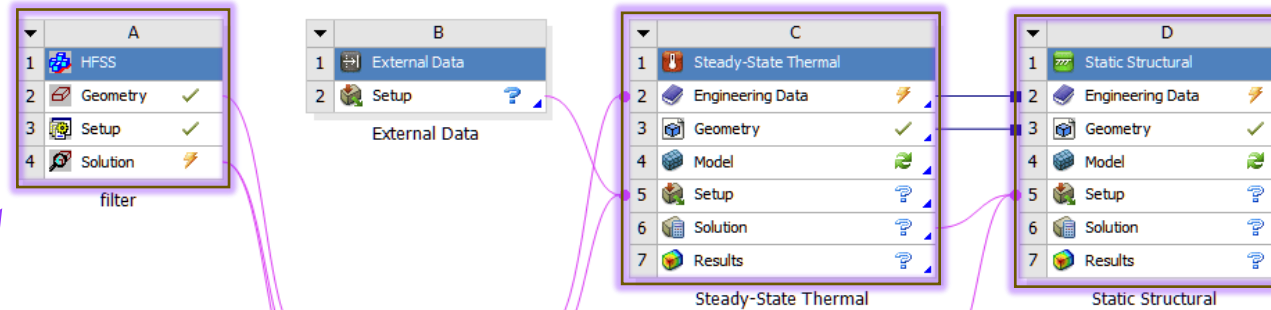


- Explicitní řešení,  
mechanika

### Dnes:

- Multifyzika
- Vše integrováno do  
jediného řešiče

## Workbench propojuje jednotlivé řešiče

**HFSS**

Řešič pro vysokofrekvenční elektromagnetická pole, desky plošných spojů, elektronické obvody a systémy

**Přenos dat**

Předávání veličiny mezi jednotlivými výpočty

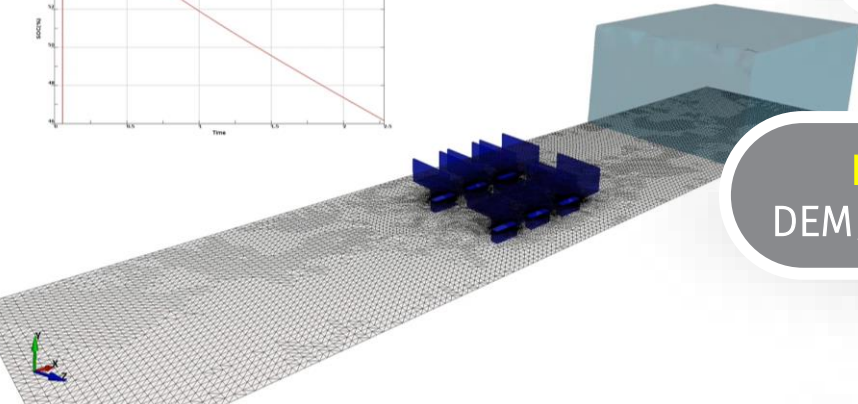
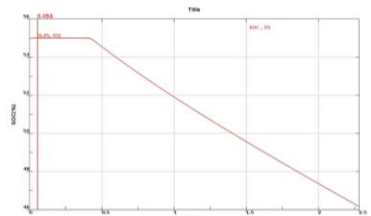
**Steady-State Thermal**

Řešič pro výpočty steady-state teplotních úloh

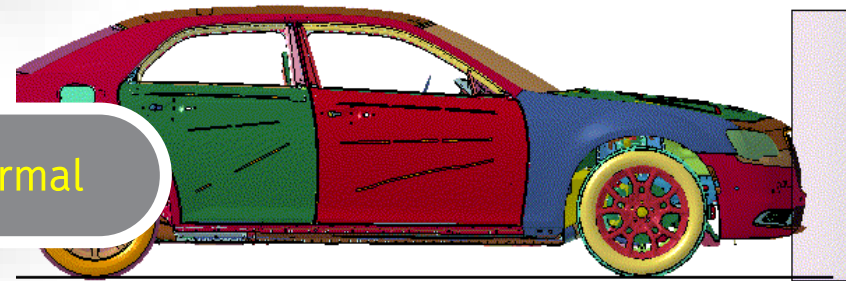
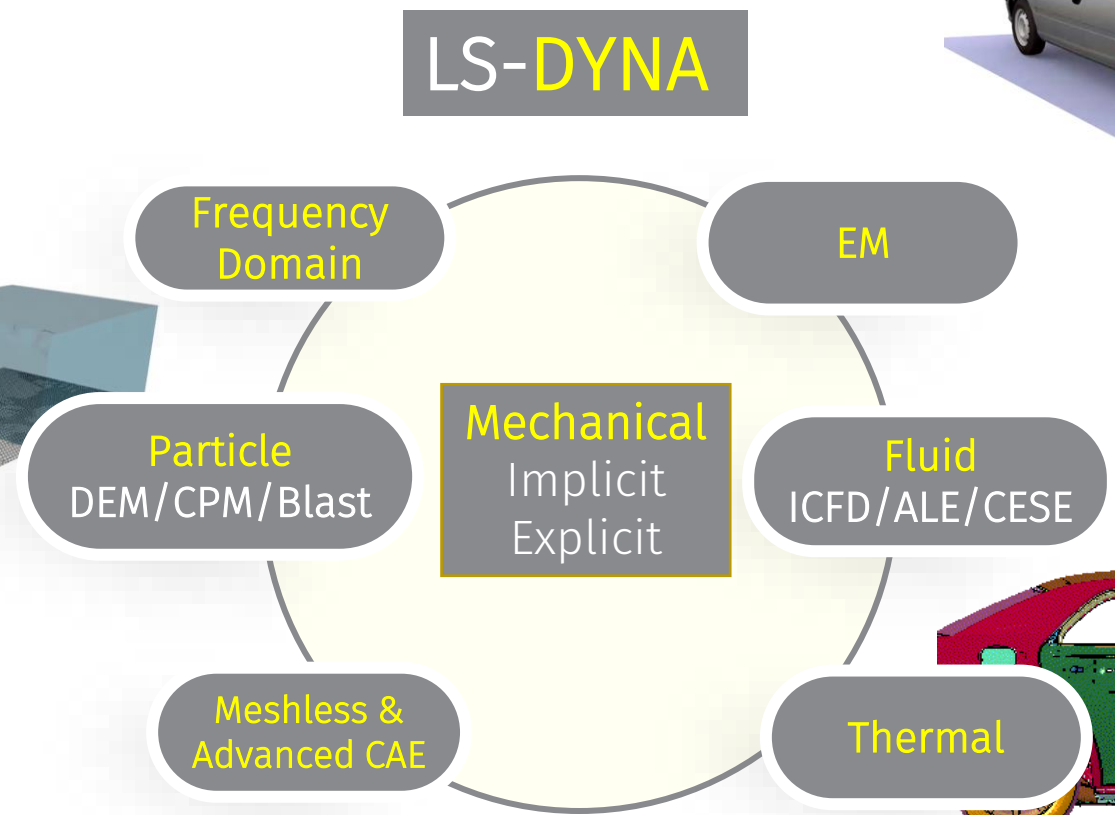
**Static Structural**

Řešič pro statické strukturální výpočty

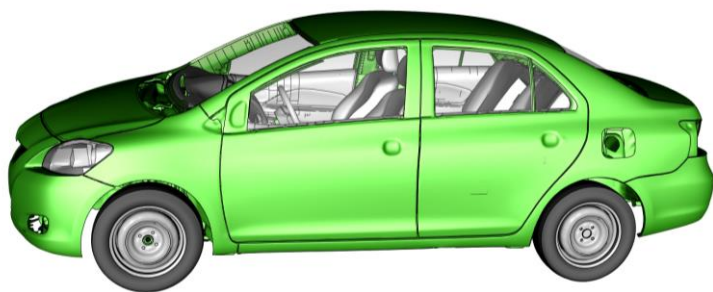
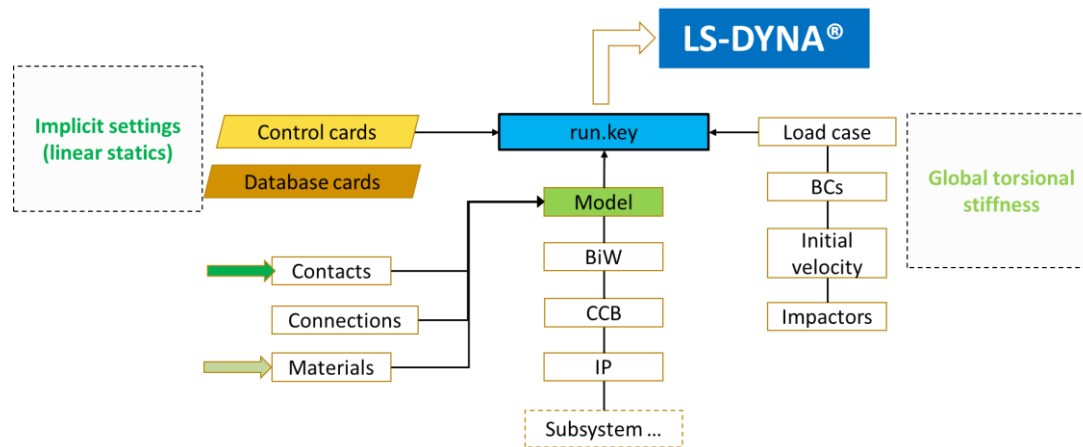
One-code strategy



Flow of conducting water on tabs externally shorts module of 20 cells (EM-meshless+ICFD)



One-model strategy





# Srovnávací příklady

# Úvodní zamyšlení k srovnávacím příkladům

Je možné naprosto objektivně a beze zbytku srovnat dva různé řešiče?

NE!

Lze alespoň vytyčit reprezentativní srovnávací úlohy?

ANO!

Lze nalézt jinou srovnávací úlohu, která popře veškeré závěry z předložených srovnávacích úloh?

ANO!

**Má smysl to dělat?**

Když nepostihneme všechny varianty příkladů, řešení na různém HW, různých operačních systémech, preference jednotlivých uživatelů, atd.?

ANO!

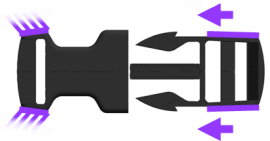
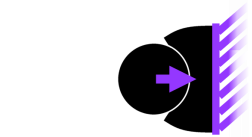


- Shodné zadání z pohledu:
  - FE síť
  - Prvky – Lineární / Kvadratické
  - Volba délky časového kroku
  - Distribuce řešení (SMP / MPP)
  - Hardware a operační systém
  
- Minimum „doladování“

## Co budeme posuzovat

- Výsledné parametry stěžejní pro dané úlohy
- Rychlost výpočtu
- Robustnost výpočtu



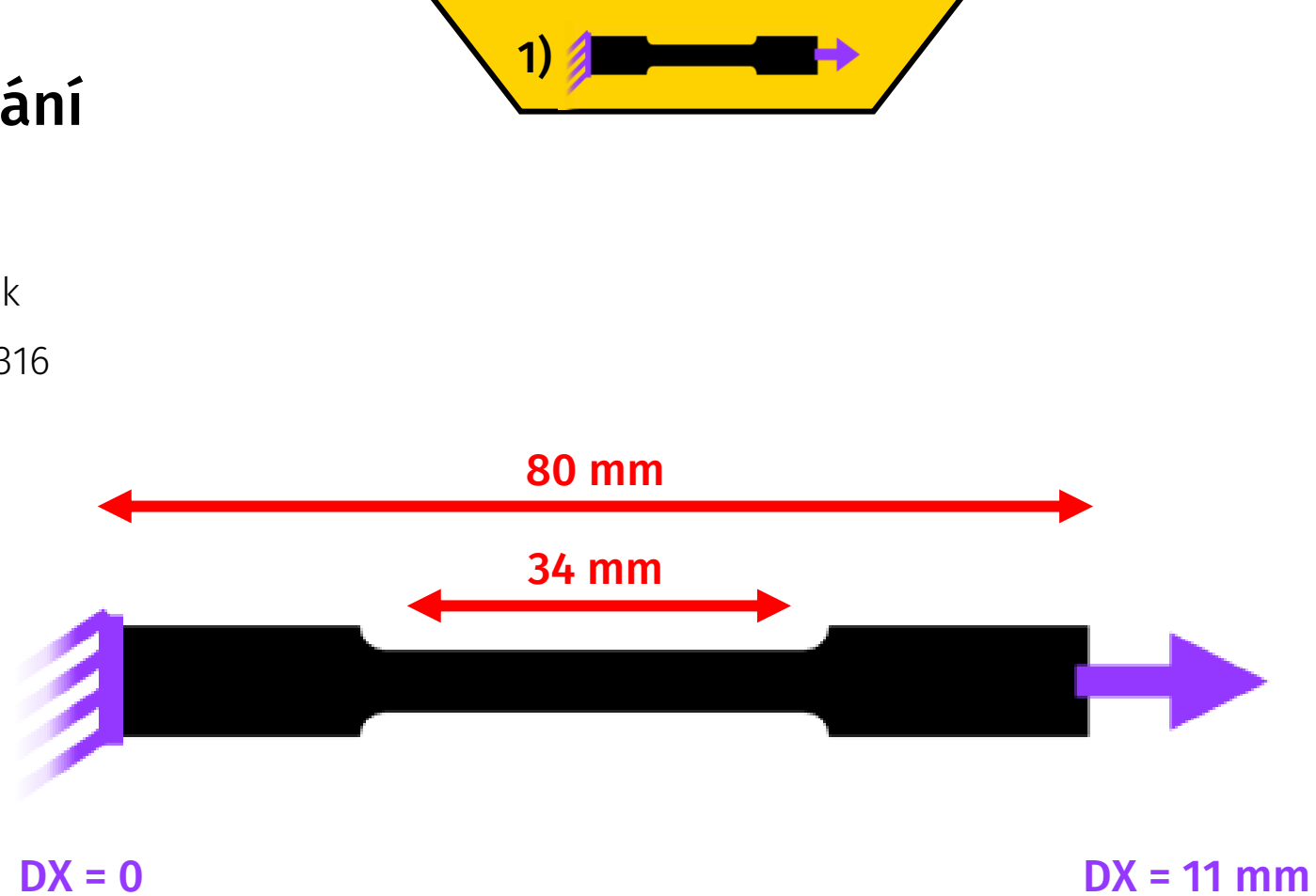


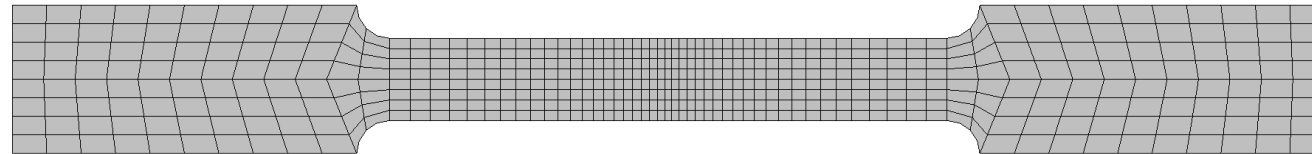
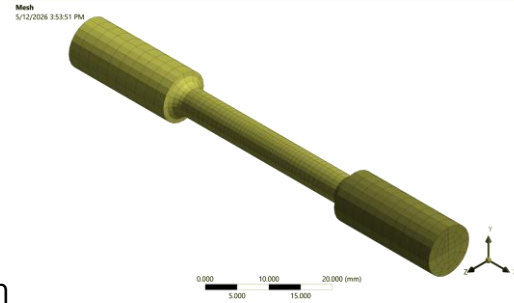
#	Úloha	Motivace / Výzva
1	Tahová zkouška	Krčec
2	Stlačování gumy	Hyperelasticita, nelineární kontakt
3	Plastová přezka	Nelineární kontakt, zacvaknutí
4	Ohyb potrubí s přírubou	Několik nelineárních kontaktů, velké deformace šroubů

# 1) Tahová zkouška

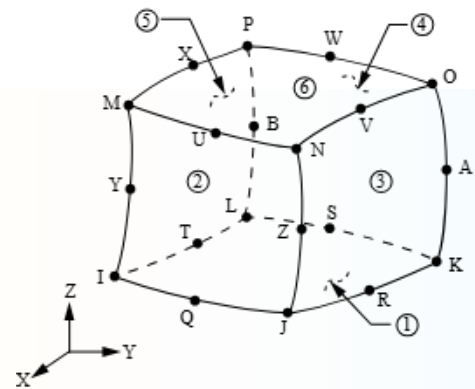
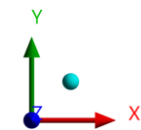


- Tahová zkouška
- Axisymetrický vzorek
- Nerezová ocel AISI 316





- 3D model
- Statika, velké deformace
- Totožná FE síť
- Charakteristická velikost prvků 0,4 – 1,3 mm
  
- 10 025 uzlů
- 2 144 elementů



Kvadratické prvky  
100% Hexa

**ANSYS**

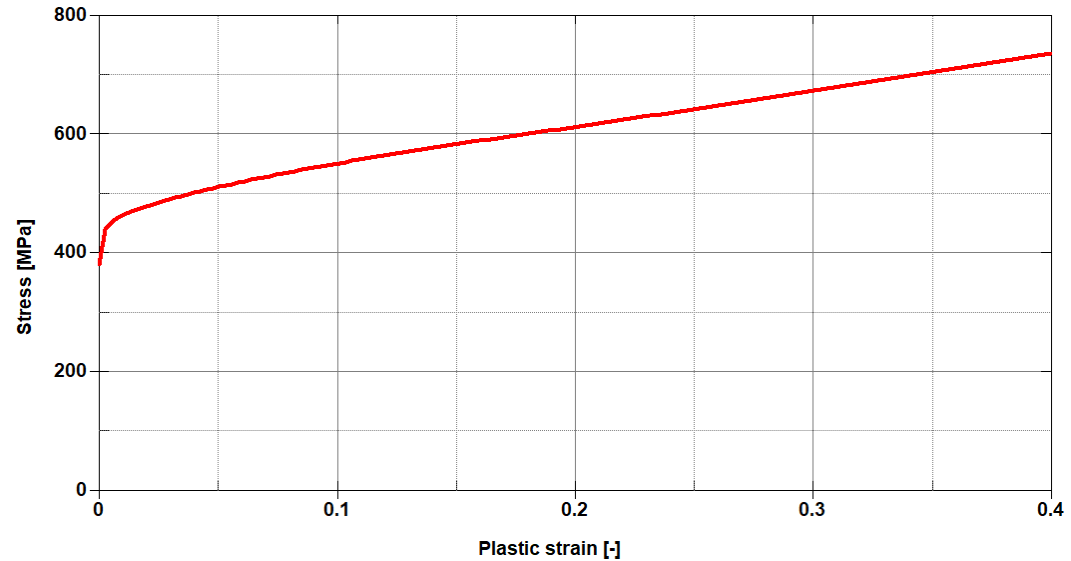
SOLID186

**LS-DYNA**

ELFORM 23



- Elastoplastický
- Plasticita předepsaná křivkou
- Pozor na extrapolaci křivky
- Křivka byla nadefinována až do  $Eps\_plast = 2$



## ANSYS

Multilinear isotropic hardening

Elastoplastický  
model materiálu  
předepsaný  
křivkou

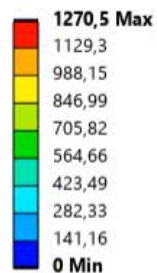
## LS-DYNA

\*MAT\_PIECEWISE\_LINEAR\_PLASTICITY  
(\*MAT\_24)

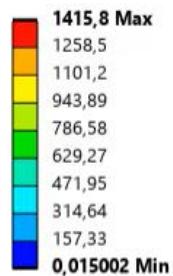


Von Mises stress [MPa]

## LS-DYNA



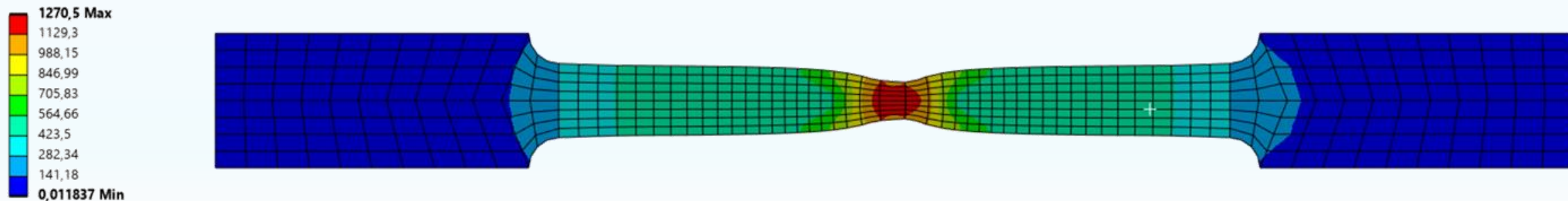
## ANSYS



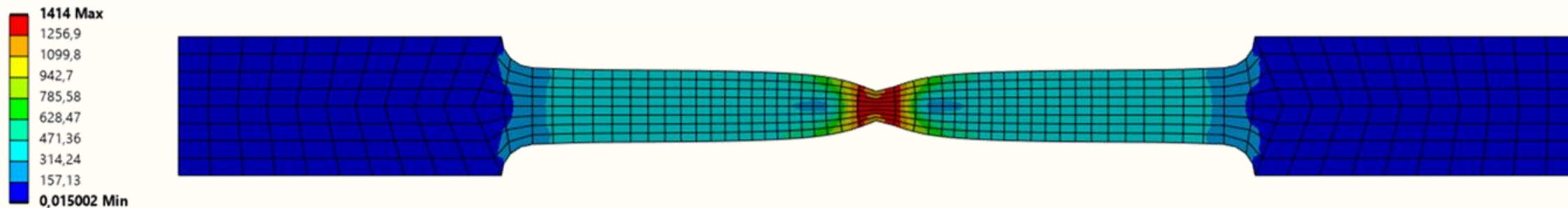


Von Mises stress [MPa]

## LS-DYNA



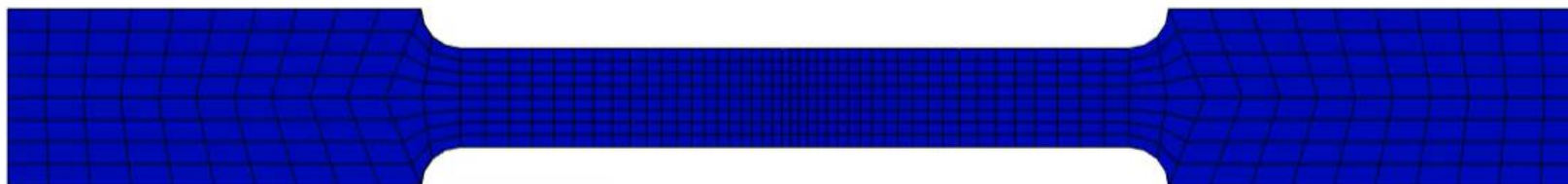
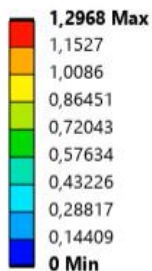
## ANSYS



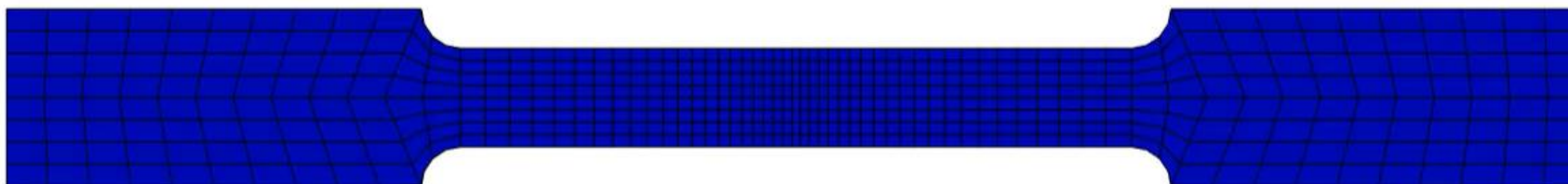
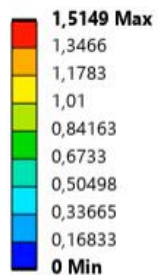
Equivalent plastic strain [-]



## LS-DYNA



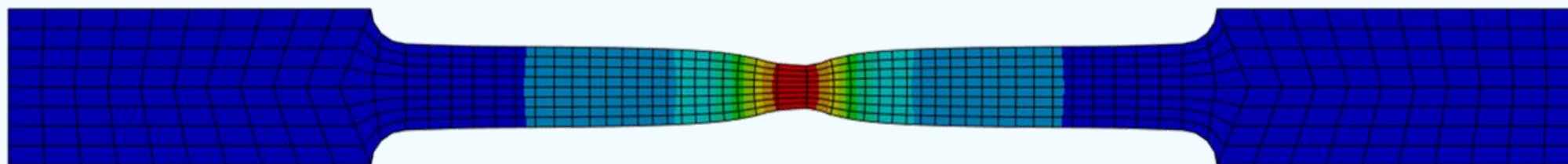
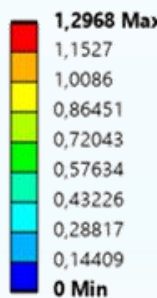
## ANSYS



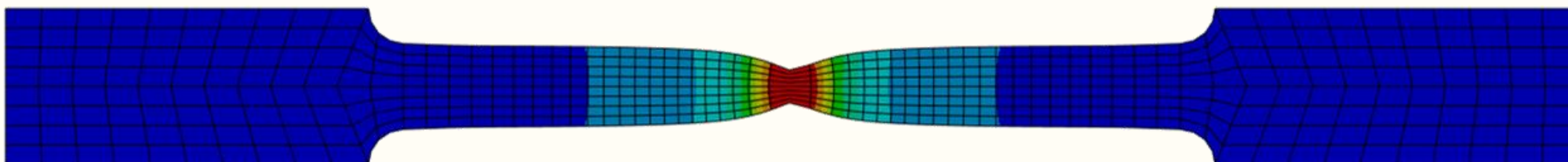
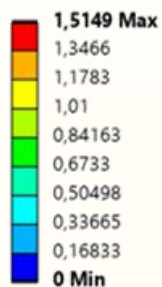
Equivalent plastic strain [-]

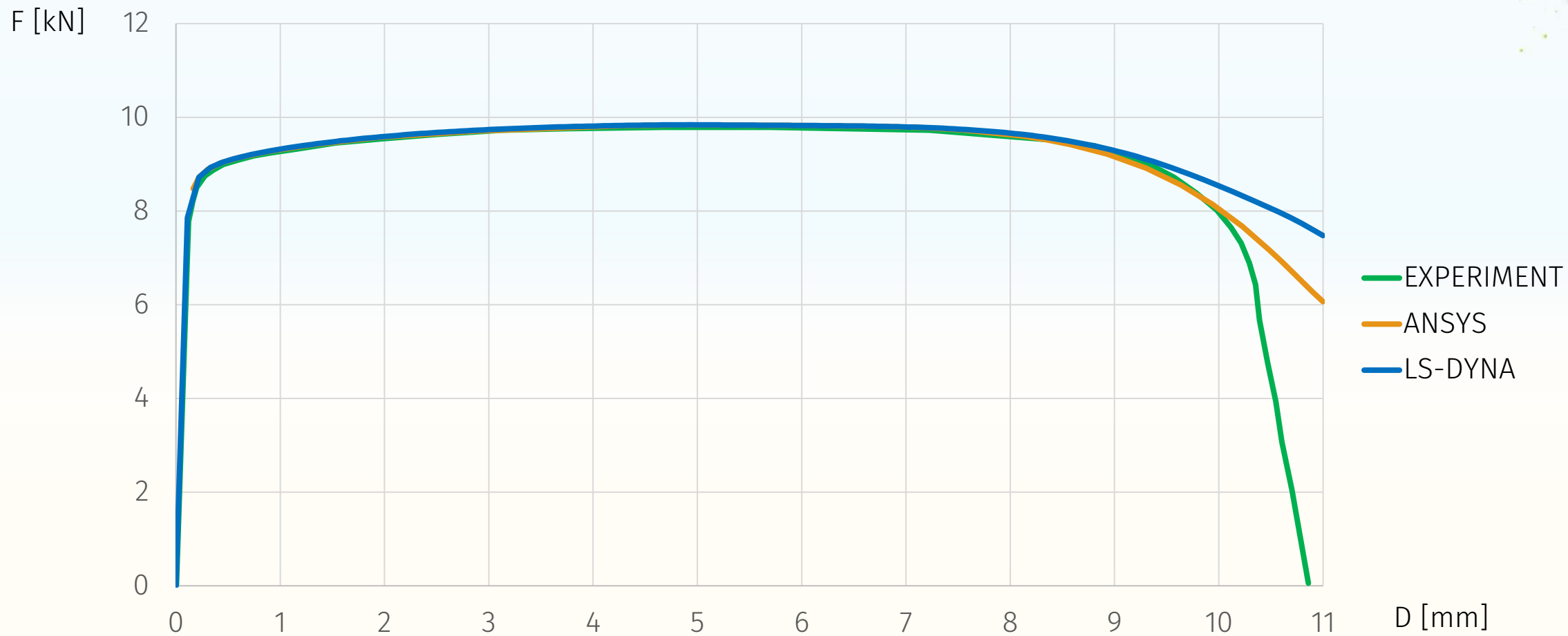


## LS-DYNA



## ANSYS







ANSYS

1 min 40 sec

LS-DYNA

7 min 17 sec

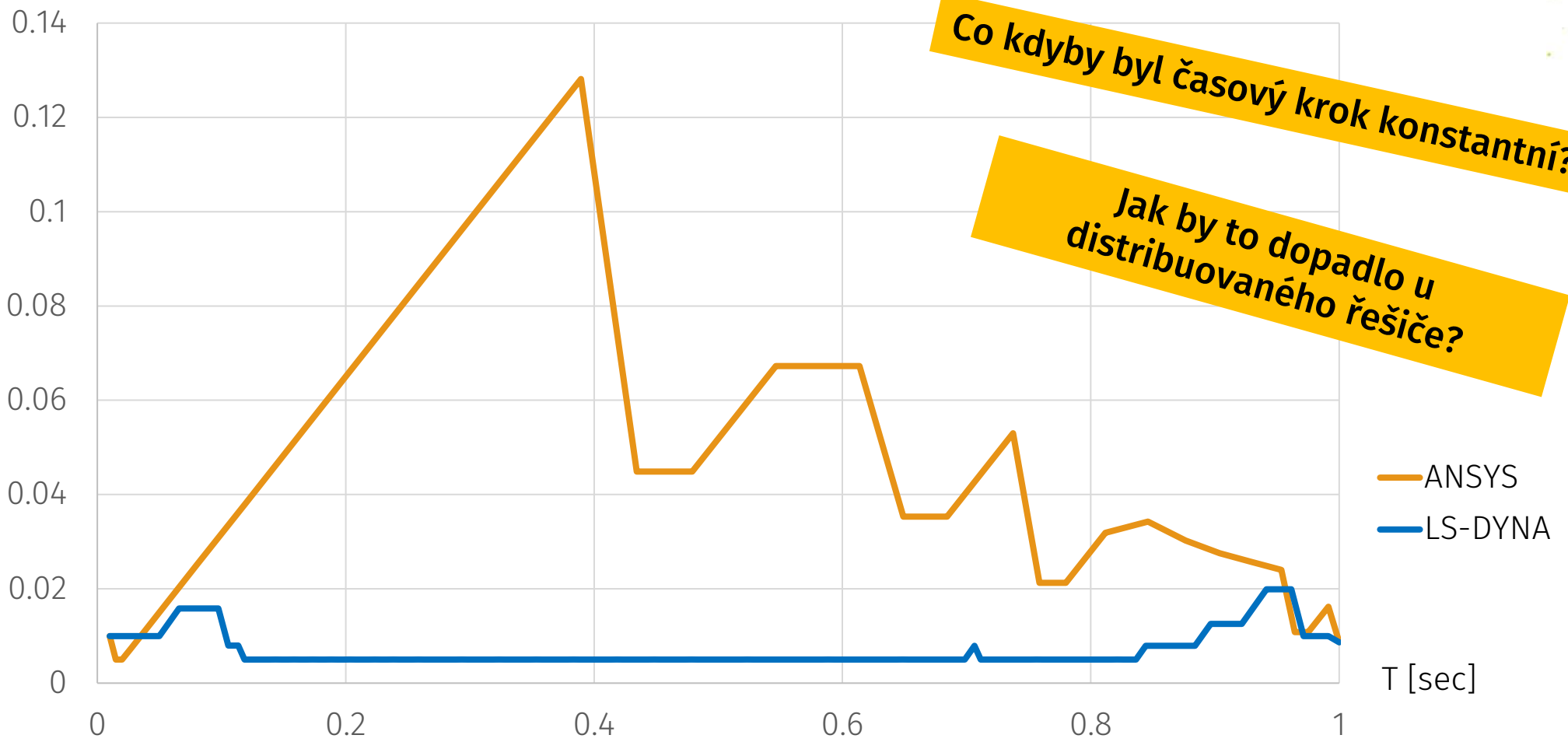
Runtime

*Jaký byl vývoj časového kroku?*



Timestep

Timestep [sec]



Co kdyby byl časový krok konstantní?

Jak by to dopadlo u distribuovaného řešiče?

— ANSYS  
— LS-DYNA

T [sec]

1) 

Varianta řešení	Timestep		Distribuce výpočtu		#CPU
	Ansys	LS-DYNA	Ansys	LS-DYNA	
1	Variabilní	Variabilní	SMP	SMP	4
2	Variabilní	Variabilní	DMP	MPP	4
3	Fixní	Fixní	SMP	SMP	4
4	Fixní	Fixní	DMP	MPP	4

## ANSYS

$dt_0 = 0,01 \text{ s}$   
 $dt_{\min} = 0,005 \text{ s}$   
 $dt_{\max} = 0,5 \text{ s}$

$dt = 0,005 \text{ s}$

Variabilní timestep  
(ansys default)

Fixní timestep

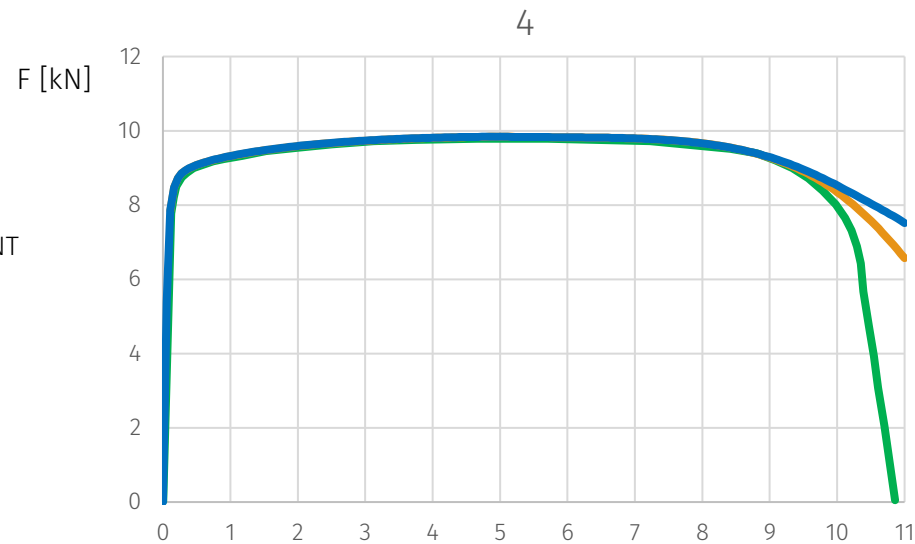
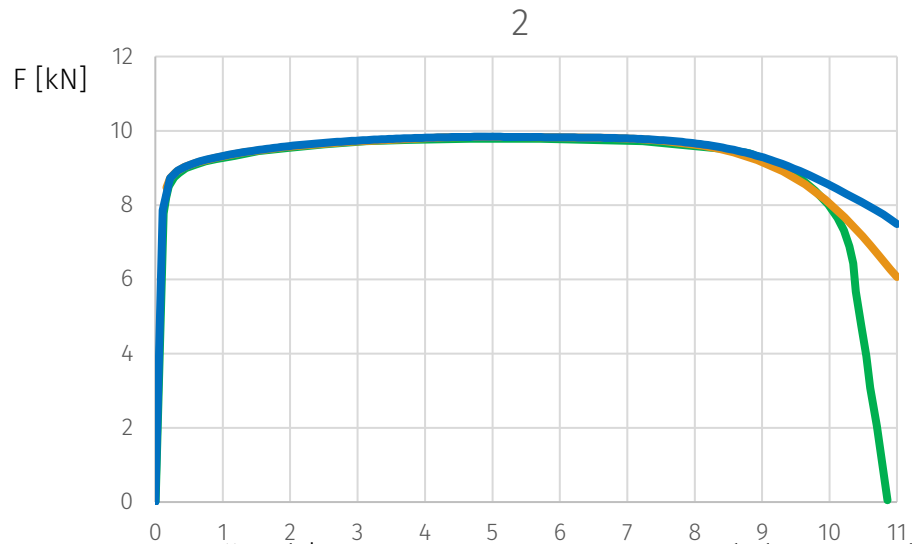
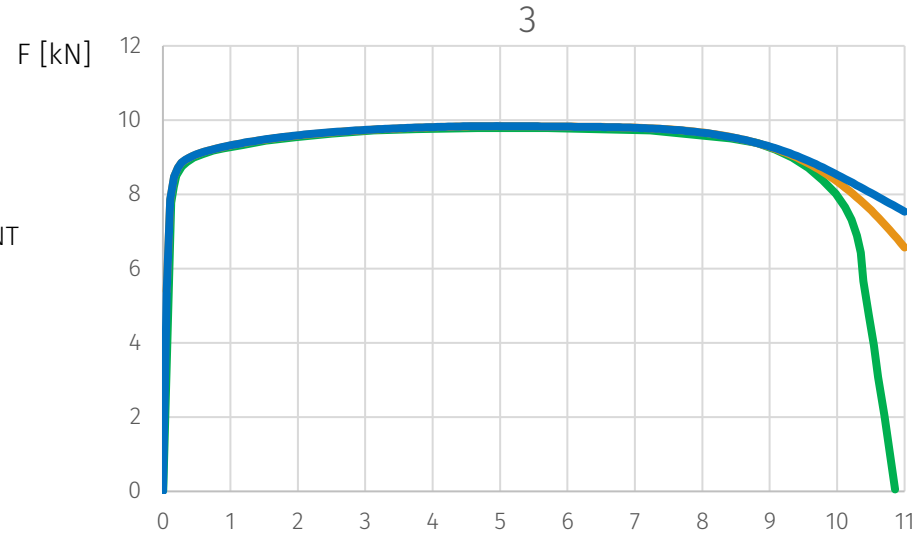
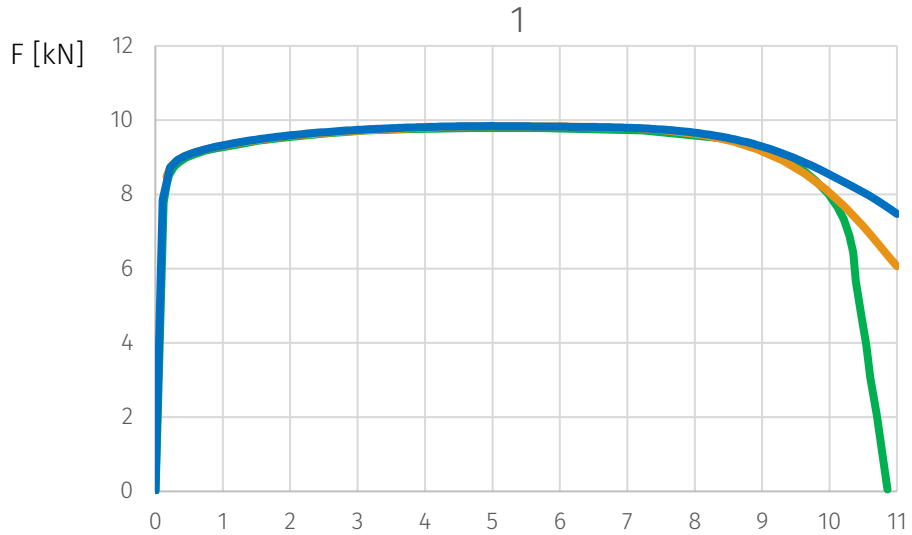
## LS-DYNA

$dt_0 = 0,01 \text{ s}$   
 $dt_{\min} = 0,005 \text{ s}$   
 $dt_{\max} = 0,5 \text{ s}$

$dt = 0,005 \text{ s}$



Force - Displacement



1) 

Varianta řešení	Timestep		Distribuce výpočtu		#CPU	Runtime	
	Ansys	LS-DYNA	Ansys	LS-DYNA		Ansys	LS-DYNA
1	Variabilní	Variabilní	SMP	SMP	4	1 min 40 sec	7 min 17 sec
2	Variabilní	Variabilní	DMP	MPP	4	1 min 18 sec	4 min 56 sec
3	Fixní	Fixní	SMP	SMP	4	3 min 31 sec	8 min 42 sec
4	Fixní	Fixní	DMP	MPP	4	3 min 3 sec	6 min 22 sec

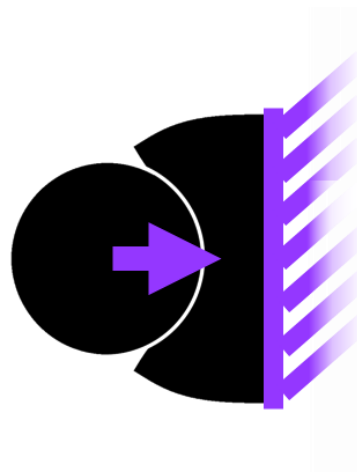
## ANSYS

- Řešič = DIRECT
  - „Program controlled“ volil PCG řešič  
– to vedlo na dlouhý runtime (okolo 15 minut)

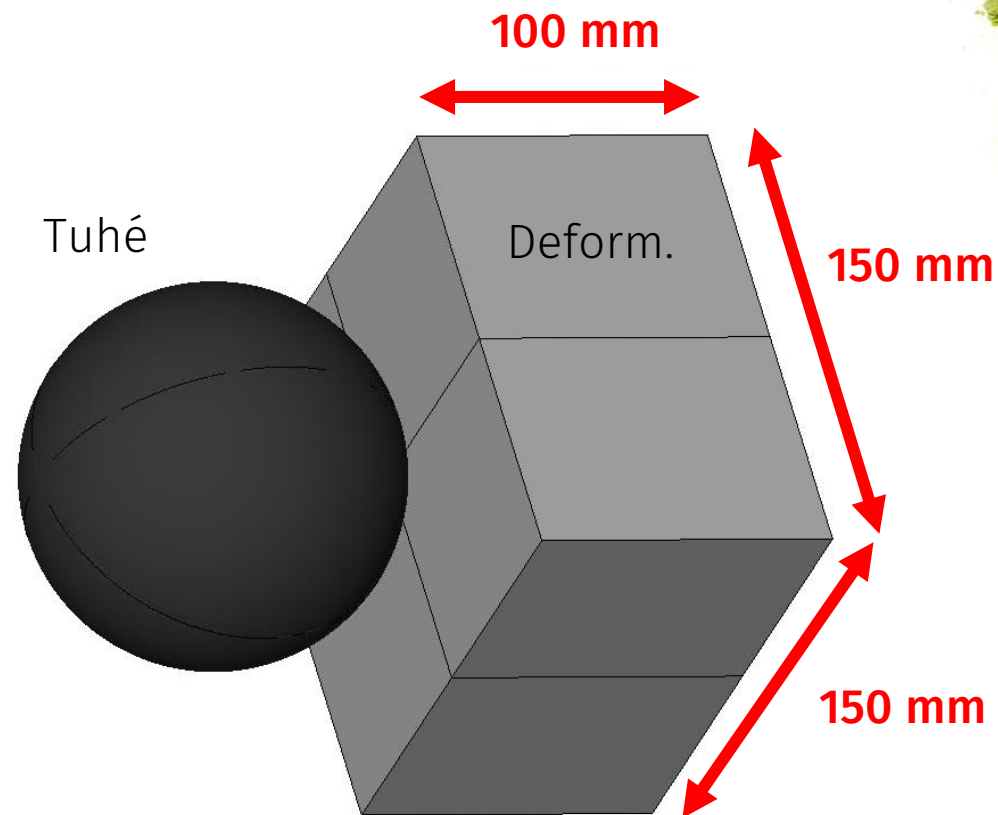
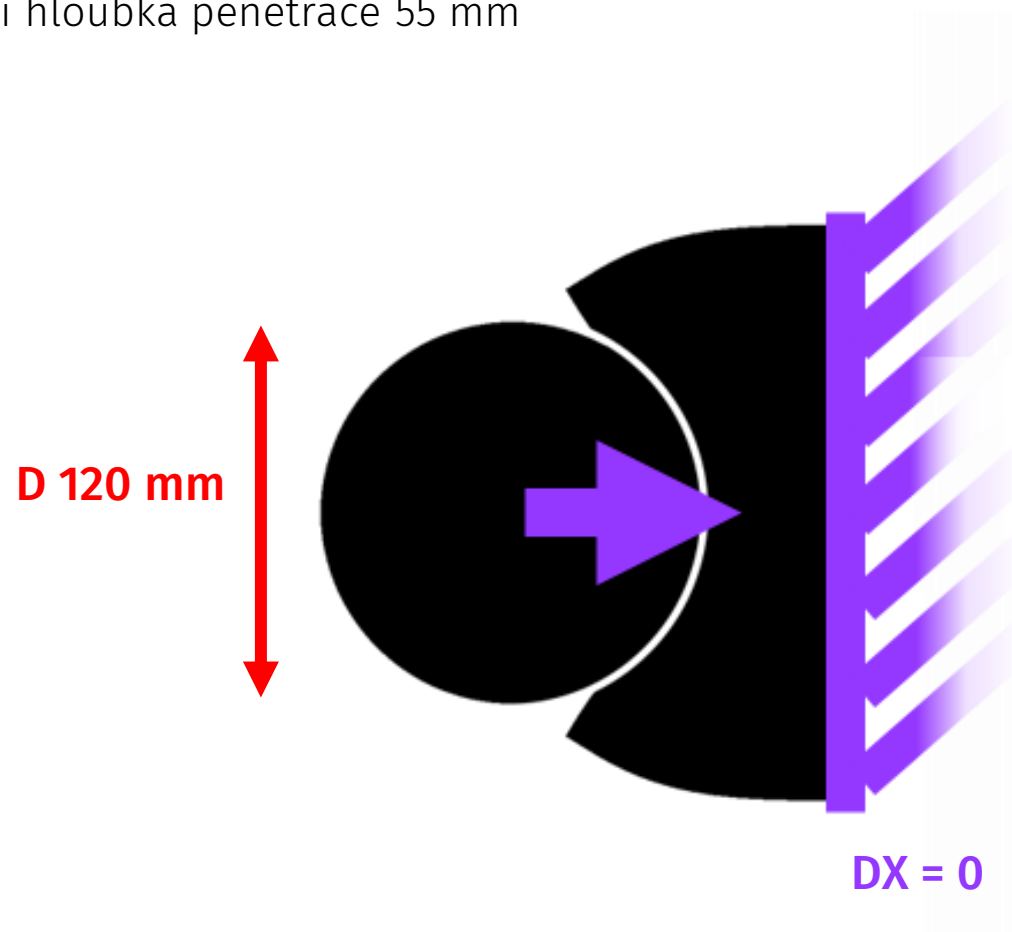
## LS-DYNA

- \*CONTROL\_ACCURACY, IACC=1
  - Vyšší přesnost implicitního řešení
  - Defaultně není zapnuto

## 2) Stlačování gummy



- Tuhá koule zatlačovaná do gumového kvádru 150x150x100 mm
- Materiál: guma 63 shore-A
- Finální hloubka penetrace 55 mm

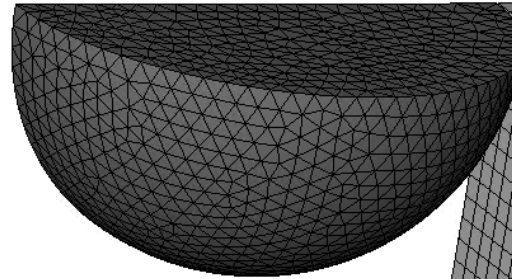


- 3D model, 2 roviny symetrie
- Statika, velké deformace
- Totožná FE síť
- Charakteristická velikost prvků 5,0 mm
- 37 764 uzlů
- 15 785 elementů

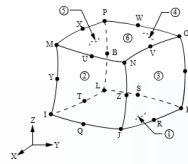
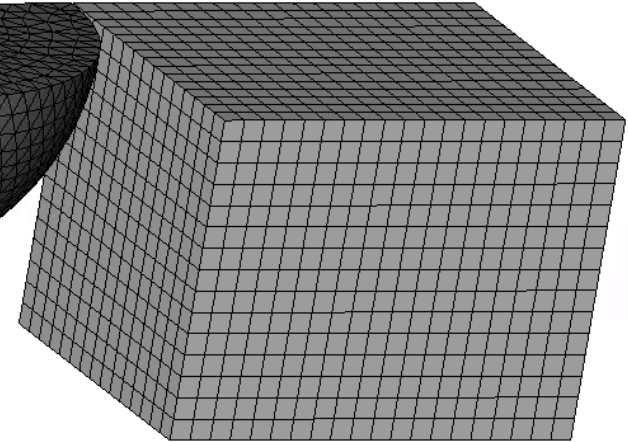
2)



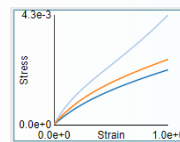
Tuhé



Deformovatelné



Kvadratické prvky  
100% Hexa



Hyperelastický  
materiál

**ANSYS**

SOLID186

Mooney-Rivlin 2 parameter

**LS-DYNA**

ELFORM 23

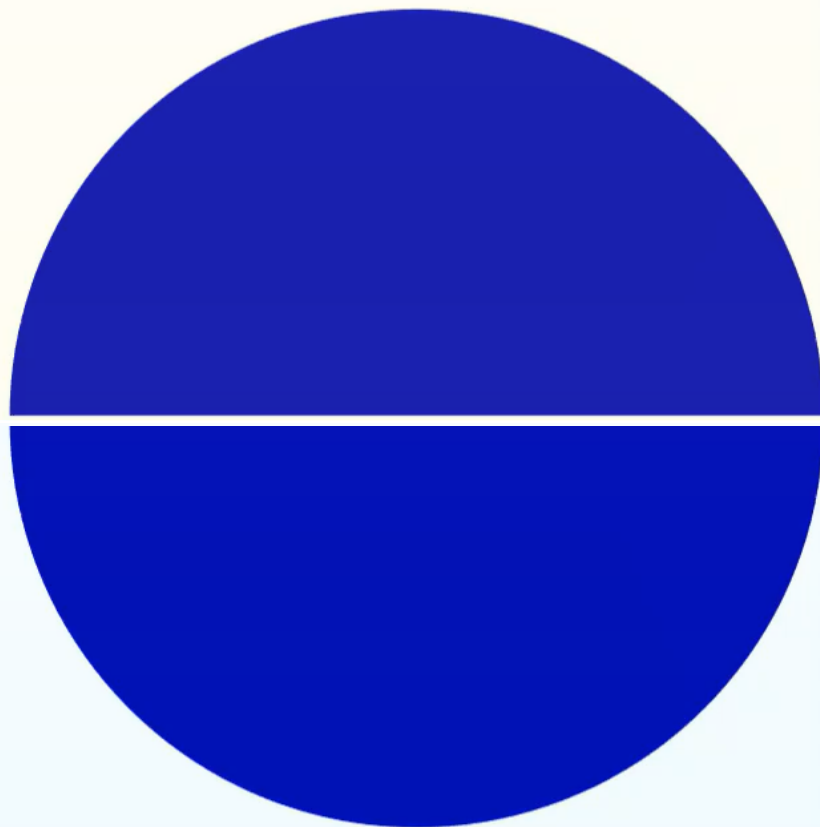
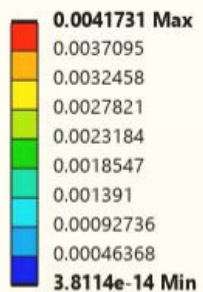
\*MAT\_HYPERELASTIC\_RUBBER  
(2-parameter)

Timestep variabilní | MPP & DMP

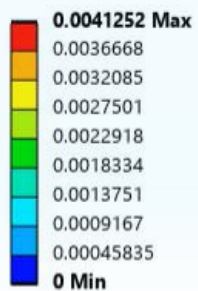
2)

ANSYS

**E: Static Structural**  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: GPa  
Time: 0 ms  
25/05/2026 13:34:28



**A: LS-DYNA a1**  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: GPa  
Time: 0 ms  
25/05/2026 13:33:53



LS-DYNA



Timestep variabilní | MPP & DMP



**E: Static Structural**

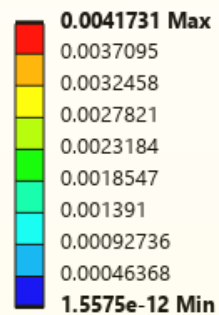
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: GPa

Time: 1000 ms

25/05/2026 13:39:43



ANSYS

**A: LS-DYNA a1**

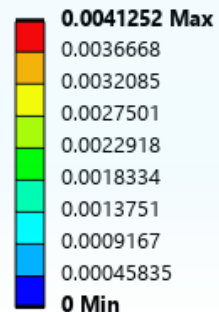
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

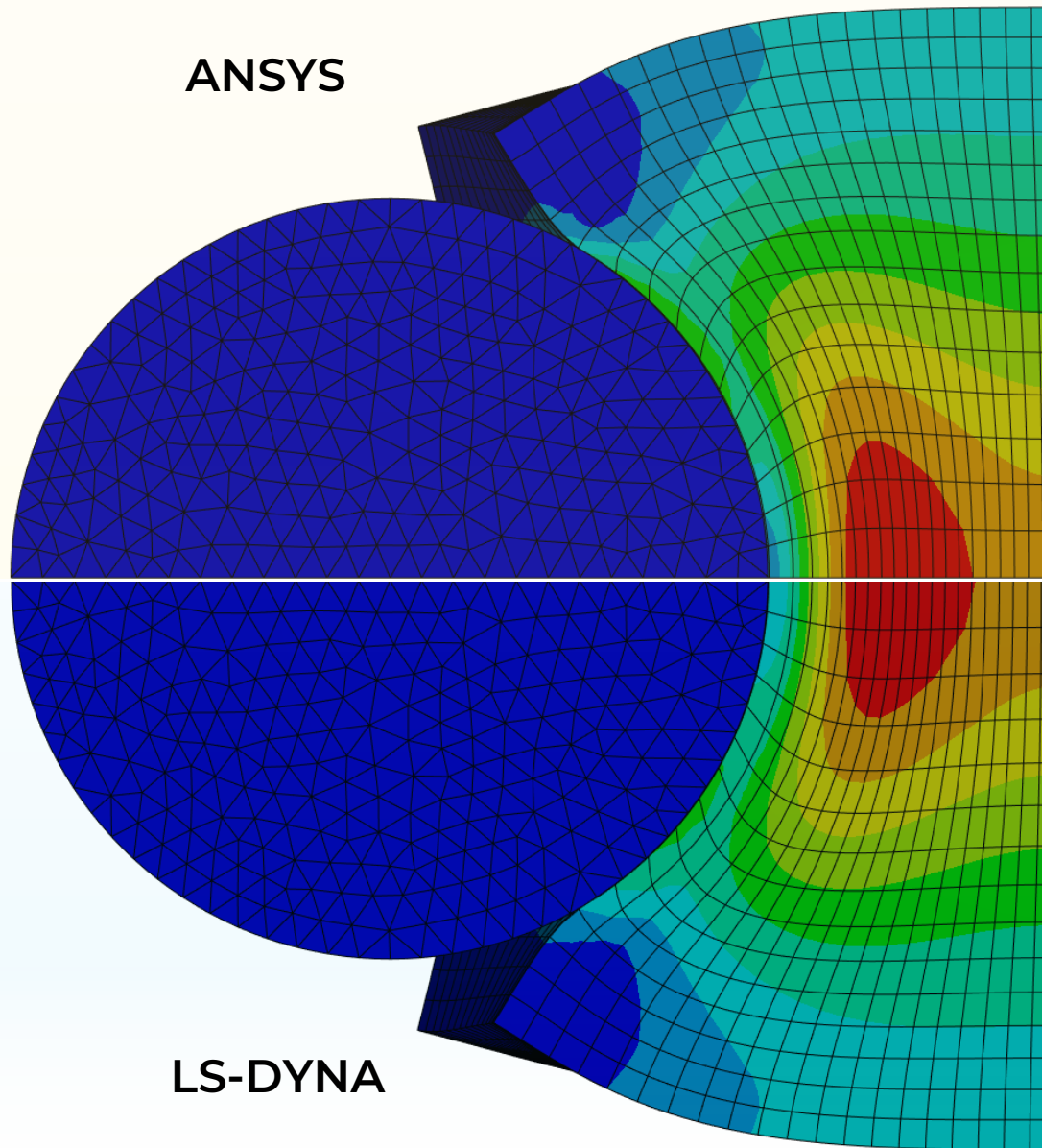
Unit: GPa

Time: 1000 ms

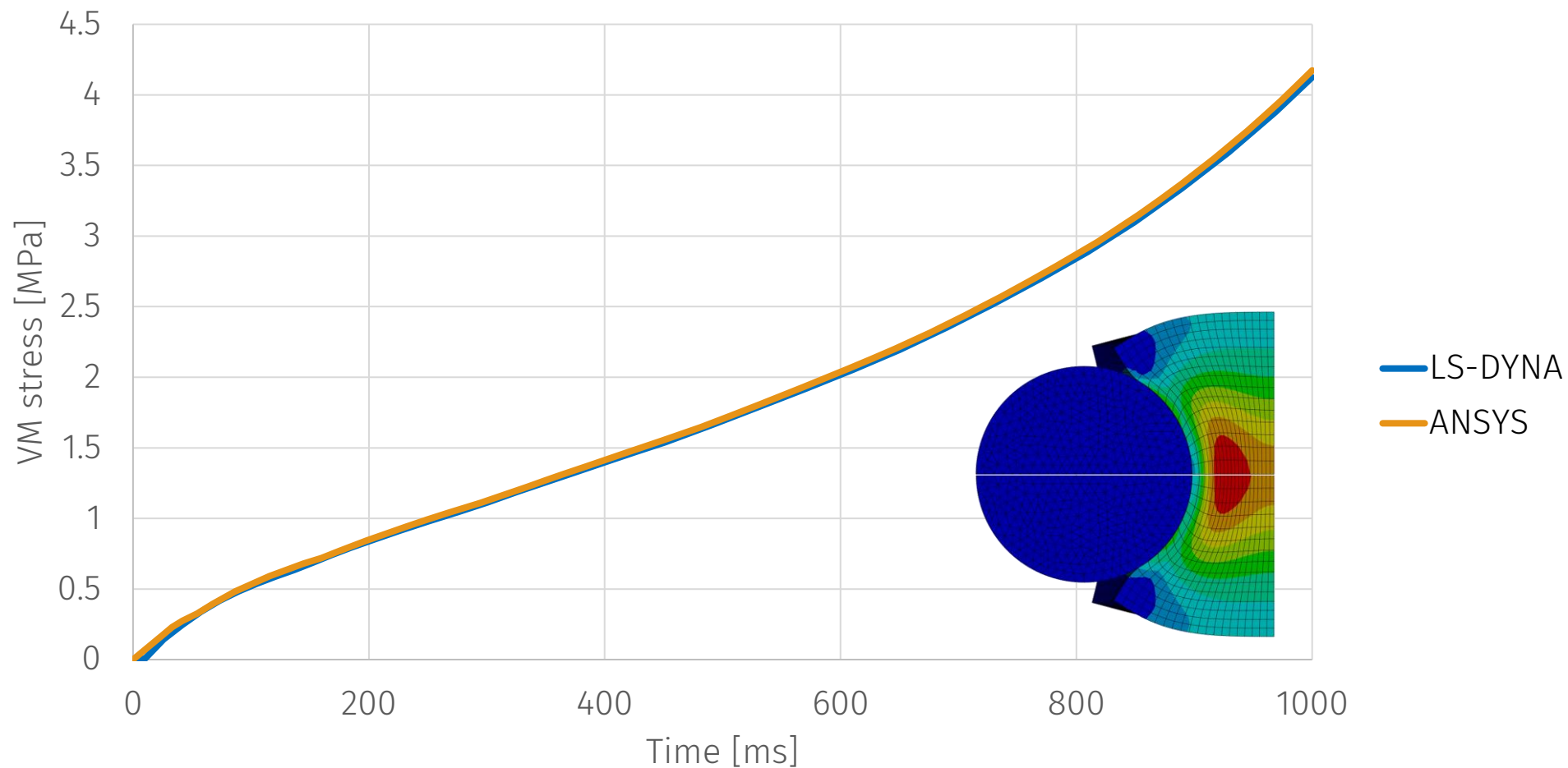
25/05/2026 13:40:48



LS-DYNA



Timestep variabilní | MPP &amp; DMP



2)



ANSYS

11 min 53 sec

LS-DYNA

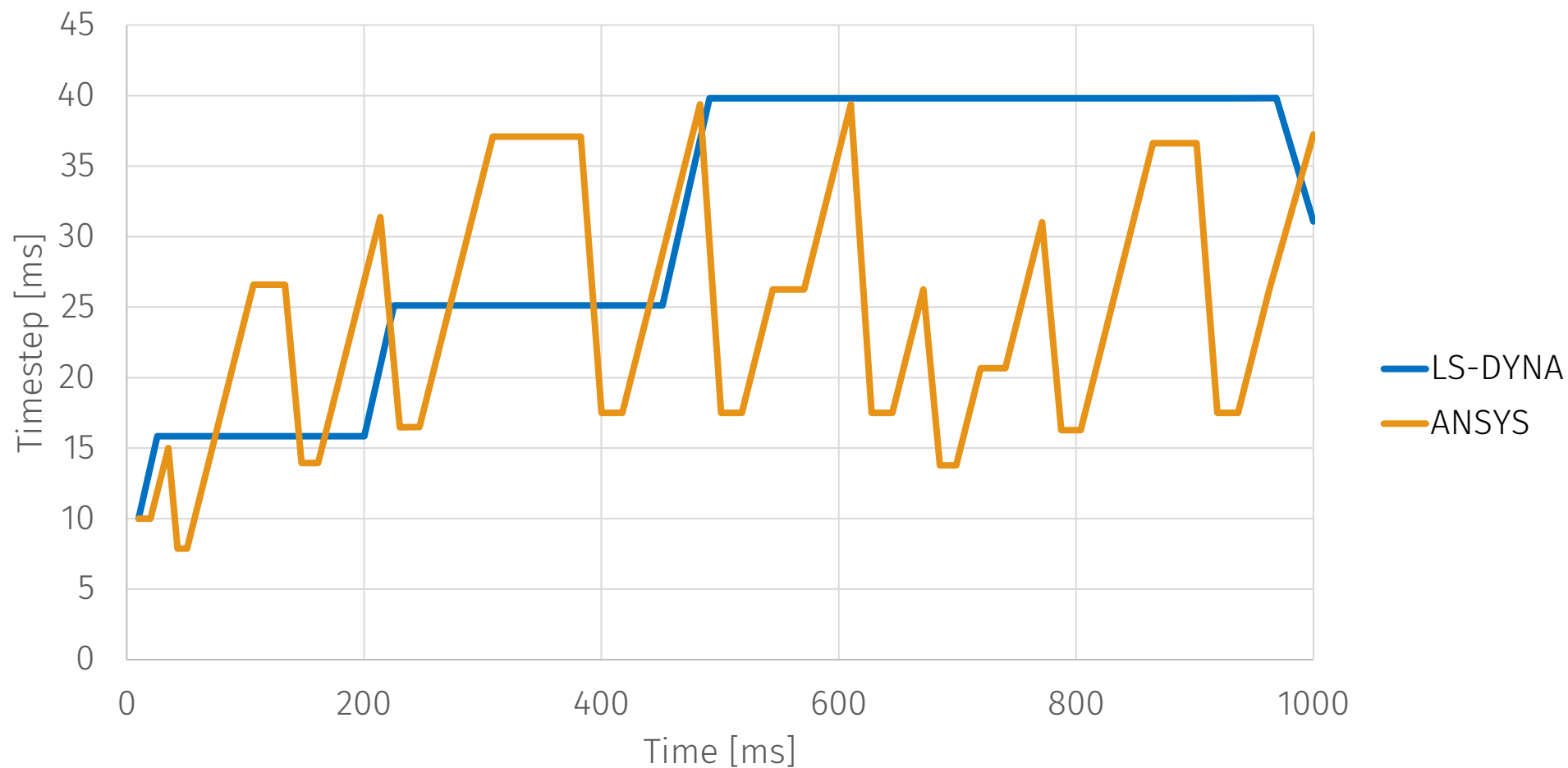
2 min 35 sec

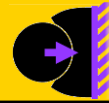
Runtime

*Jaký byl vývoj časového kroku?*

Timestep variabilní | MPP &amp; DMP

2)





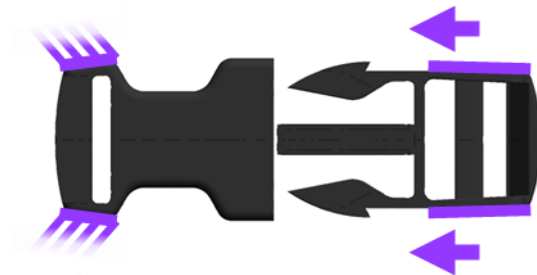
## ANSYS

- Řešič = DIRECT
  - „Program controlled“ volil PCG řešič

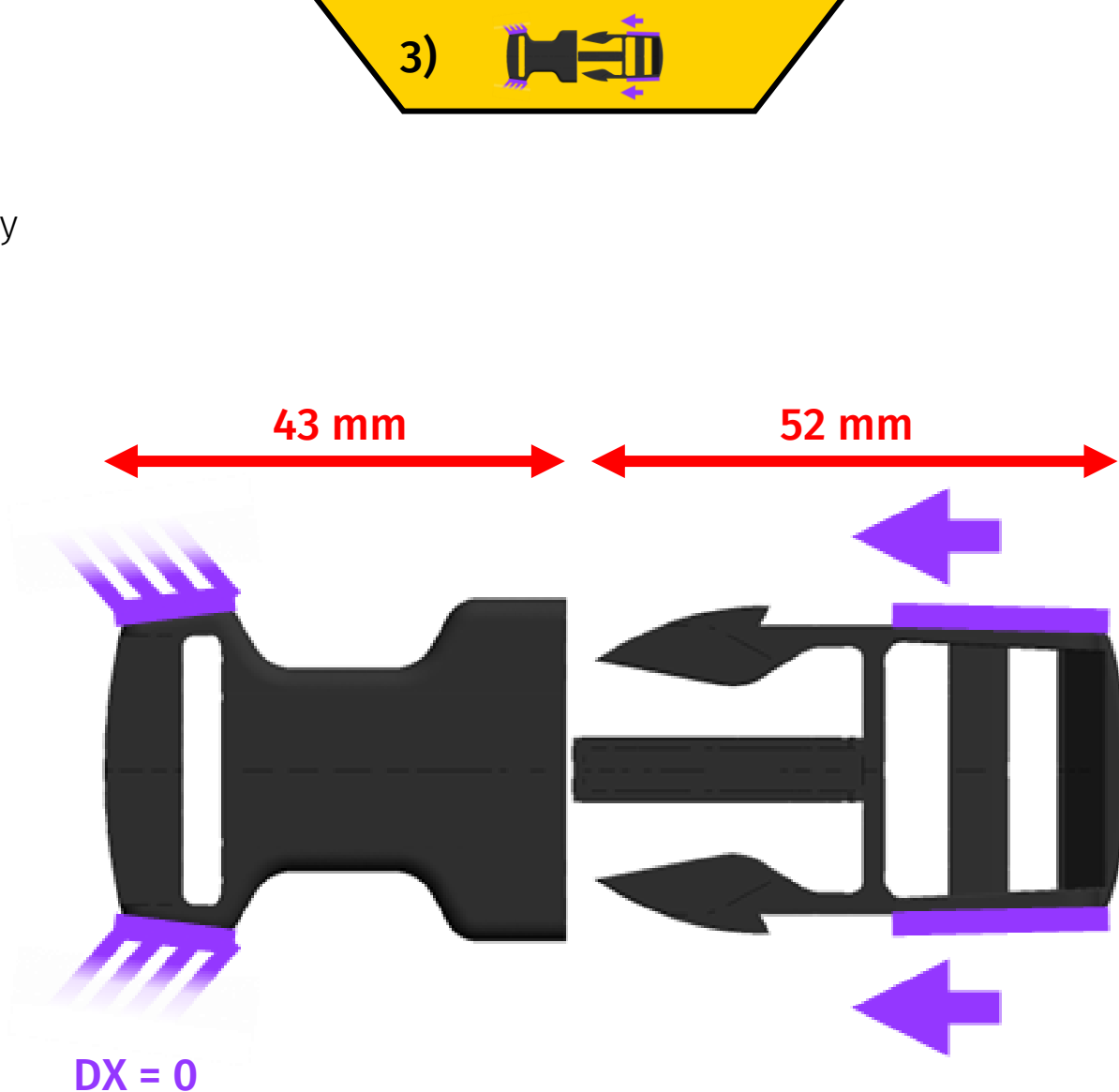
## LS-DYNA

- \*CONTROL\_ACCURACY, IACC=1
  - Vyšší přesnost implicitního řešení
  - Defaultně není zapnuto
- Kontakt – mortar

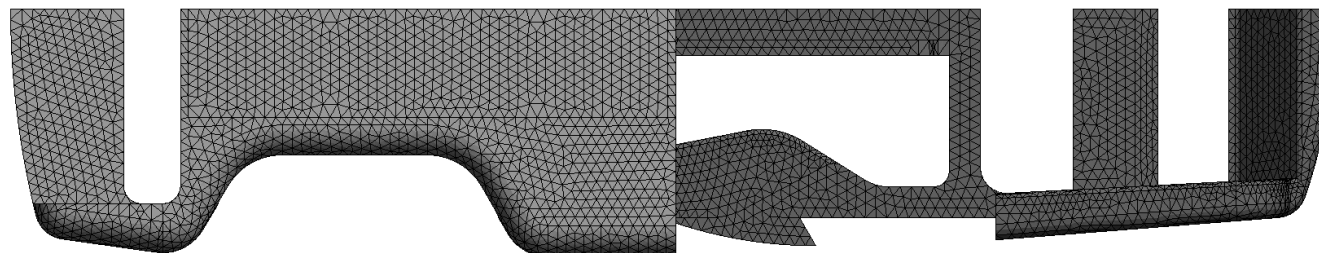
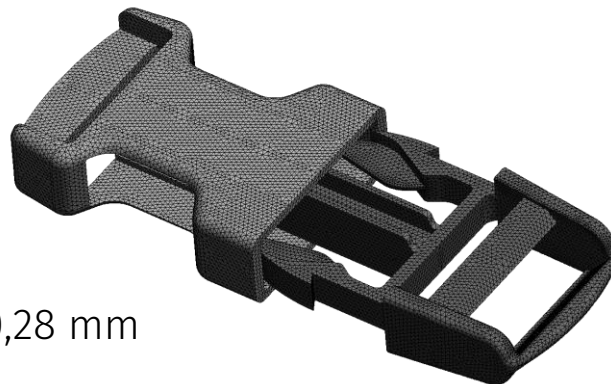
### 3) Plastová přezka



- Zacvaknutí plastové přezky
- Materiál: PA6
- Délka trvání děje: 3 sec

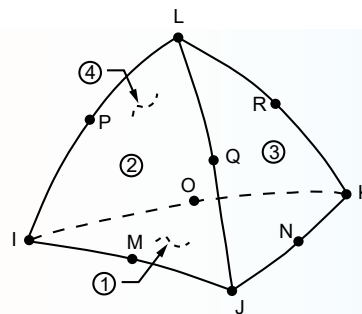


- 3D model, 1 rovina symetrie
  - Dynamika, velké deformace
  - Totožná FE síť
  - Charakteristická velikost prvků 0,028 – 0,28 mm
- 
- 158 806 uzlů
  - 100 106 elementů



ANSYS

SOLID187

Kvadratické prvky  
100% Tetra

LS-DYNA

ELFORM 16

3)



### C: Transient Structural

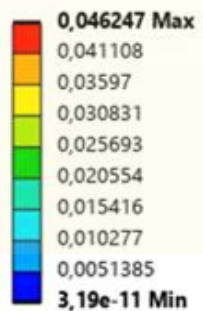
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) St

Unit: GPa

Time: 0 ms

22.05.2026 13:02:20



### B: LS-DYNA

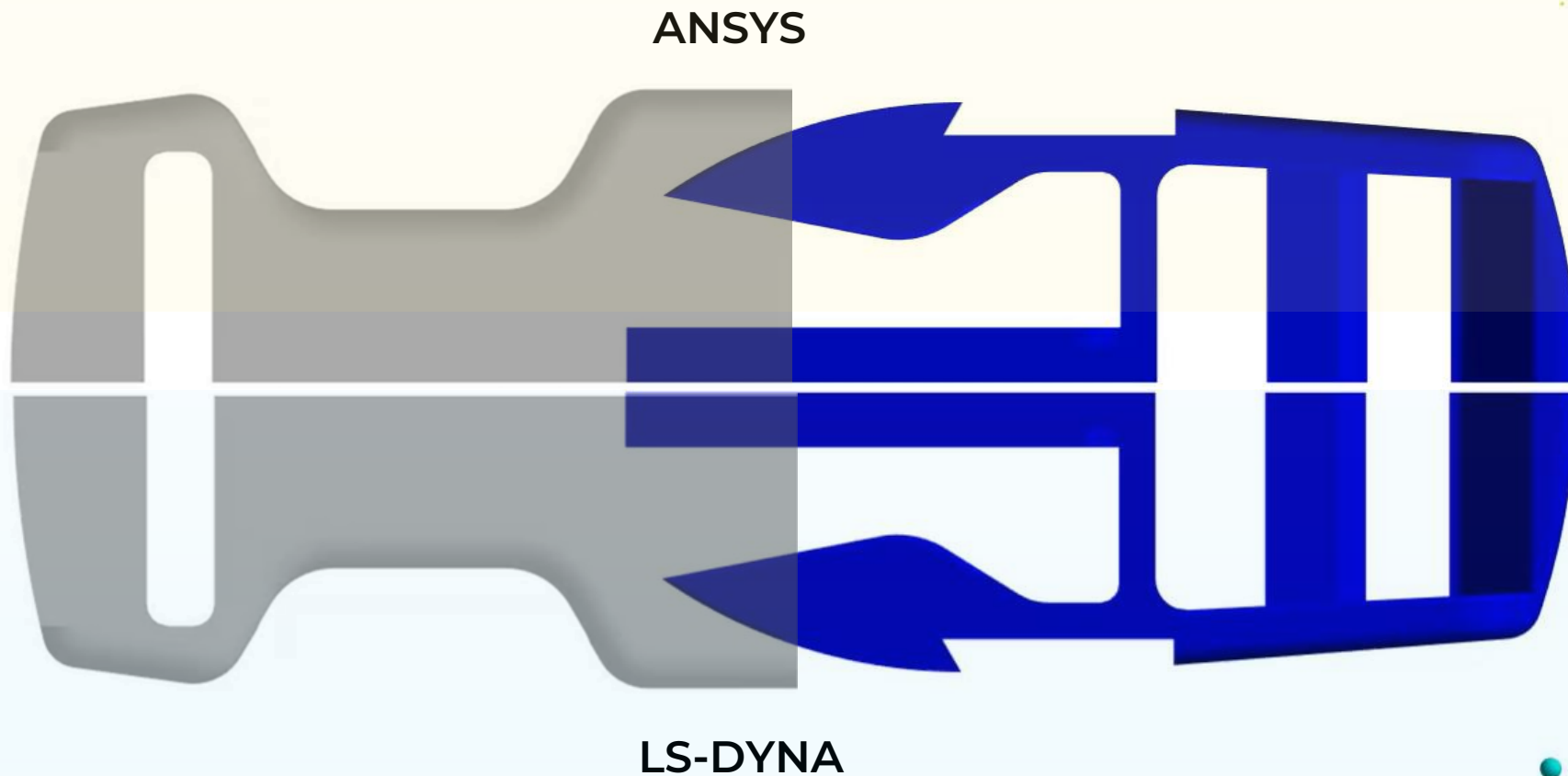
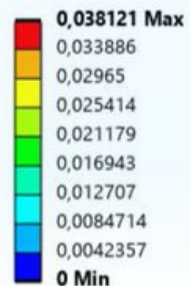
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: GPa

Time: 0 ms

22.05.2026 12:52:58



Timestep variabilní | MPP & DMP

3)



**C: Transient Structural**

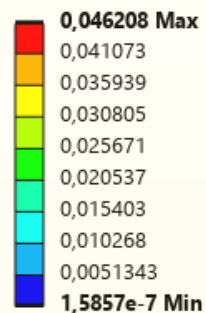
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) S

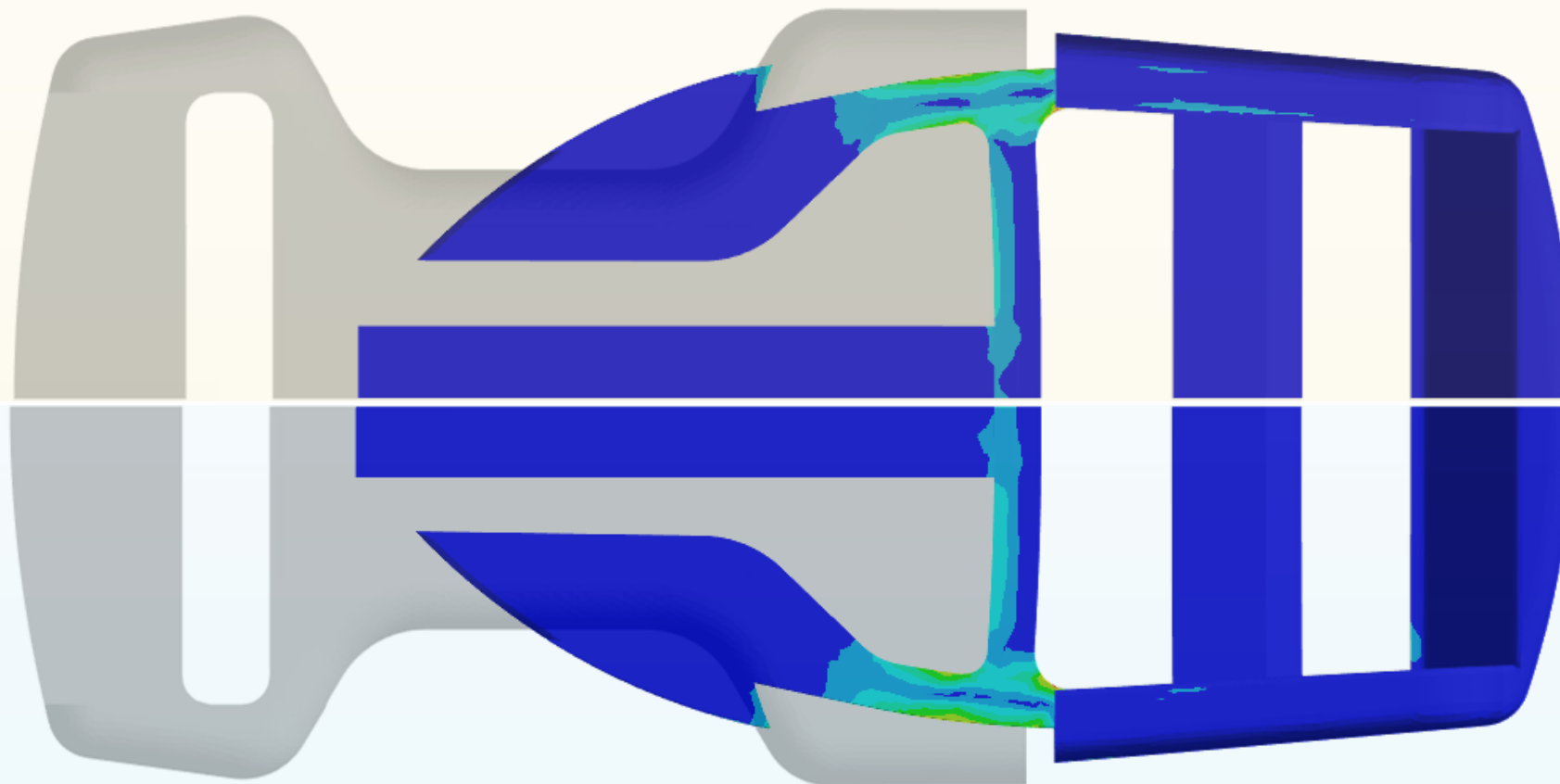
Unit: GPa

Time: 2830, ms

22.05.2026 13:19:02



ANSYS



**B: LS-DYNA**

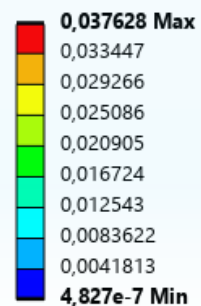
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: GPa

Time: 2835,3 ms

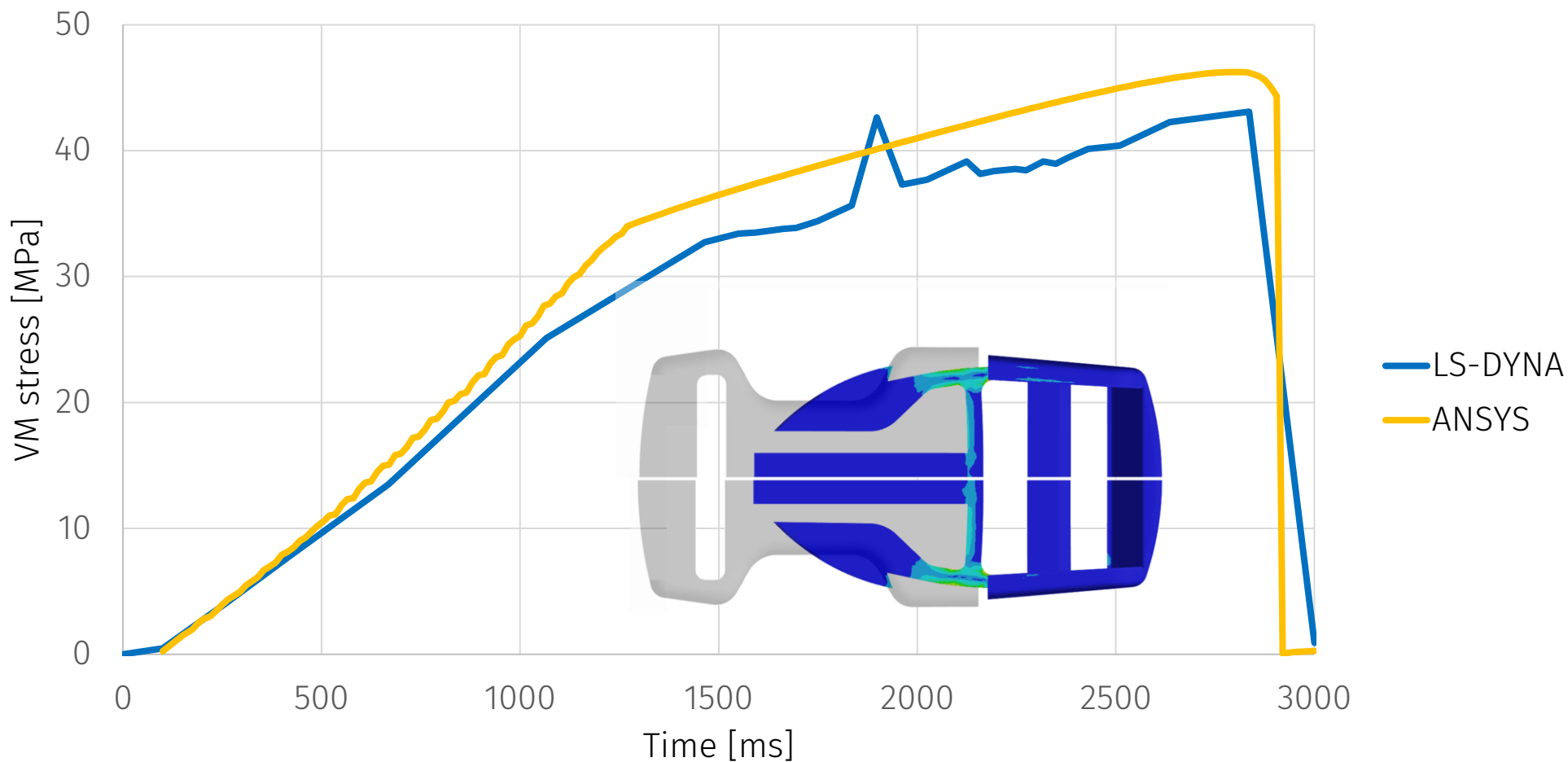
22.05.2026 13:18:40



LS-DYNA

Timestep variabilní | MPP &amp; DMP

3)



3)



ANSYS

2 hod 47 min

LS-DYNA

14 min 44 sec

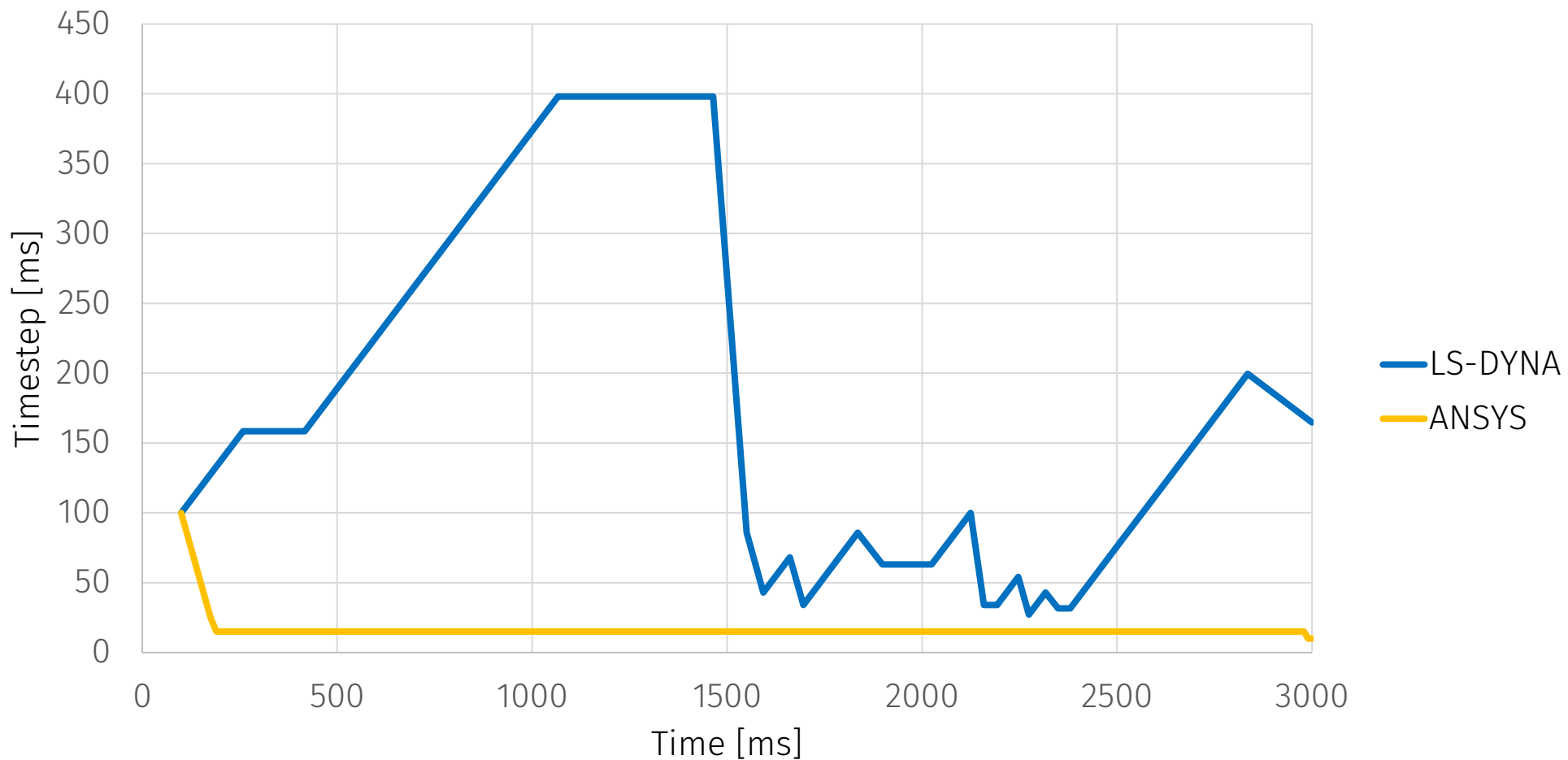
Runtime

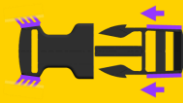
*Jaký byl vývoj časového kroku?*

3)



Timestep variabilní | MPP &amp; DMP





## ANSYS

- Řešič = DIRECT
  - „Program controlled“ volil PCG řešič .
- Rozdělení kontaktu na dílčí kontakty
- Kontakty - penalty metoda
- Kontakty – tuhost 0,01

## LS-DYNA

- \*CONTROL\_ACCURACY, IACC=1
  - Vyšší přesnost implicitního řešení
  - Defaultně není zapnuto
- Kontakt – mortar

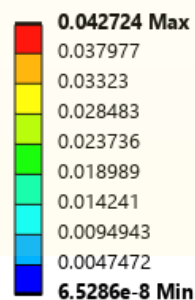
Timestep variabilní | MPP & DMP

3)



**D: Static Structural**

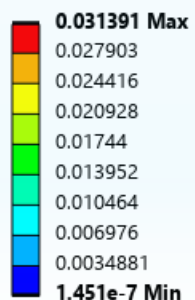
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: GPa  
Time: 2278.1 ms  
26/05/2026 08:21:35



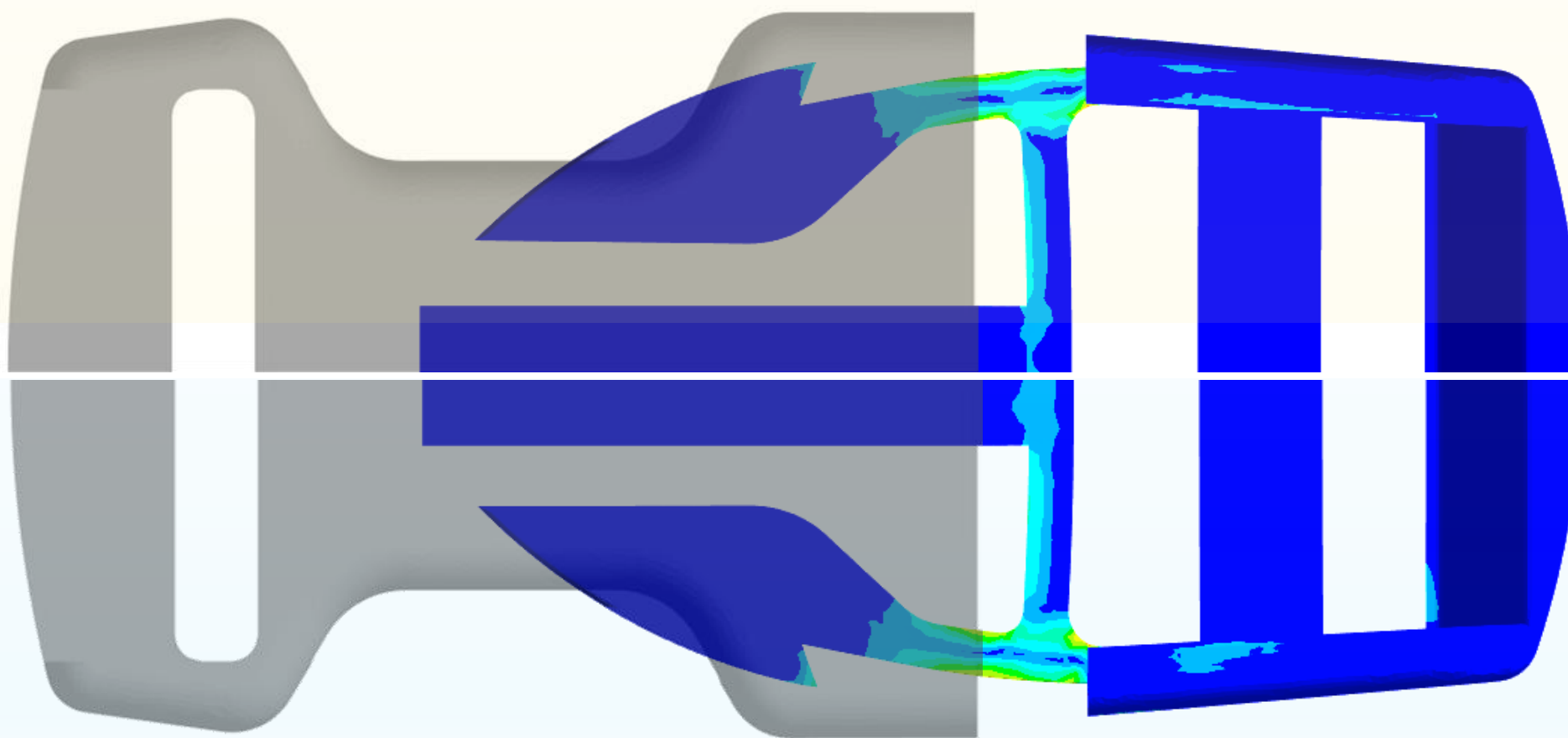
ANSYS

**B: LS-DYNA**

Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: GPa  
Time: 2286.1 ms  
26/05/2026 08:25:10

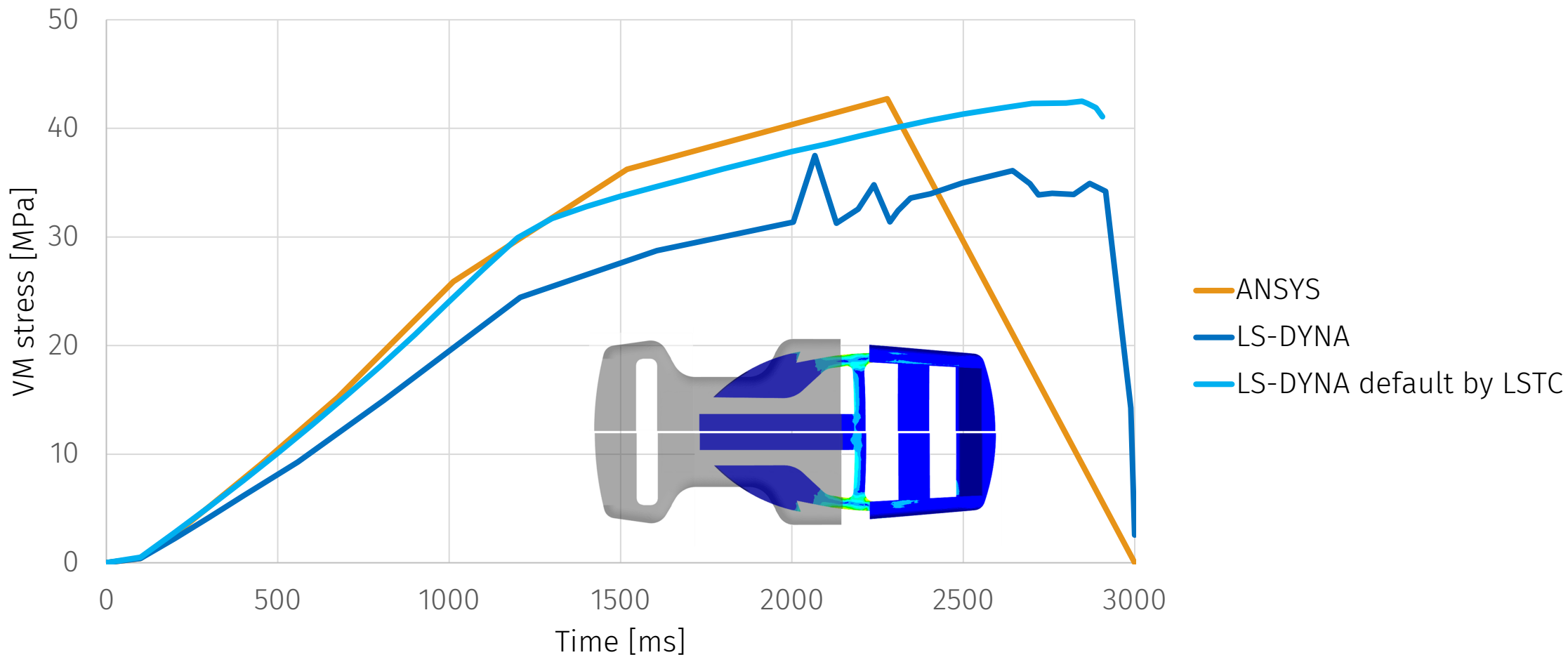


LS-DYNA



Timestep variabilní | MPP & DMP

3)





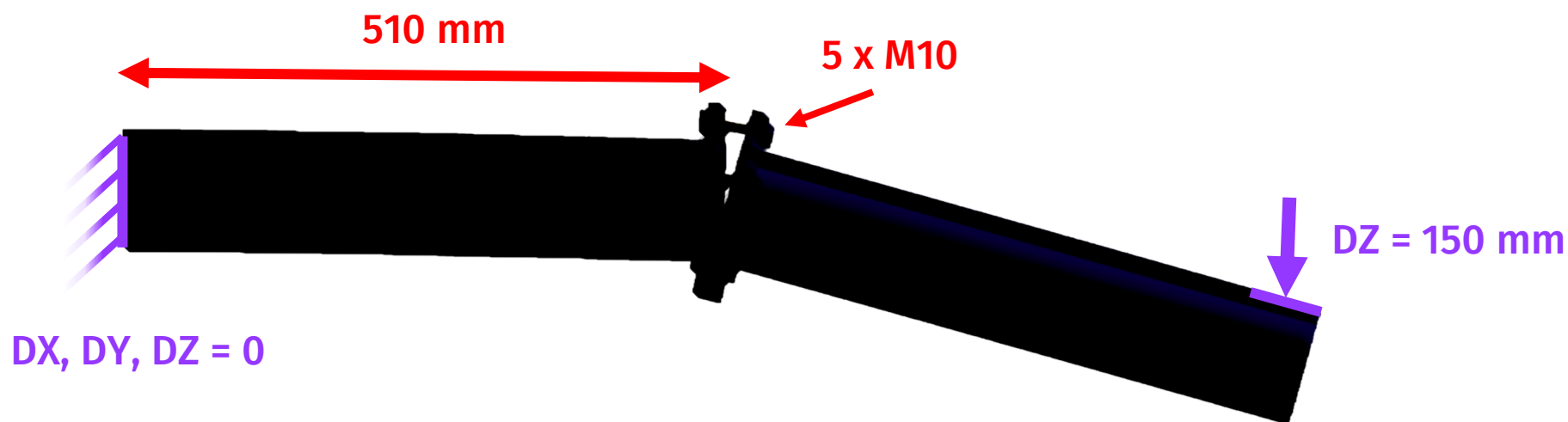
Timestep variabilní | MPP &amp; DMP

Varianta řešení	Timestep		Distribuce výpočtu		#CPU	Runtime	
	Ansys	LS-DYNA	Ansys	LS-DYNA		Ansys	LS-DYNA
Dynamika	Variabilní	Variabilní	DMP	MPP	4	2 hod 47 min	14 min 44 sec
Statika	Variabilní	Variabilní	DMP	MPP	4	3 min 55 sec	7 min 4 sec

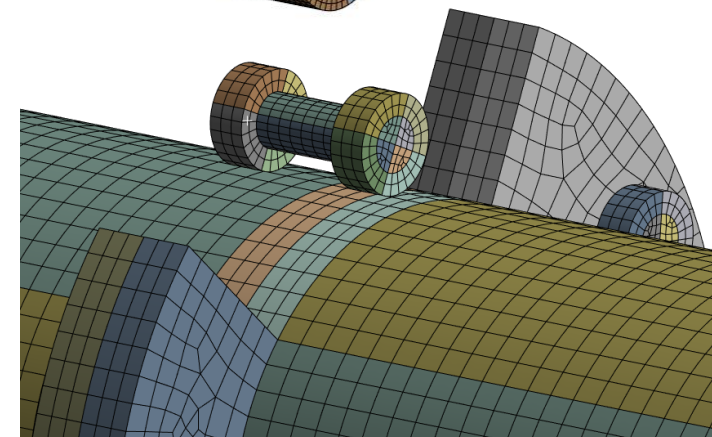
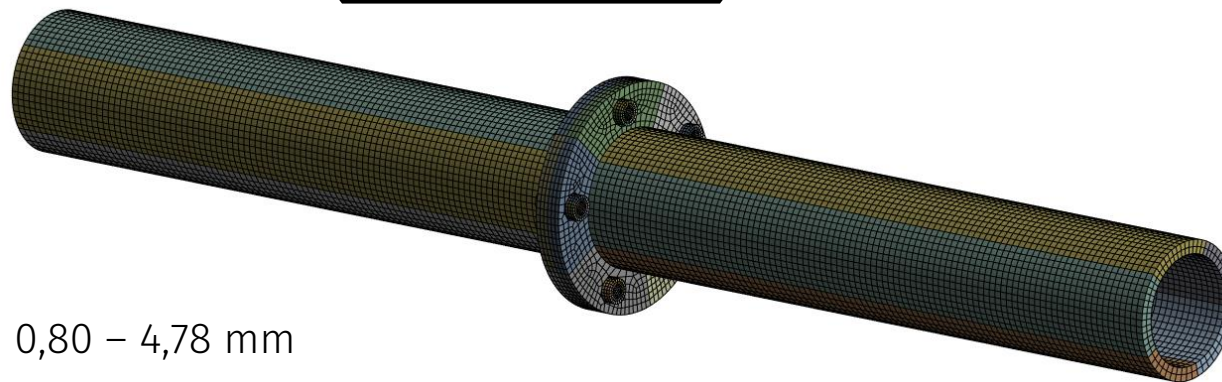
## 4) Příruba



- Ohyb potrubí
- Materiál: Ocel DOMEX 500
- Délka trvání děje: 1 sec

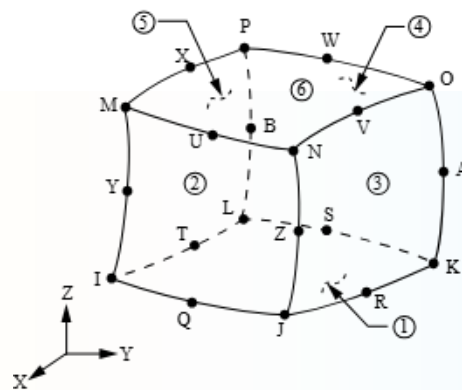


- 3D model
- Statika, velké deformace
- Totožná FE síť
- Charakteristická velikost prvků 0,80 – 4,78 mm
- 172 614 uzlů
- 31 700 elementů



**ANSYS**

SOLID186



Kvadratické prvky  
100% Hexa

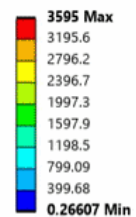
**LS-DYNA**

ELFORM 23

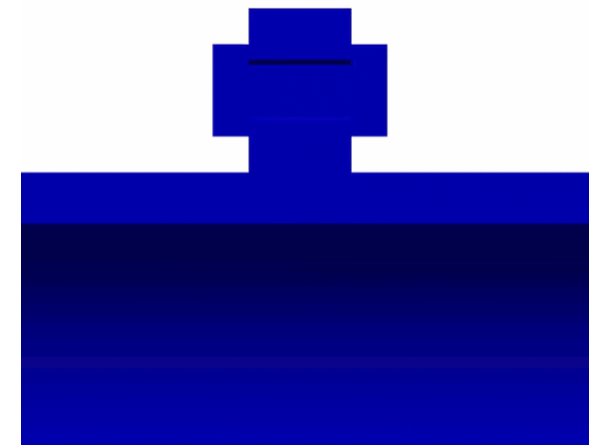
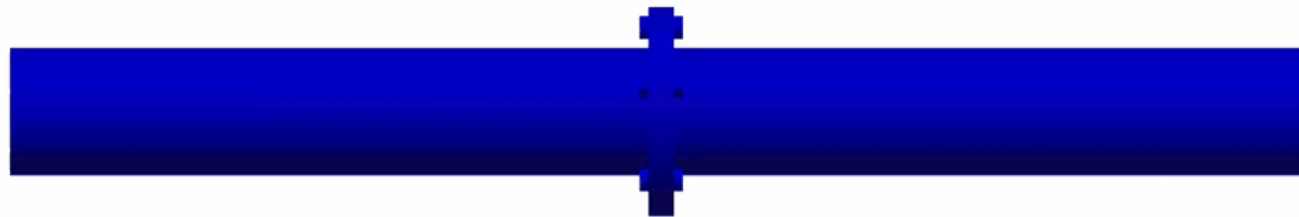
Timestep variabilní | SMP & SMP



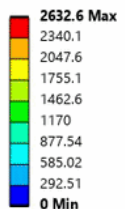
**Q: Static Structural - g1**  
Equivalent Stress 2  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 0 s  
27/05/2026 12:35:34



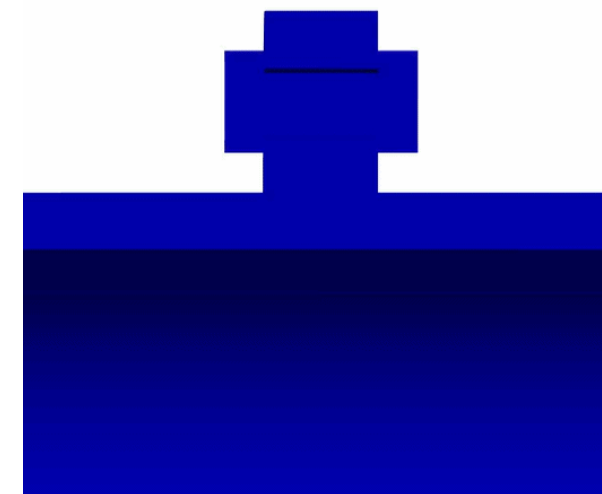
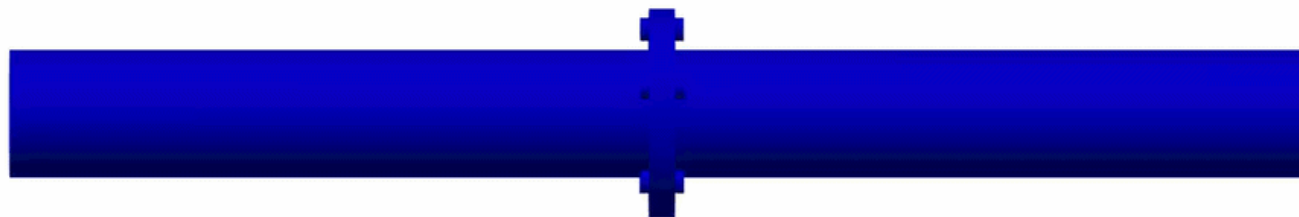
ANSYS



**P: LS-DYNA - g1**  
Equivalent Stress 3  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 0 s  
27/05/2026 13:33:59



LS-DYNA

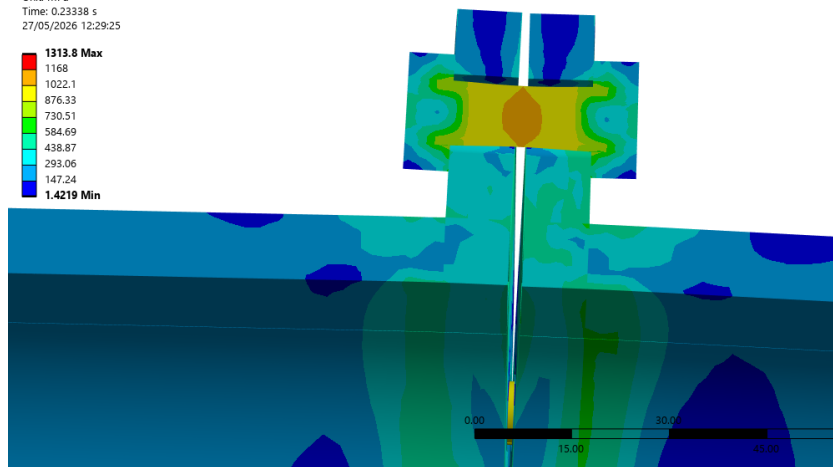


Timestep variabilní | MPP & DMP



**Q: Static Structural - g1**  
Equivalent Stress 2  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 0.23338 s  
27/05/2026 12:29:25

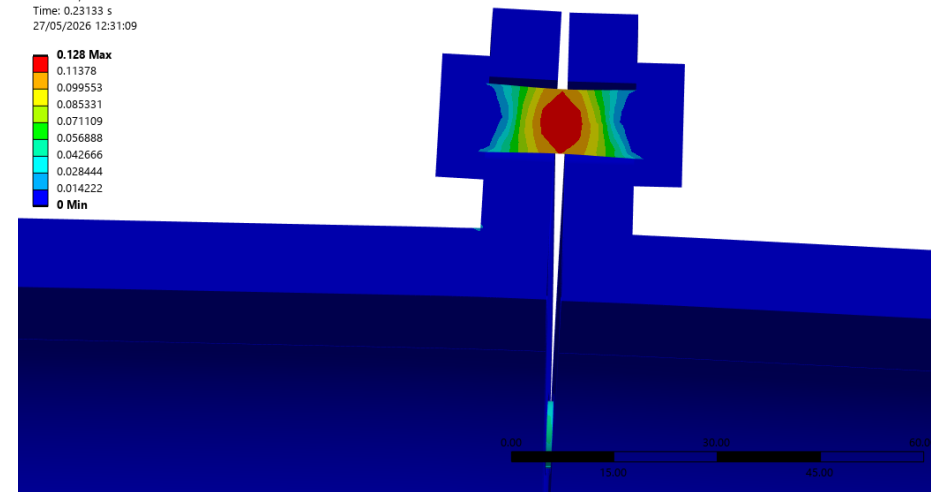
**1313.8 Max**  
1168  
1022.1  
876.33  
730.51  
584.69  
438.87  
293.06  
147.24  
**1.4219 Min**



ANSYS

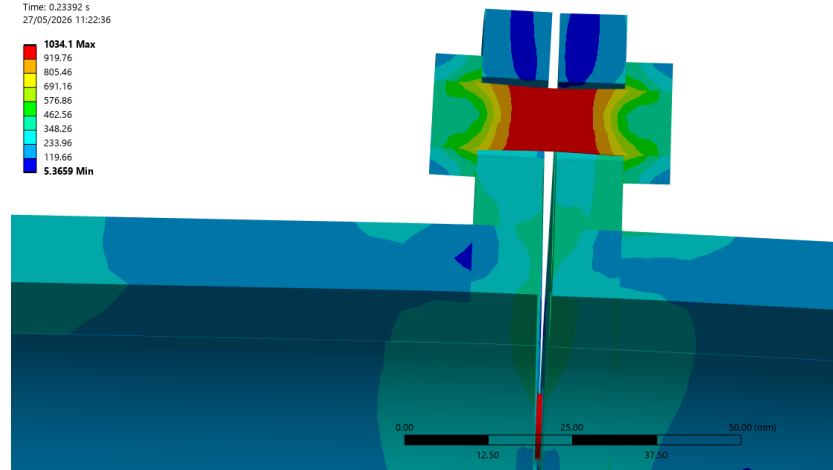
**Q: Static Structural - g1**  
Equivalent Plastic Strain  
Type: Equivalent Plastic Strain  
Unit: mm/mm  
Time: 0.23133 s  
27/05/2026 12:31:09

**0.128 Max**  
0.11378  
0.099553  
0.085331  
0.071109  
0.056888  
0.042666  
0.028444  
0.014222  
**0 Min**



**P: LS-DYNA - g1**  
Equivalent Stress 3  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 0.23392 s  
27/05/2026 11:22:36

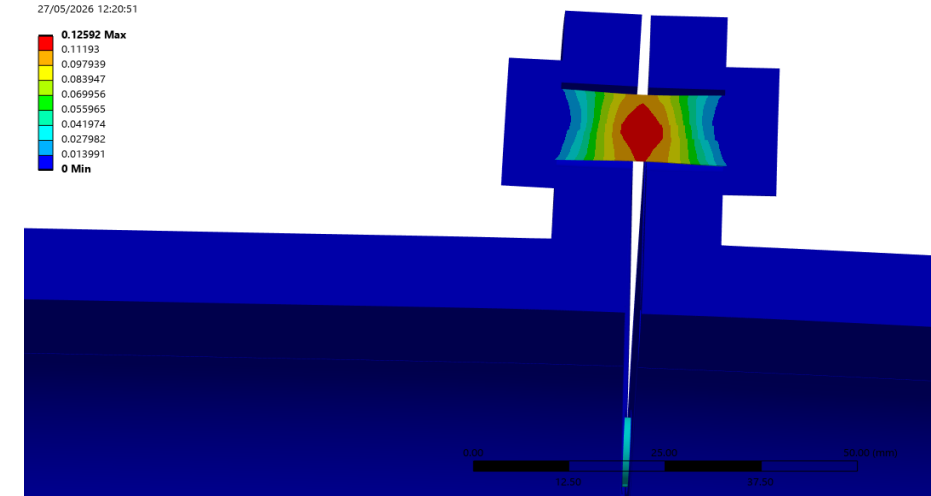
**1034.1 Max**  
919.76  
805.46  
691.16  
576.86  
462.56  
348.26  
233.96  
119.66  
**5.3659 Min**



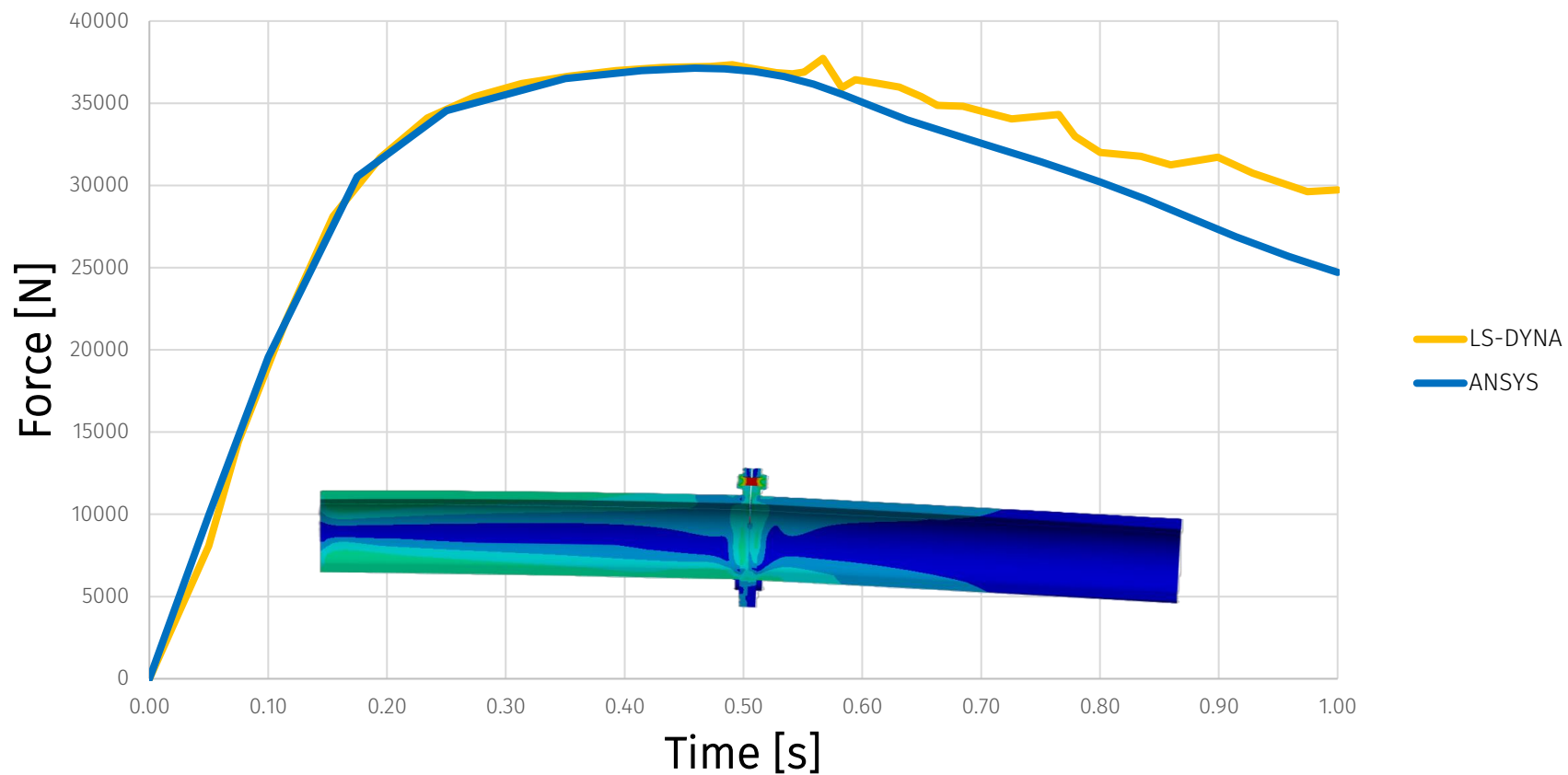
LS-DYNA

**P: LS-DYNA - g1**  
User Defined Result  
Expression: EPS  
Time: 0.23392 s  
27/05/2026 12:20:51

**0.12592 Max**  
0.11193  
0.097939  
0.083947  
0.069956  
0.055965  
0.041974  
0.027982  
0.013991  
**0 Min**



Timestep variabilní | MPP & DMP





ANSYS

34 min 33 sec

LS-DYNA

28 min 6 sec

Runtime



## ANSYS

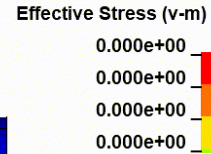
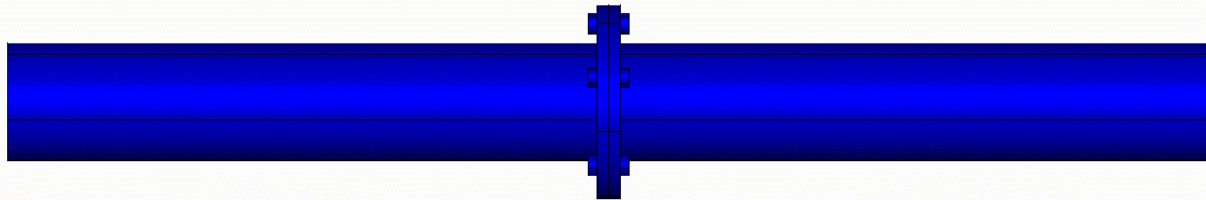
- Řešič = DIRECT
  - „Program controlled“ volil PCG řešič .
- Rozdělení kontaktu na dílčí kontakty

## LS-DYNA

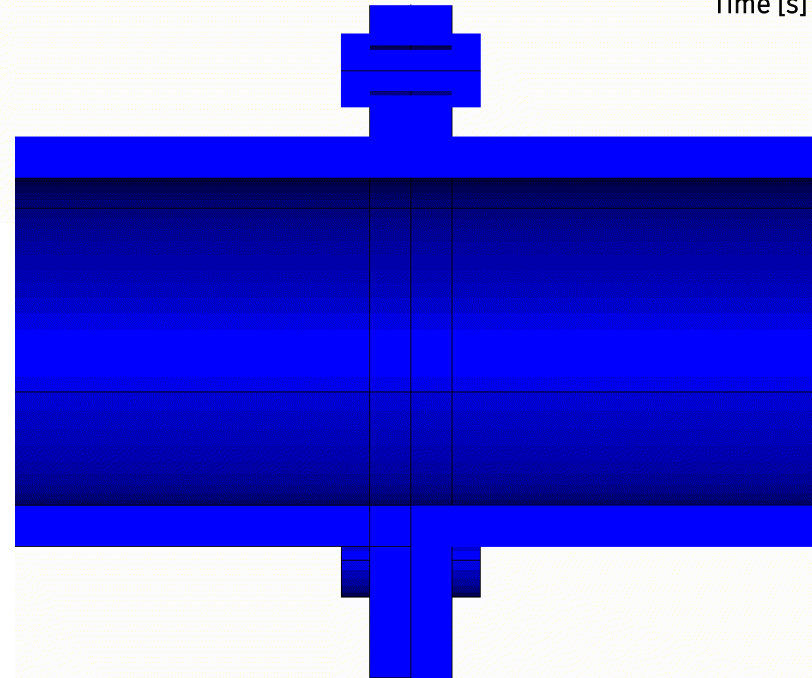
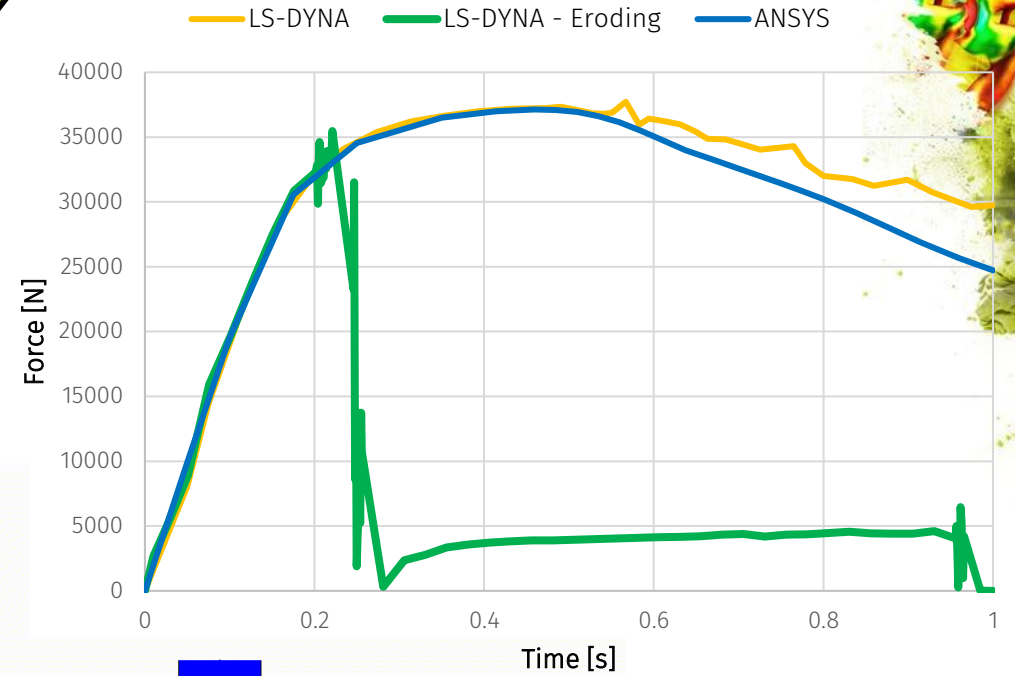
- \*CONTROL\_ACCURACY, IACC=1
  - Vyšší přesnost implicitního řešení
  - Defaultně není zapnuto
- Kontakt – mortar



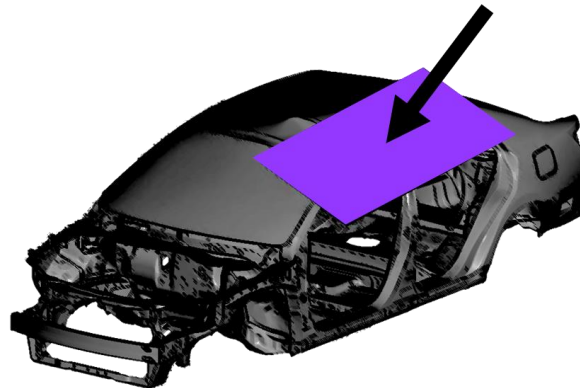
- Porušení (eroze elementu) šroubu při dosažení  $\epsilon_f = 12\%$
- Nastavení automatického přepínání implicit -> explicit
  - Řešič se přepne v okamžiku nezkonvergování kroku (porušení šroubů)



LS-DYNA - ERODING

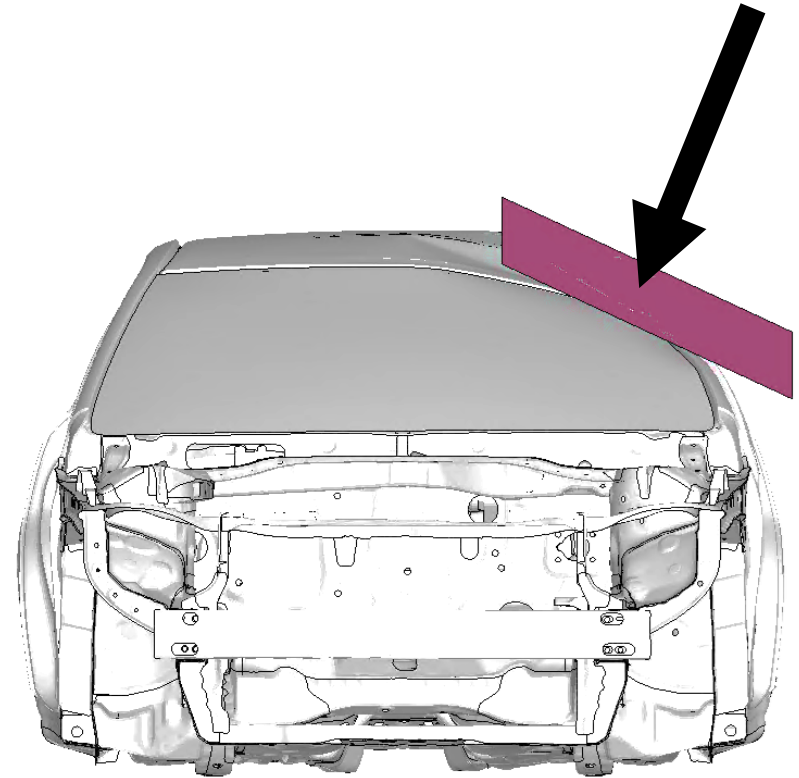
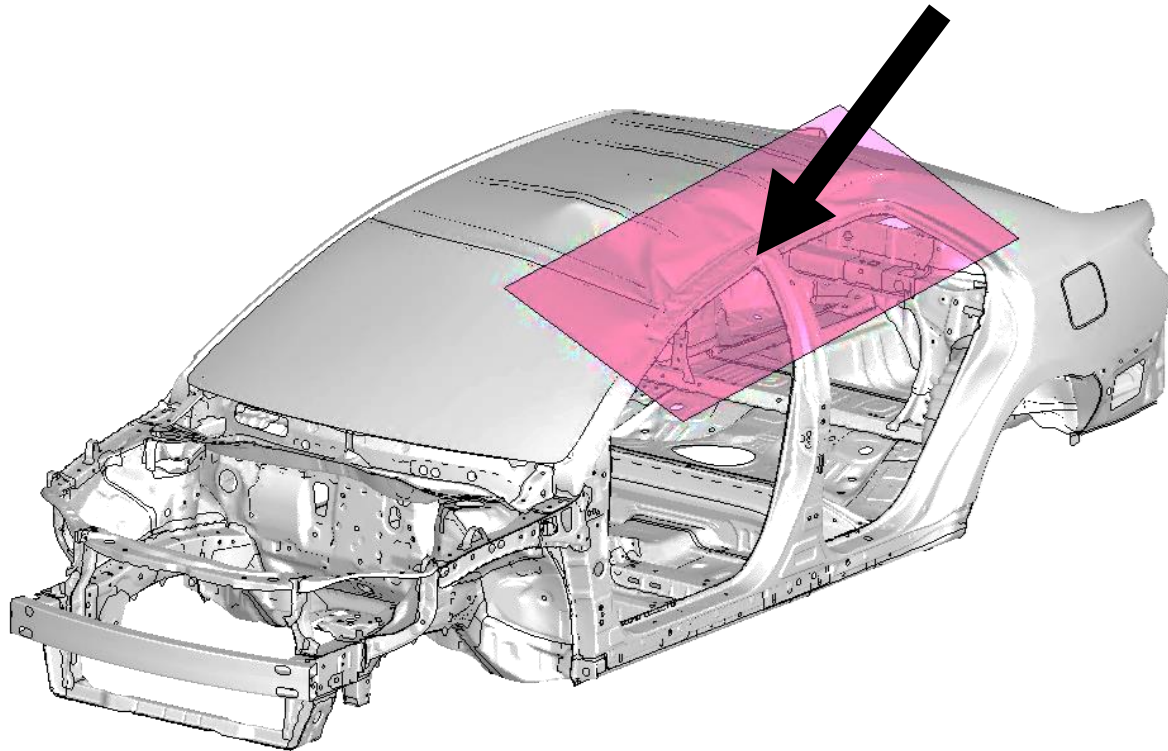
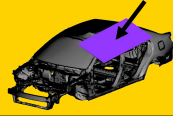


## 5) Velká sestava

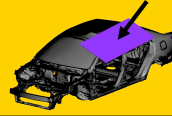


- Stlačování střechy osobního vozidla
- Posuv zatěžujícího tělesa 120 mm

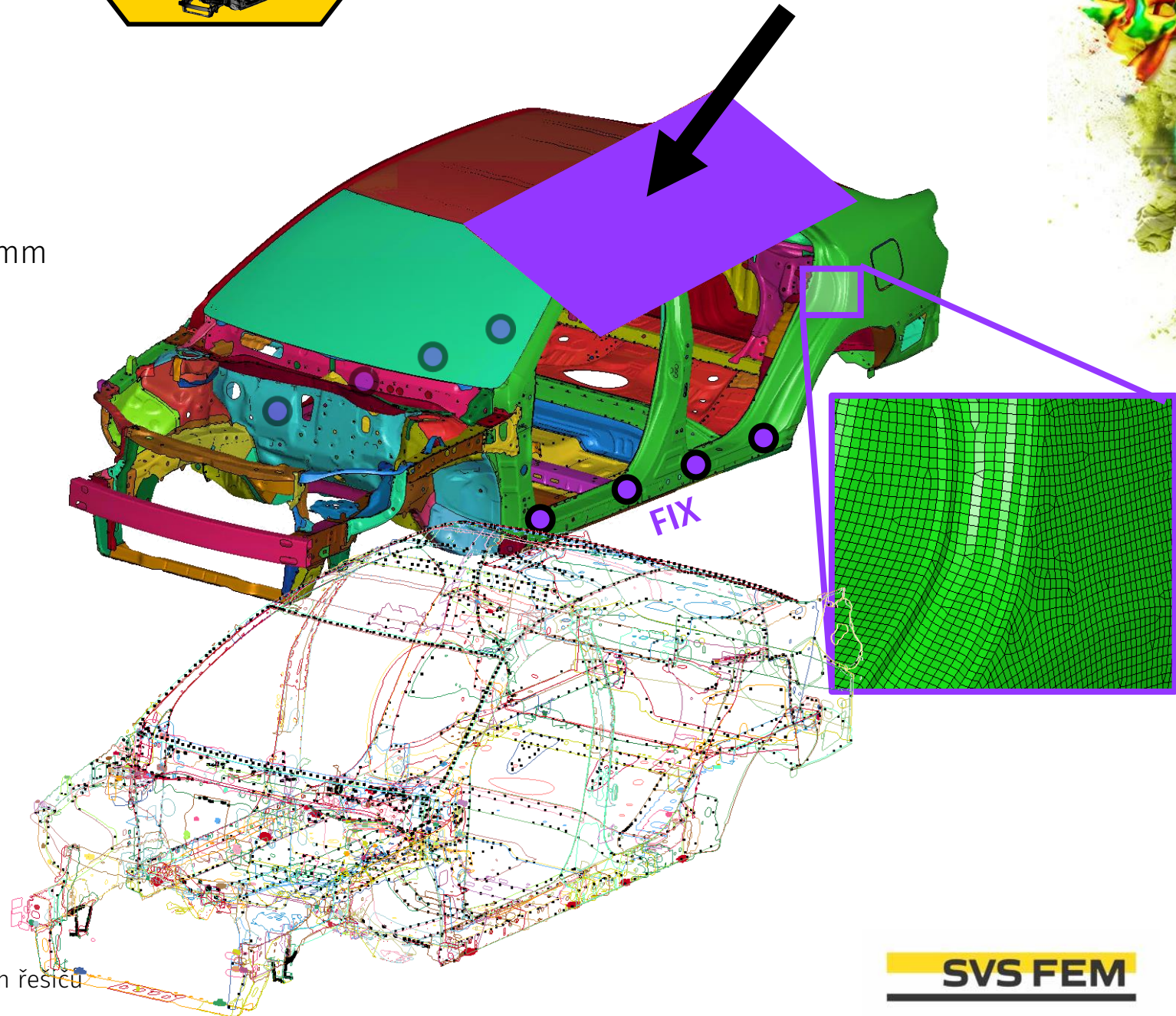
5)



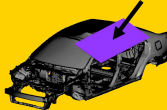
5)



- 3D model
- Dynamika
- Charakteristická velikost prvků 1,5 – 20,0 mm
- 351 partů
- 1 006 332 uzlů
- 980 819 elementů (převážně shell)
- 1022 constrained vazeb (cnrb + spotweld)
- Nelineární kontakt všechno se vším
- Pouze LS-DYNA (bez srovnání s ANSYS)



5)

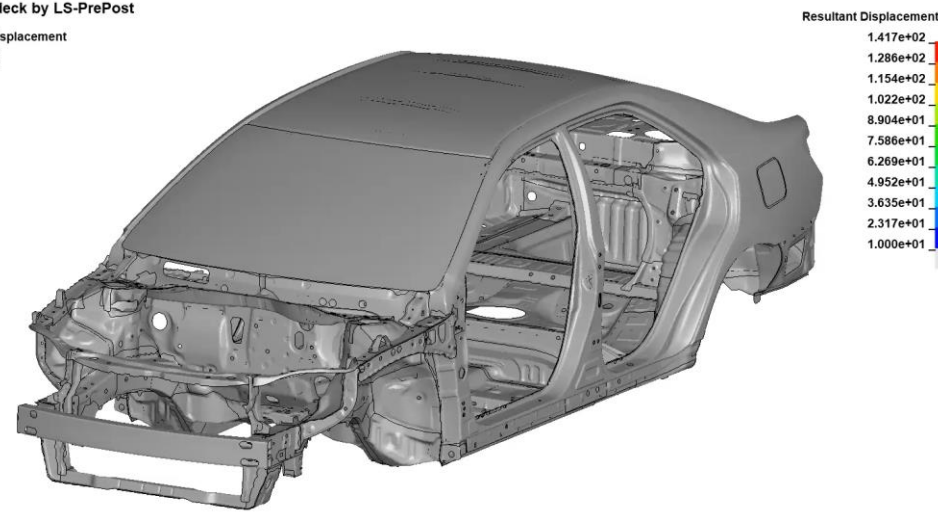


## LS-DYNA

- MPP 30 CPU
- Runtime = 13 hod 21 min

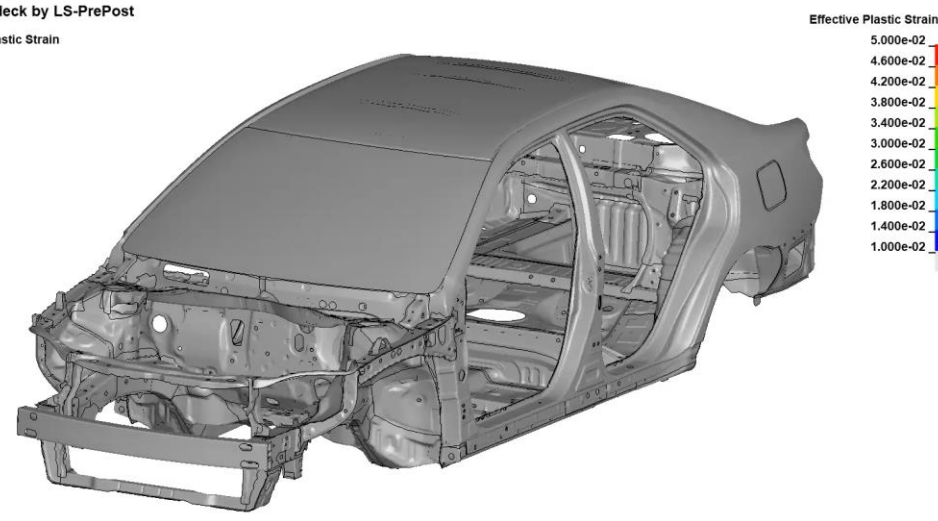
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Time = 0  
Contours of Resultant Displacement  
min=0, at node# 302520  
max=0, at node# 302520



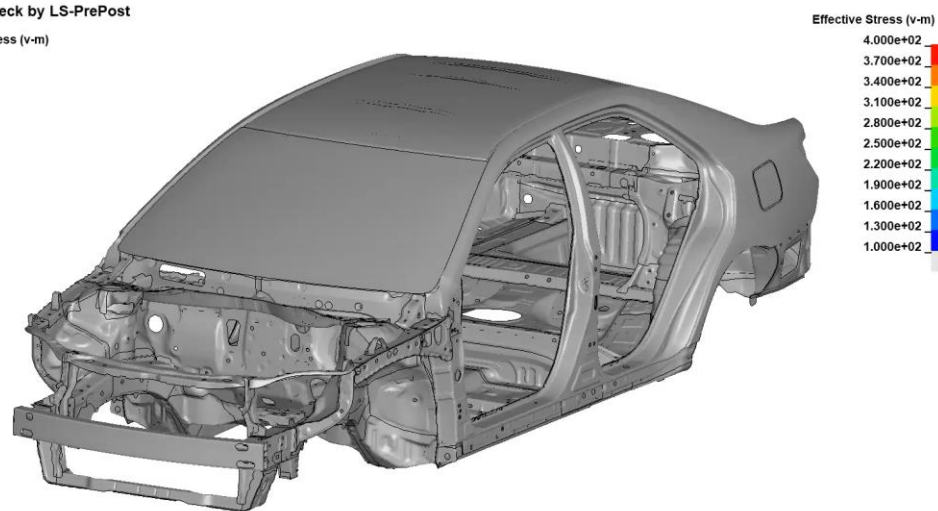
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Time = 0  
Contours of Effective Plastic Strain  
max IP. value  
min=0, at elem# 2663  
max=0, at elem# 2663



LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Time = 0  
Contours of Effective Stress (v-m)  
max IP. value  
min=0, at elem# 2663  
max=0, at elem# 2663



# Závěr

## Zodpovězení položených otázek

V LS-DYNA je k dispozici silný a robustní implicitní řešič

Použitelný jak na jednoduché úlohy tak na rozsáhlé úlohy  
plně nelinearit

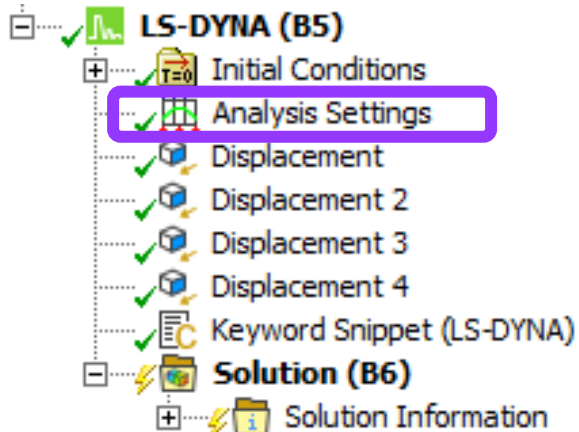
Přesnost a rychlost výpočtu ve srovnání s Ansysem závisí  
na zvolené úloze



# Závěrečné tipy

- Modul LS-DYNA v Workbench je defaultně explicitní řešení

## Jak zapnout ls-dyna implicitní výpočet v prostředí Ansys workbench?

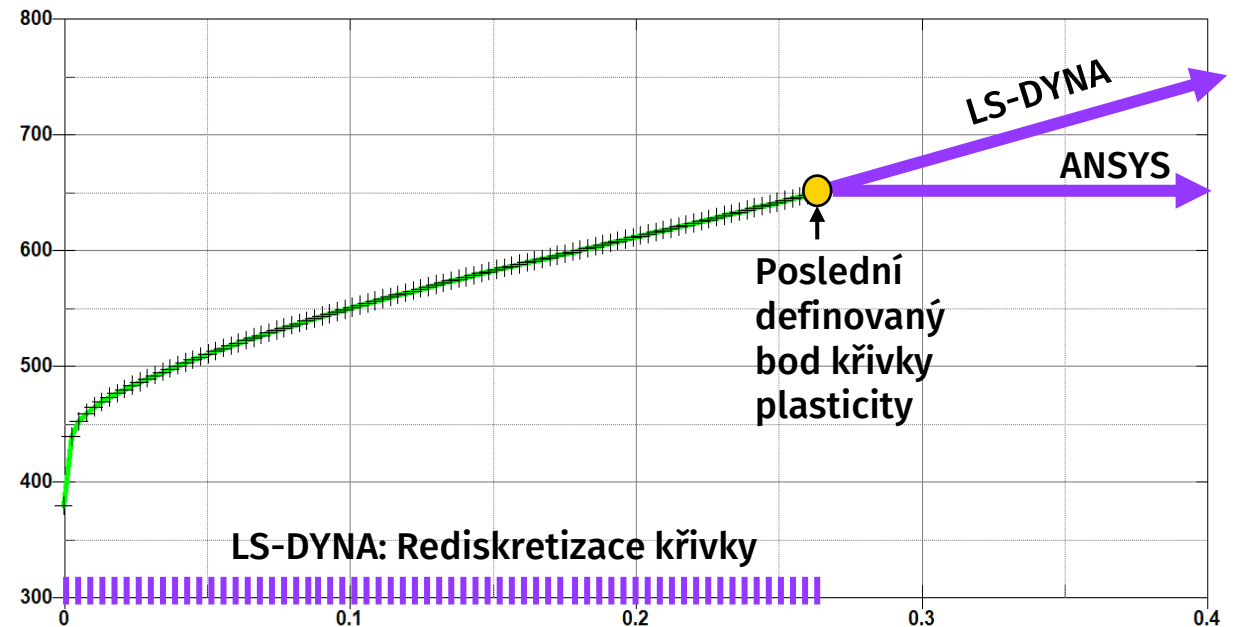
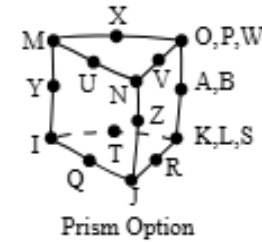
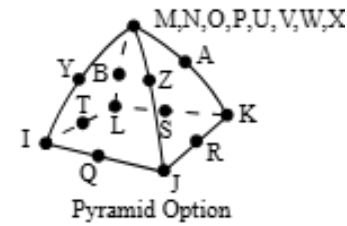


Solver Controls	
Solver Type	Structural Analysis O...
Solver Precision	double
Solver Units	Manual
Solver Unit System	mm,ms,kg
Solver Temperature Unit (For Metric Systems)	C
Explicit Solution Only	No
Invariant Node Numbering	Off
Second Order Stress Update	No
Solver Version	Program Controlled

Implicit Controls	
Type	Implicit
Initial Time Step	0,1 s
Maximum Time Step Size	1, s
Solution Method	BFGS Moderately No...
Displacement Convergence	0,
Residual Relative	0,
Line Search	0,
Absolute Tolerance	0,
Matrix Assembly Package	Symmetric Linear Solv..
Stabilization	Off

# Na co si dávat pozor

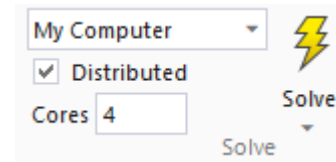
- V LS-DYNA nelze použít
  - Kvadr./Lin. pyramidové elementy
  - Kvadr. pentaedry
- Extrapolace křivky materiálového modelu
- Rediskretizace křivky (default = 100 bodů)
- \*CONTROL\_ACCURACY, IACC=1 přidat vždy
- Preferovat kontakty typu MORTAR
- LS-DYNA double precision vždy pro implicit
  
- Kontakty
  - LS-DYNA zvládne rozsáhlé kontakty přes mnoho partů
  - LS-DYNA problematické kontakty u těles s kvadratickými prvky



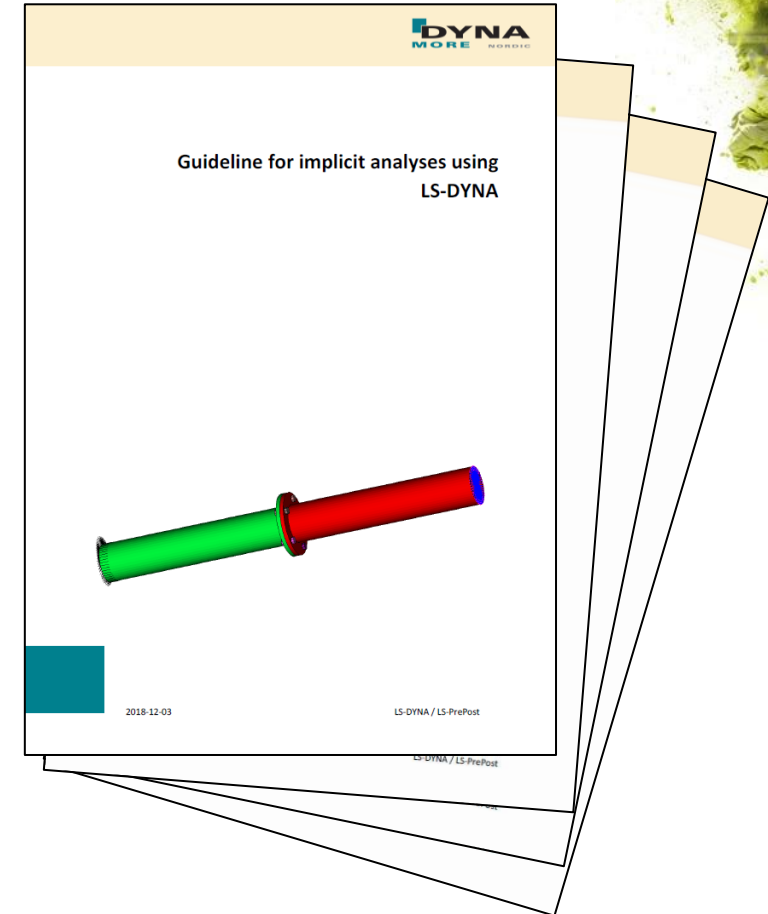
# Na co si dávat pozor

- V Mechanical vkládá vždy automaticky „body interaction“ – single surface contact
- Pro LS-DYNA se **distribuce úlohy** nastavuje v analysis settings. Checkbox „Distributed“ a počet cpu nahoře v liště nemá vliv na řešení ls-dyna.

CPU and Memory Management	
Memory Allocation	Program Controlled
Number Of Cores	4
Processing Type	SMP

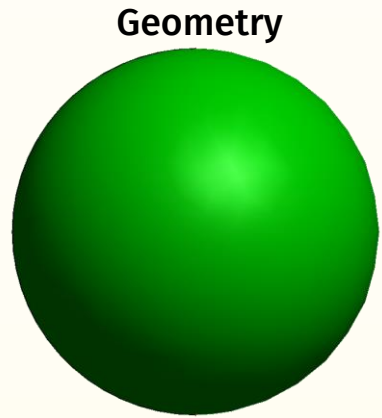


- Pro implicit LS-DYNA raději volit \*CONTROL karty dle **Implicit guideline** (Dynamore + LSTC) než dle Mechanical
- Různý postup pro napočítávání **momentů setrvačnosti** –
  - LS-DYNA vychází z FE sítě
  - ANSYS vychází z geometrie

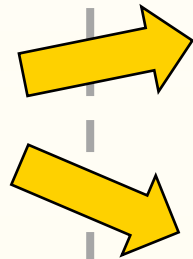


# Zajímavost: Momenty setrvačnosti u tuhých těles

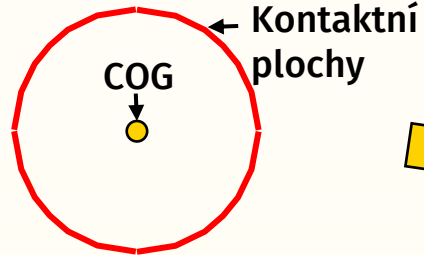
ANSYS



Geometry



Preprocessing

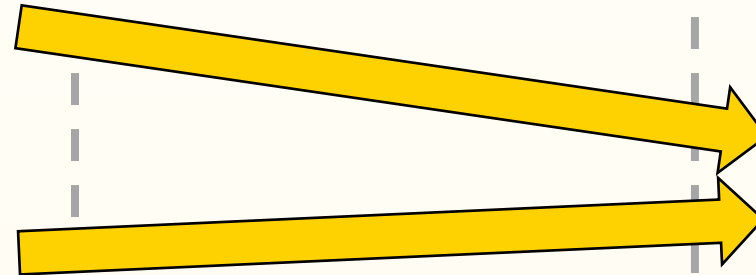


Kontaktní plochy

COG

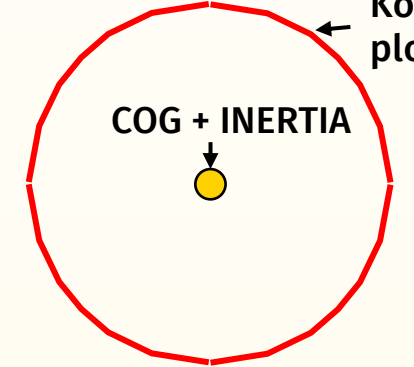
Moments of inertia

$I_{xx}$   $I_{xy}$   $I_{xz}$   
 $I_{yx}$   $I_{yy}$   $I_{yz}$   
 $I_{zx}$   $I_{zy}$   $I_{zz}$



Inicializace  
výpočtu v řešiči

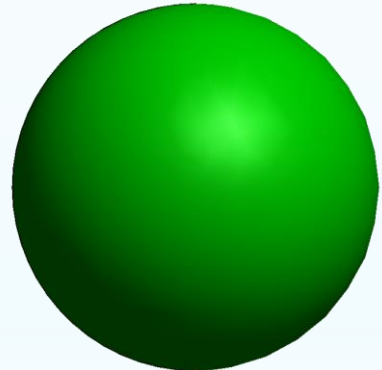
Výpočet



Kontaktní plochy

COG + INERTIA

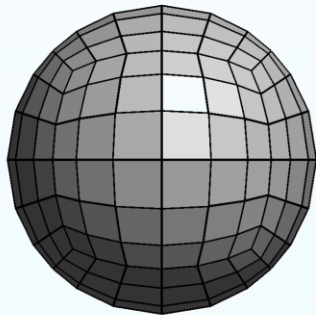
LS-DYNA



Geometry

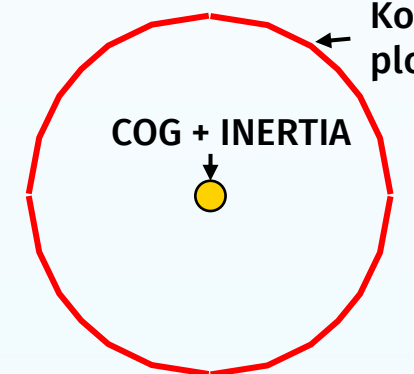
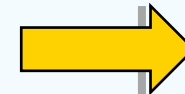


FE mesh



Moments of inertia

$I_{xx}$   $I_{xy}$   $I_{xz}$   
 $I_{yx}$   $I_{yy}$   $I_{yz}$   
 $I_{zx}$   $I_{zy}$   $I_{zz}$



Kontaktní plochy

COG + INERTIA

## Sledujte SVS FEM ve světě sociálních sítí





# Díky za pozornost a zůstaňme ve spojení

 Marek Šebík & Jakub Dohnal