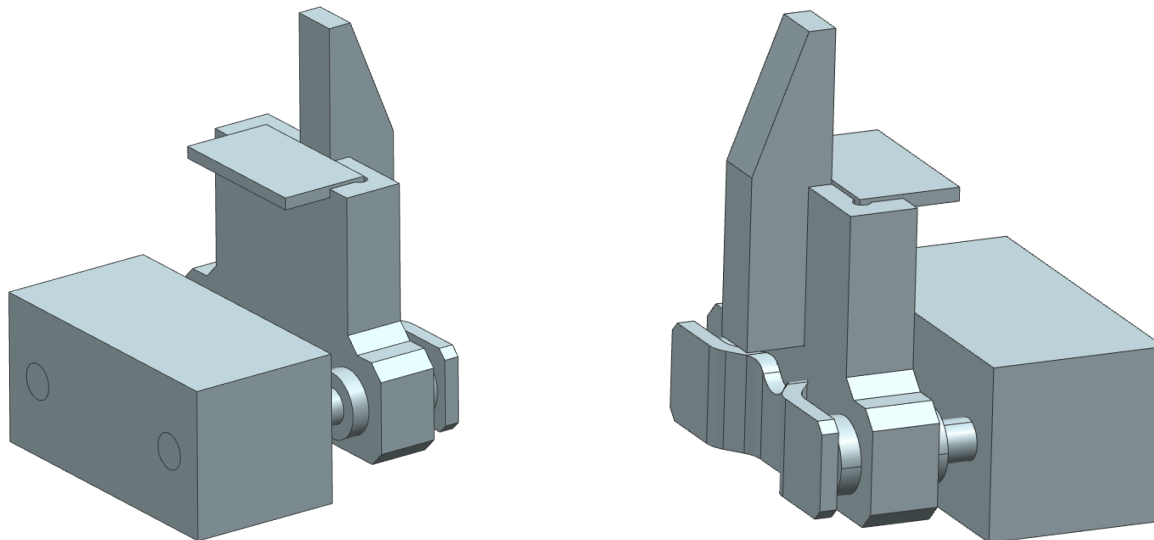


## **PŘÍLOHA č. 2**

**Simulace statického zatížení pomocí metody konečných prvků  
(MKP) pro vybrané komponenty či bloky**

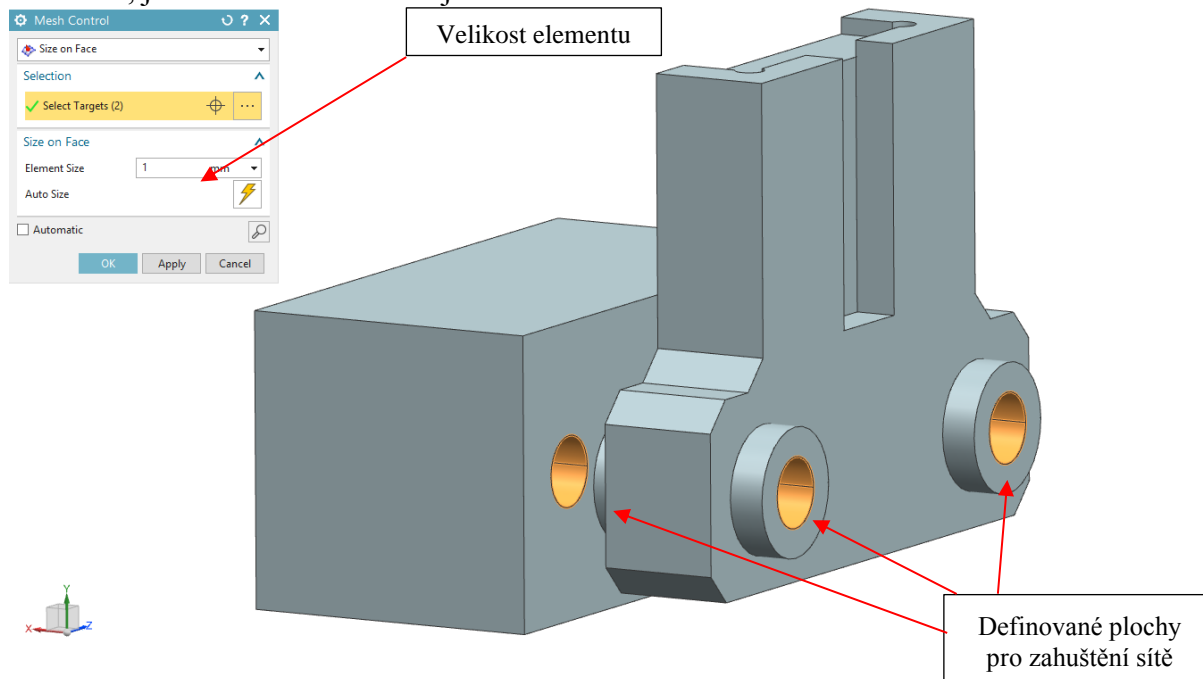
## Zatížení horizontálního vedení o průměru vodičích tyčí 12 mm

Pro ověření únosnosti horizontálních vodičích tyčí byla vytvořena zjednodušená simulace spočívající v upevňovacím bloku nahrazující posuvný podstavec. Dále byly zjednodušeny veškeré použité komponenty i jejich spojení, jak bude popsáno dále v této kapitole.

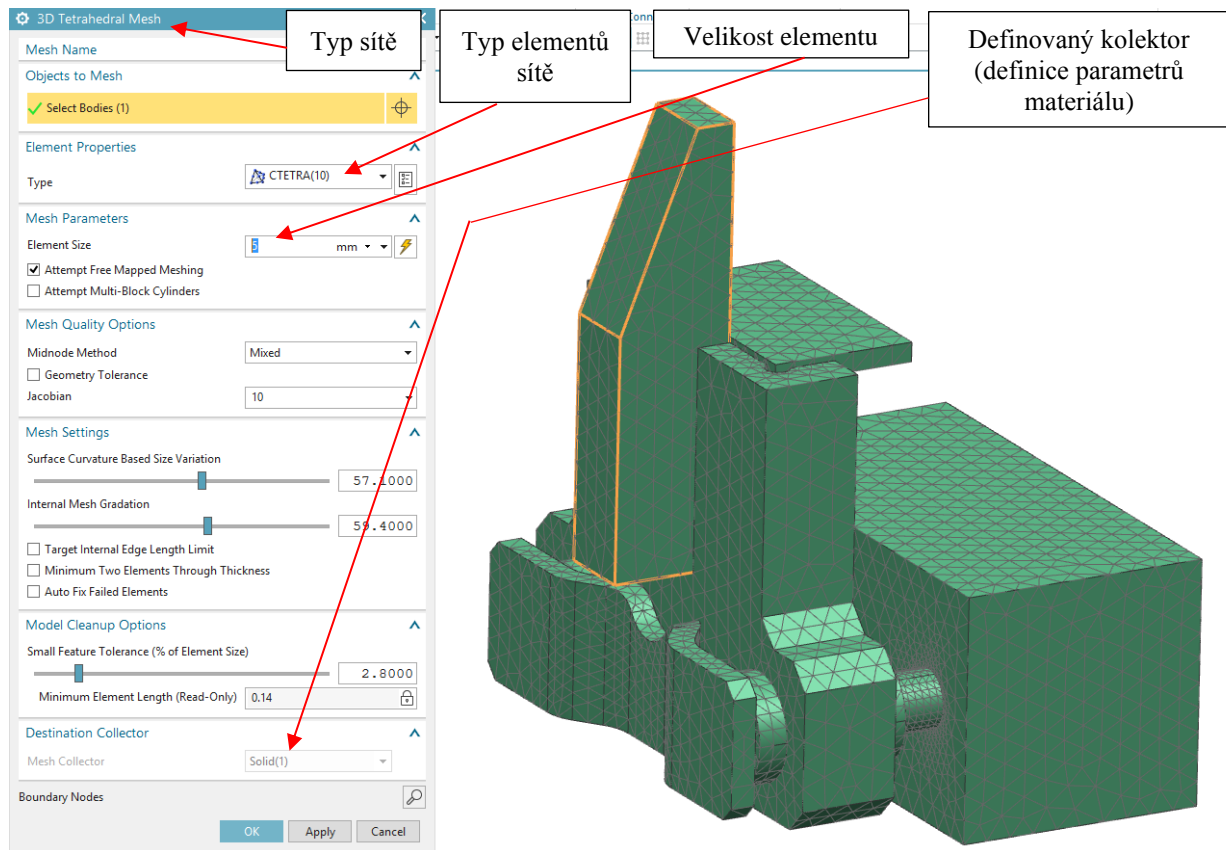


Obrázek 1 - zjednodušený 3D model pro analýzu statického zatížení horizontálního vedení o průměru vodičích tyčí 12 mm

Z hlediska zasicování modelu byla použita 3D tetraedrická síť s meziuzly (i dále v tomto celém dokumentu), u které bylo na několika místech nastaveno zmenšení zasicovacích elementů, jak lze vidět na následujících obrázcích.

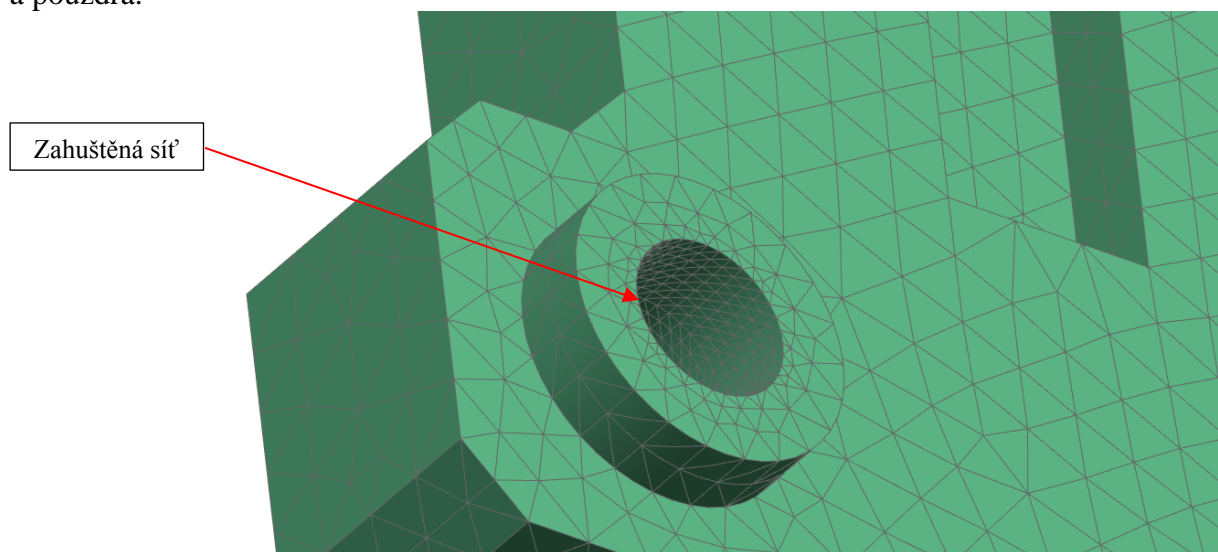


Obrázek 2 - Obrázek 1 - vybraná místa pro zahuštění sítě a jejich definice



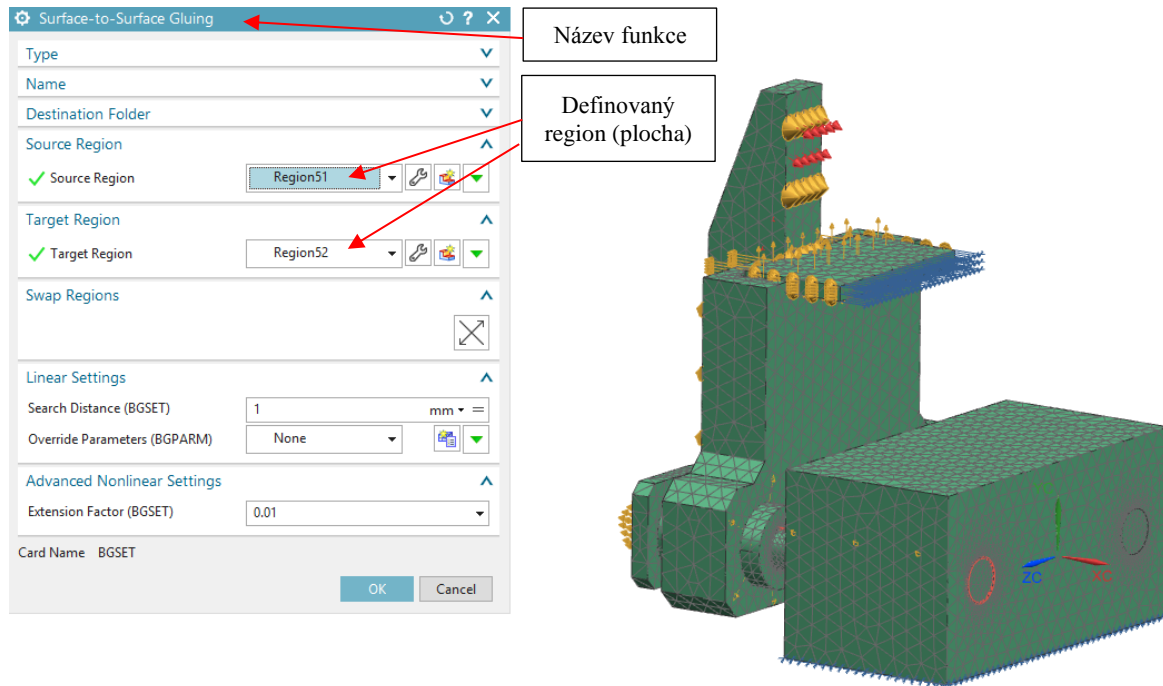
Obrázek 3 - definice sítě reprezentující model včetně jejího nastavení pro většinu komponent zjednodušeného modelu

Mezi základní zjednodušení modelu patří i náhrada kuličkových posuvných pouzder za pouzdra plná, která jsou pevně spojena s komponentou jezdce. Velikost elementů byla volena 5 mm pro větší plochy komponent a 1 mm pro více sledované plochy jako jsou například tyče a pouzdra.



Obrázek 4 - zobrazení zahuštěné (zjemněné) sítě uvnitř plochy reprezentující pouzdro

Většina komponent byla spojena pomocí funkce Surface-to-Surface Gluing – tedy funkcí, která zajistí pevné spojení komponent na jejich stykové ploše.



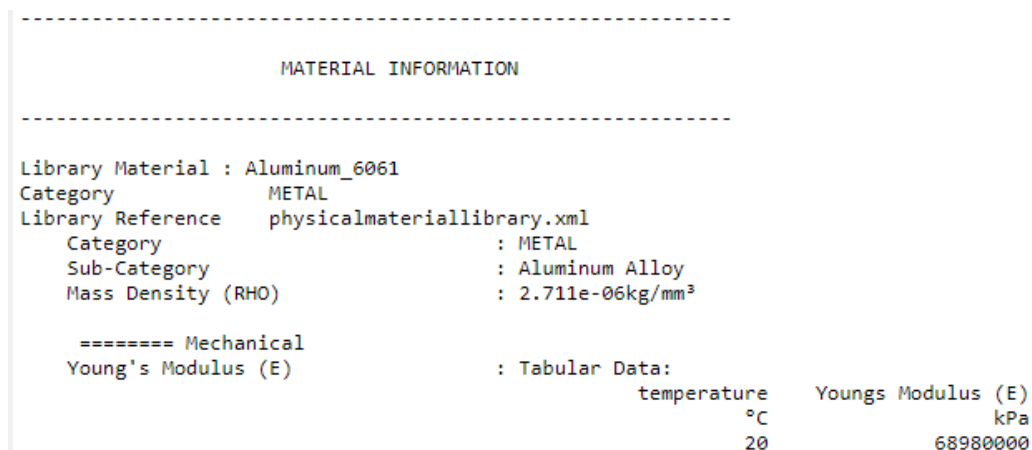
Obrázek 5 - definice jedné z vazeb pomocí funkce Surface-to-Surface Gluing mezi komponentou nakloněné desky a jezdcem

Při definování sítě bylo dále nutné nadefinovat materiály uvedených součástí. Z hlediska zadání analýzy pro většinu komponent (této analýzy i ostatních analýz tohoto dokumentu) nadefinován materiál ocele („Steel“) a pro náhradu podstavce byla volena hliníková slitina 6061 („Aluminium\_6061“). Základní parametry uvedených materiálů lze vidět na následujících obrázcích.

-----  
MATERIAL INFORMATION  
-----

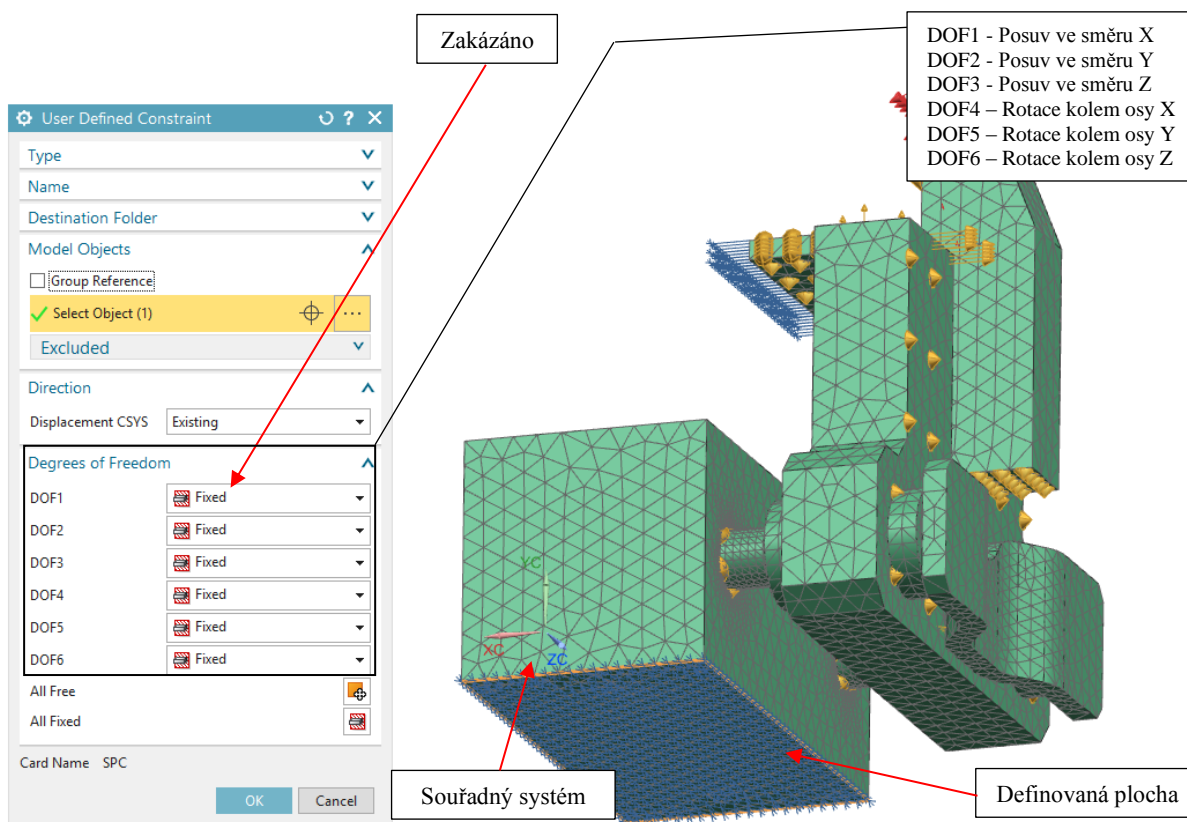
Library Material : Steel	
Category	METAL
Library Reference	physicalmateriallibrary.xml
Category	: METAL
Sub-Category	: Alloy Steel
Mass Density (RHO)	: 7.829e-06kg/mm <sup>3</sup>
===== Mechanical	
Young's Modulus (E)	: Tabular Data:
	temperature      Youngs Modulus (E)
	°C                      kPa
	20                      206940000
	21.11                      206940000
Poisson's Ratio (NU)	: Tabular Data:
	temperature      Poissons Ratio (NU)
	°C                      Unitless
	20                      0.288

Obrázek 6 - základní parametry definovaného materiálu ocele („Steel“)



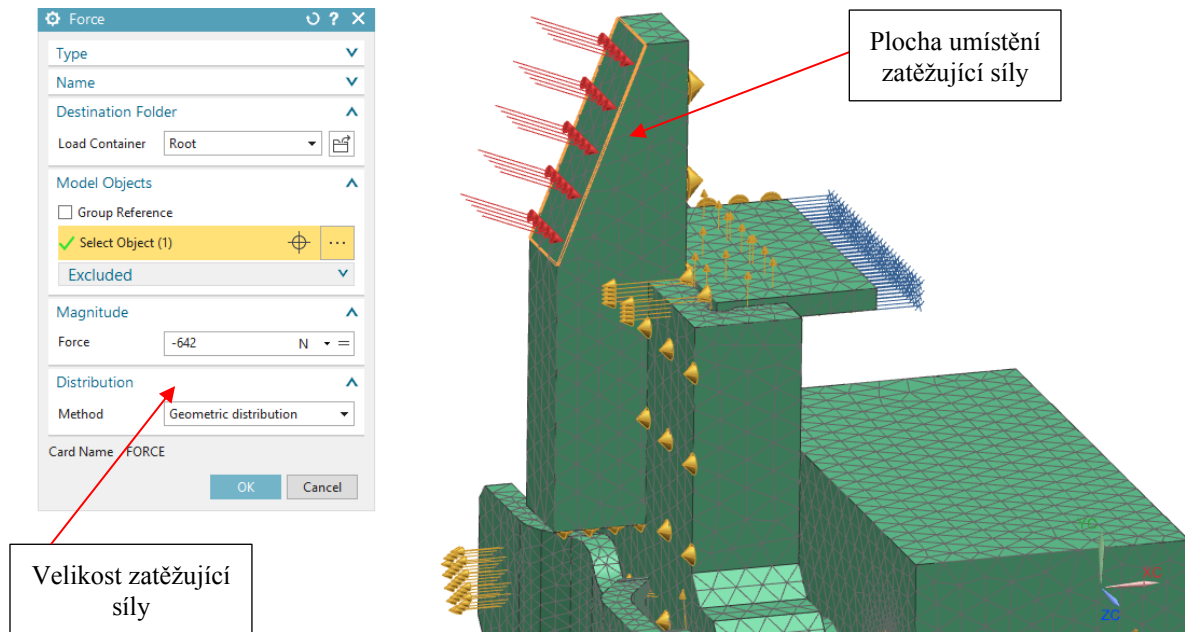
Obrázek 7 - základní parametry definovaného materiálu hliníkové slitiny 6061 („Aluminium\_6061“)

Okrajové podmínky byly nastaveny také zjednodušeně. V první řadě byly bloku reprezentující podstavec zakázány všechny stupně volnosti (byl tedy kompletně ukotven). Dále bylo dodefinováno zakázání posuvu nože ve směru k výrobku (v modelu ve směru X).



Obrázek 8 - příklad okrajových podmínek na bloku nahrazující podstavec

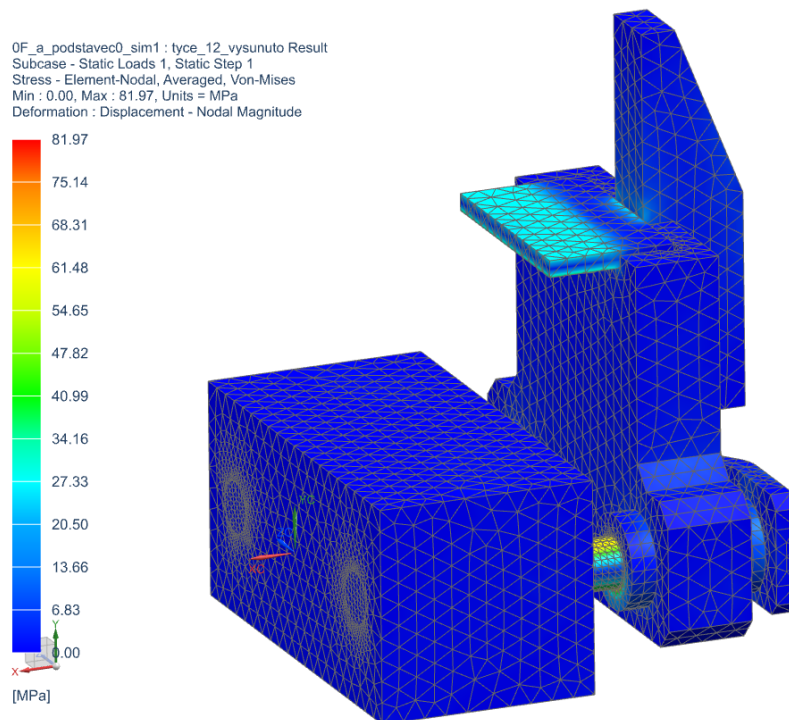
Z hlediska zatěžující síly byla použita síla plynoucí ze silového rozkladu (lze nalézt v příloze č.1 této kvalifikační práce) o velikosti 642 N v kolmém směru na nakloněnou rovinu desky opírající se o ložisko horní pojízdné části.



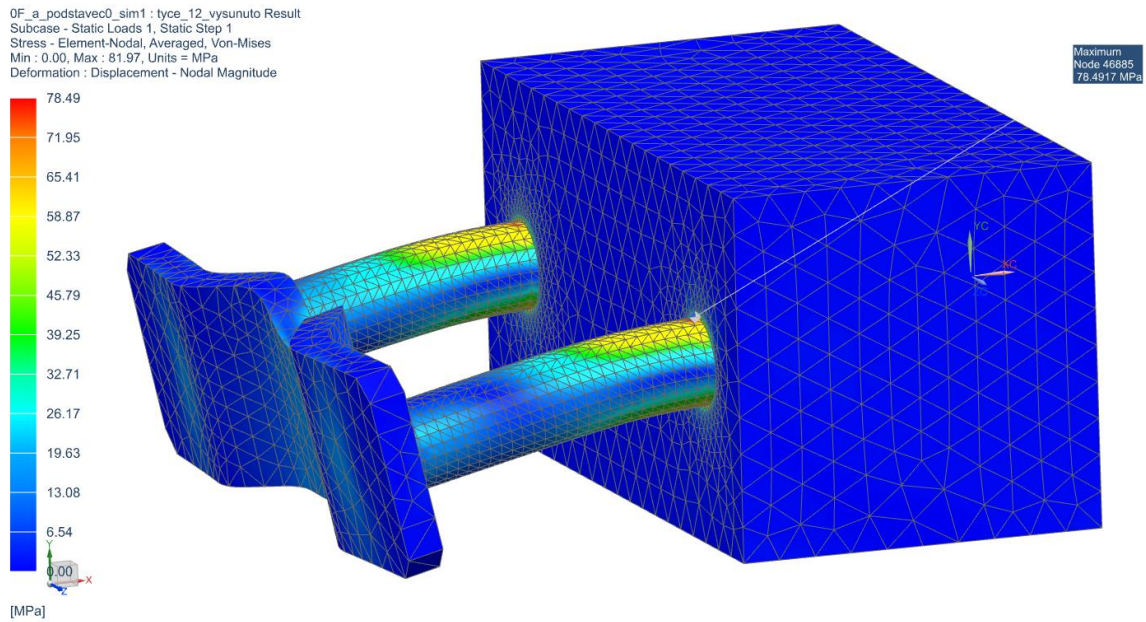
Obrázek 9 - definování zatěžující síly plynoucí ze silového rozkladu ručního lisu

Simulace zatížení byla vyhotovena pro dva stavy. Prvním z nich je krajní vysunutá poloha jezdců, kdy se jezdec opírá o tvarovou desku, která slouží jako jeho doraz. Druhým stavem je druhá krajní poloha, a to tedy v plně zasunutém stavu, kdy se teoreticky opírá jezdec dorazovým šroubem o výsuvný podstavec.

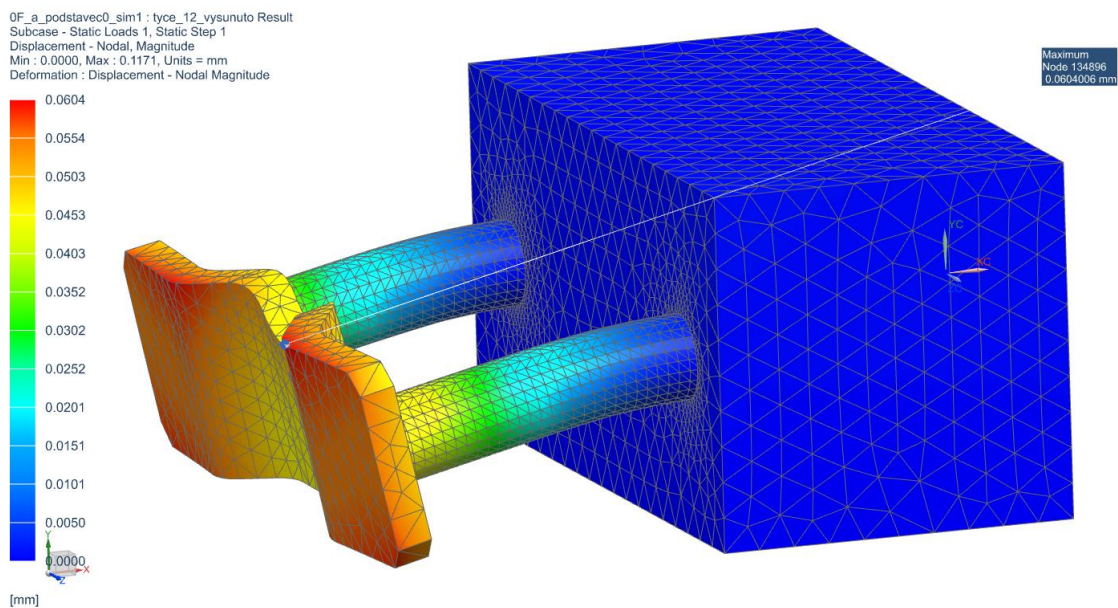
Výsledky simulace vedení o průměru 12 mm ve vysunutém stavu:



Obrázek 10 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

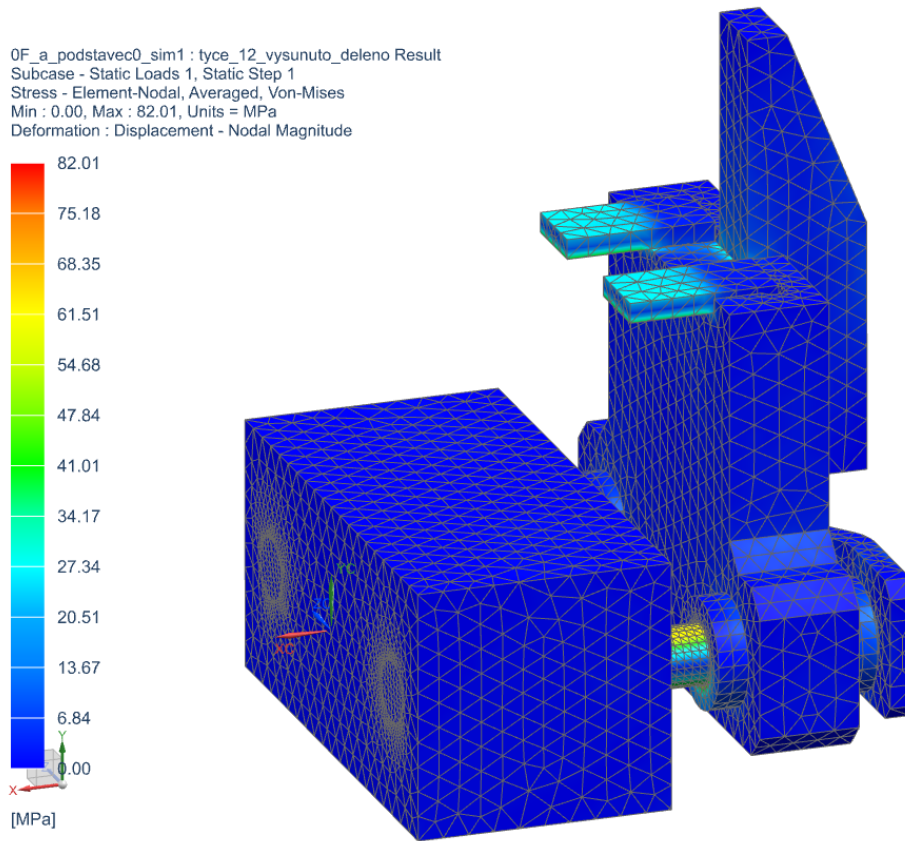


Obrázek 11 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

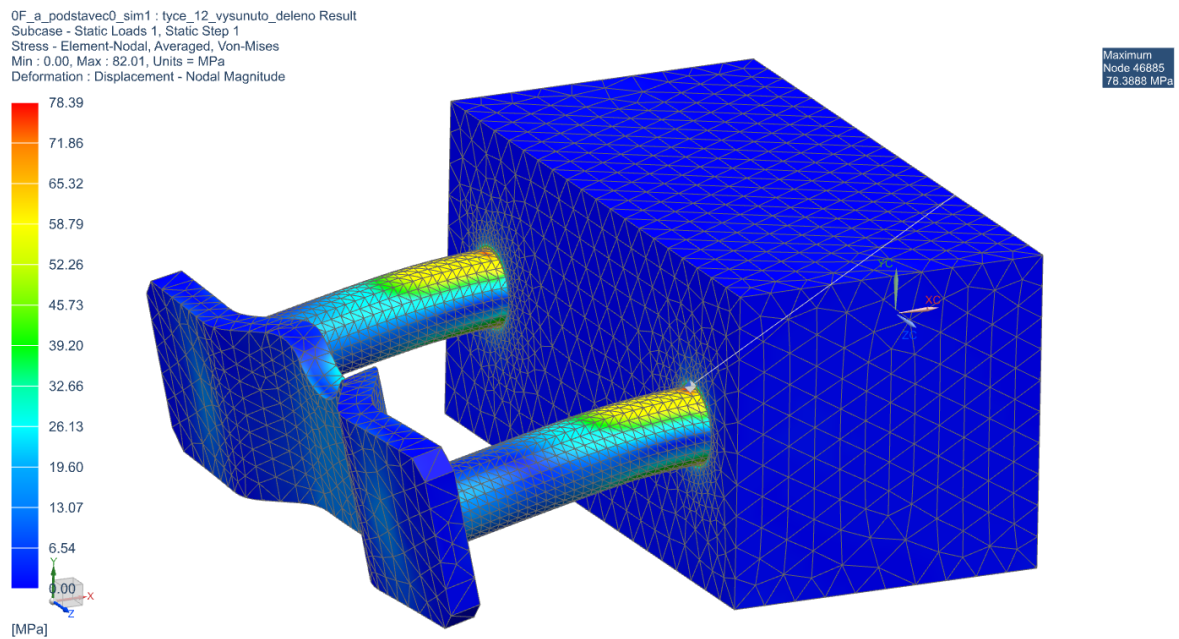


Obrázek 12 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty uvedeny v mm

Pro ověření situace u nožů, které jsou rozdělené, byla simulace vytvořena analogicky i pro rozdělené nože, které jsou pevně přichyceny pomocí gluing vazby analogicky jako ostatní komponenty (díky navržené příložce nožů s osazením a velmi malými vůlemi je zanedbáno vychýlení nožů z jejich výchozí polohy).

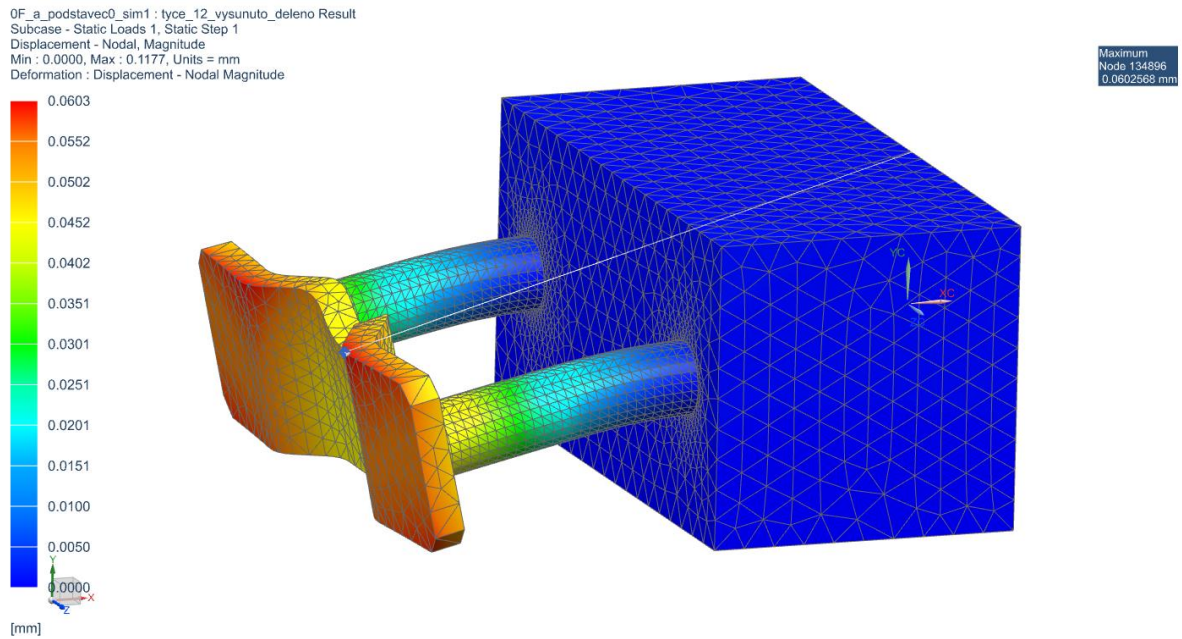


**Obrázek 13 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm v případě dělených nožů, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



**Obrázek 14 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm v případě dělených nožů, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**





**Obrázek 15 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 12 mm v případě dělených nožů, hodnoty uvedeny v mm**

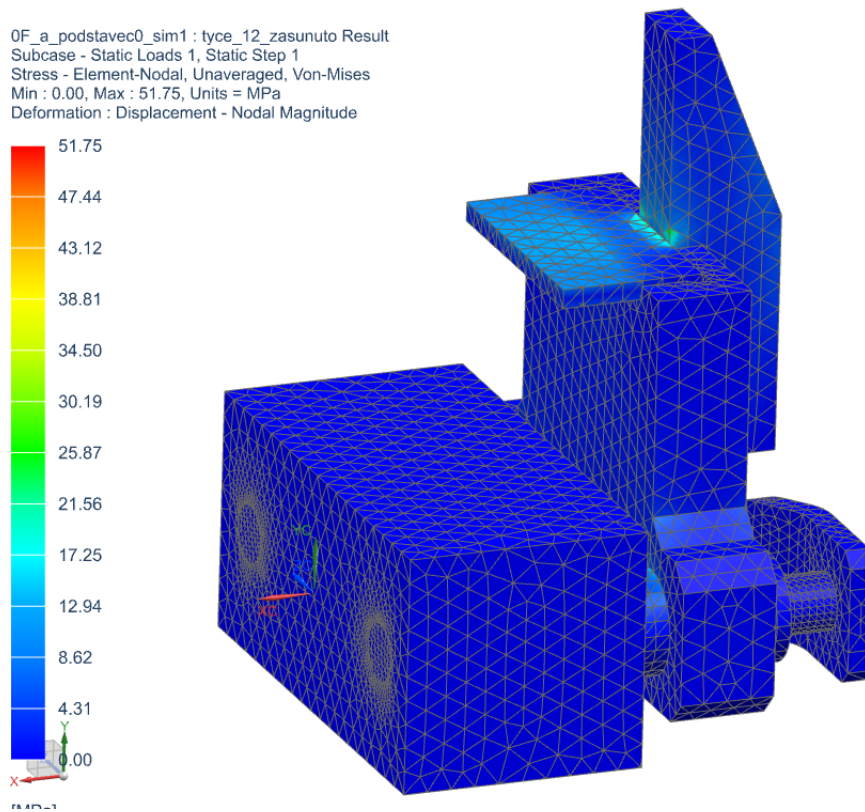
Srovnání obou případů (vedení o stejném průměru i stavu s rozdílnými noži – celistvý / dělené) uvádí následující tabulka:

**Tabulka 1 - srovnání výsledků analýzy statického zatížení pro zjednodušenou simulaci v případě celého nože a dvou nožů dělených**

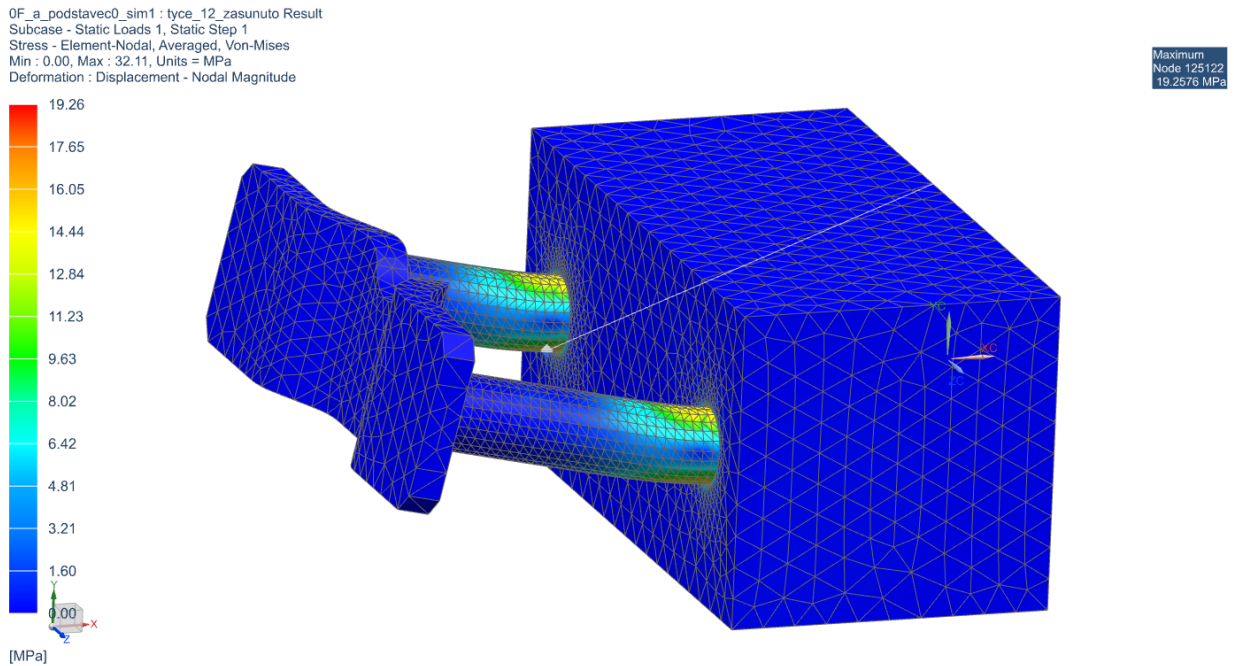
Parametr	Jeden nůž	Dělené nože	Jednotky
Maximální redukované napětí dle HMM	78,49	78,39	[MPa]
Celkové posunutí	0,0604	0,0603	[mm]

Vzhledem k nepatrnému rozdílu u zjištěných hodnot, je dále pro další analýzy volen pouze případ celistvého nože jako referenční případ.

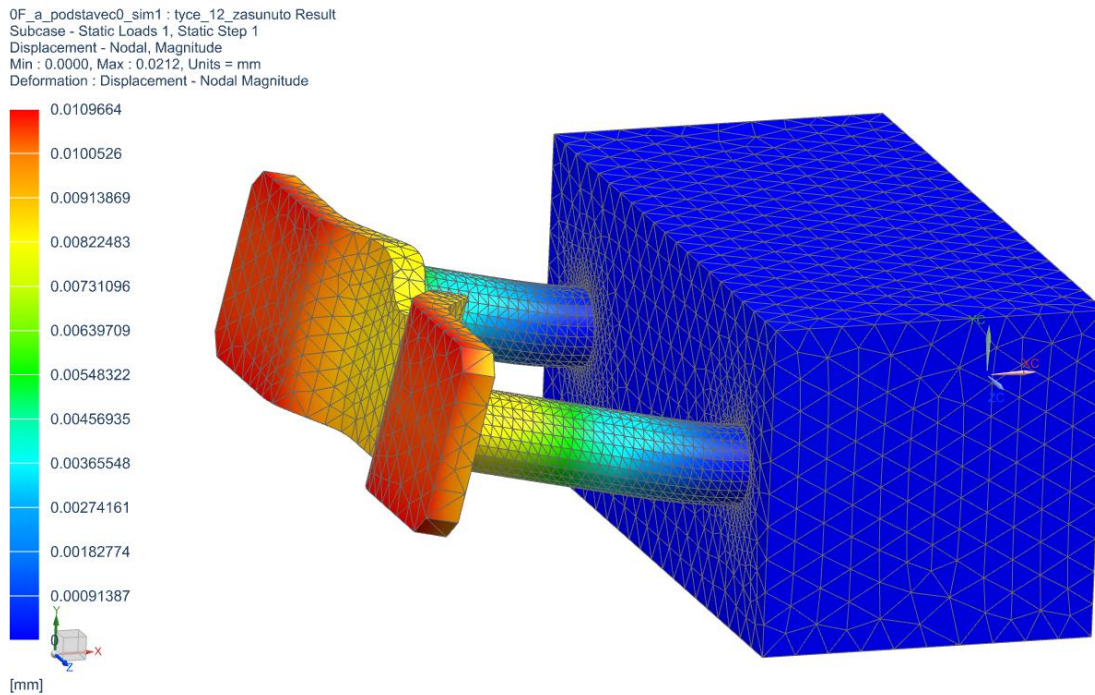
Výsledky simulace vedení o průměru 12 mm v zasunutém stavu:



**Obrázek 16 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 zasunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



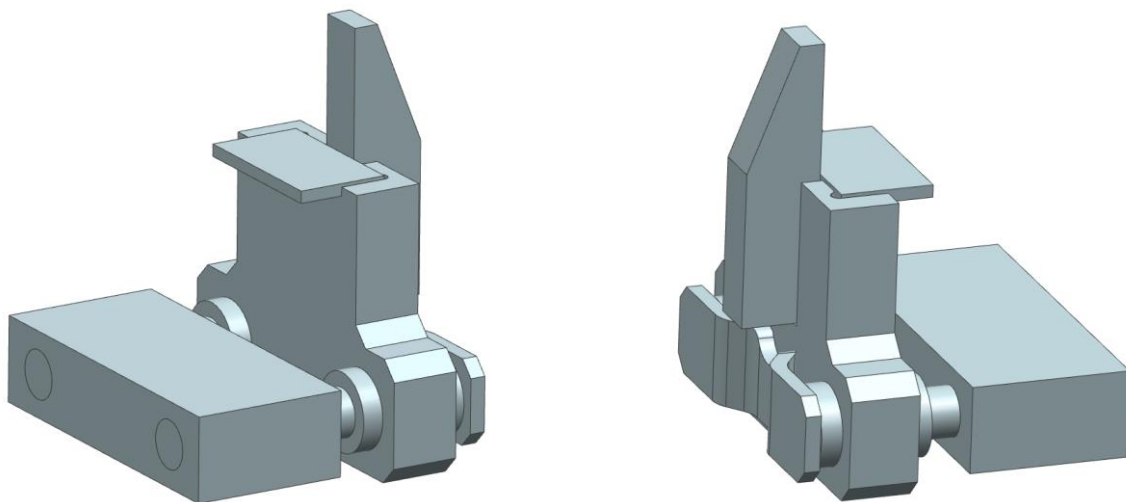
**Obrázek 17 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace zasunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



Obrázek 18 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace zasunutého stavu vedení o průměru 12 mm, hodnoty uvedeny v mm

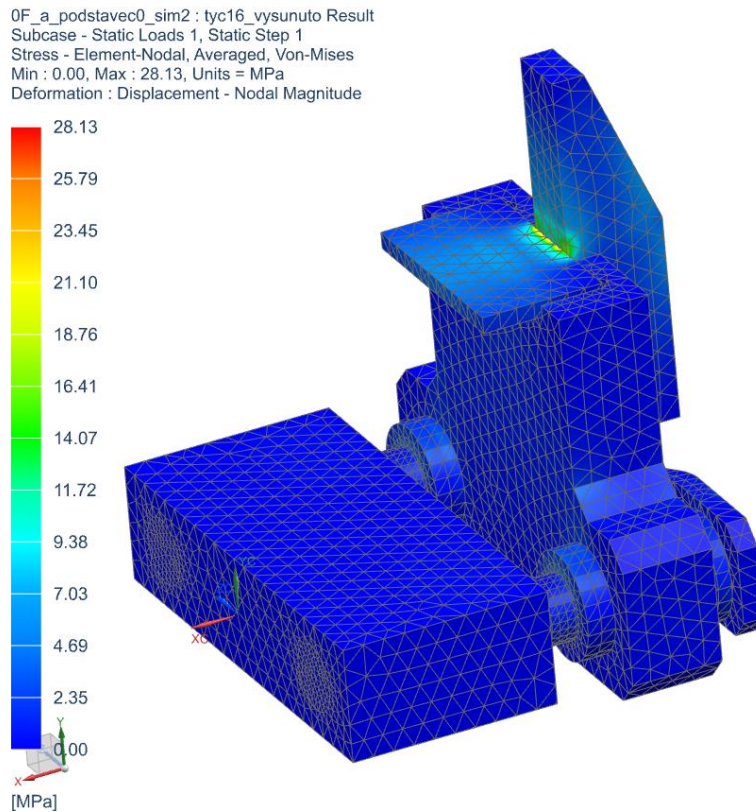
## Horizontální vedení o průměru vodících tyčí 16 mm

Analogická simulace stacionárního zatížení kolmou silou o velikosti 642 N na nakloněnou desku připojenou k jezdcí byla vytvořena pro vodící tyče o průměru 16 mm. Vzhledem k větším zástavbovým rozměrům pouzder pro tyto tyče byly i adekvátně zvětšeny rozměry jezdcce, délka vodících tyčí, stejně tak jako dorazová deska jezdcce. Mimo tyto parametry byla zvětšena i rozteč vodících tyčí ze 70 na 77 mm.

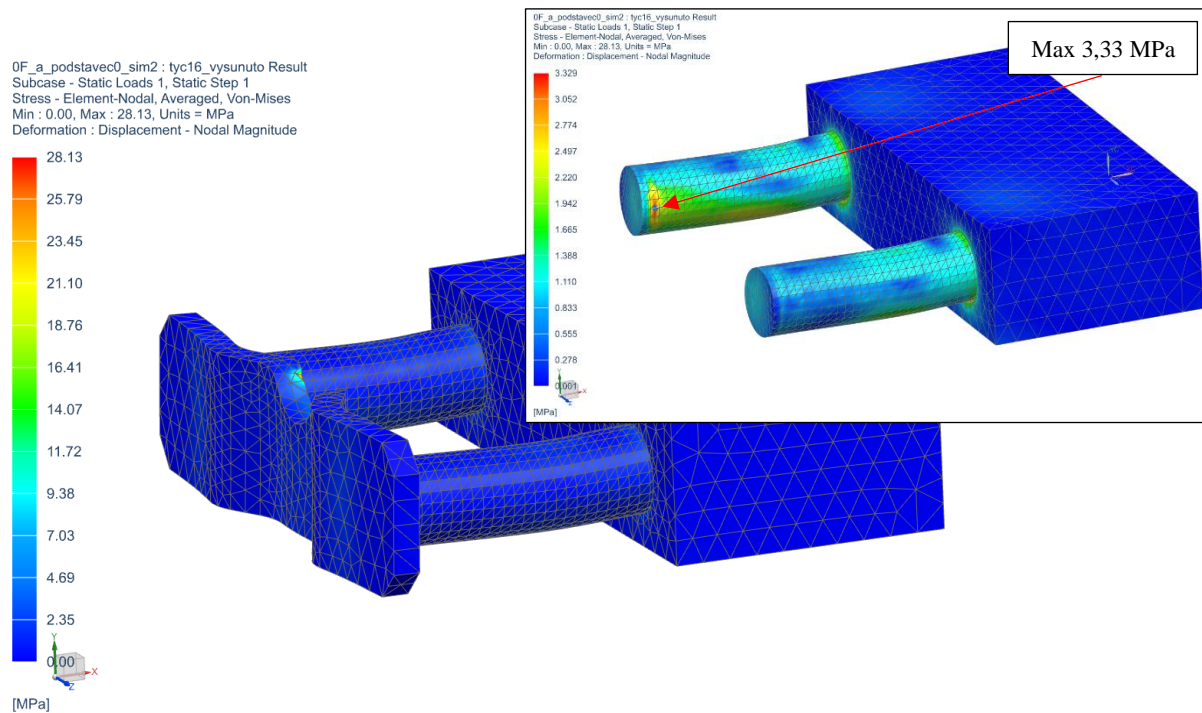


Obrázek 19 - zjednodušený 3D model pro analýzu statického zatížení horizontálního vedení o průměru vodících tyčí 16 mm

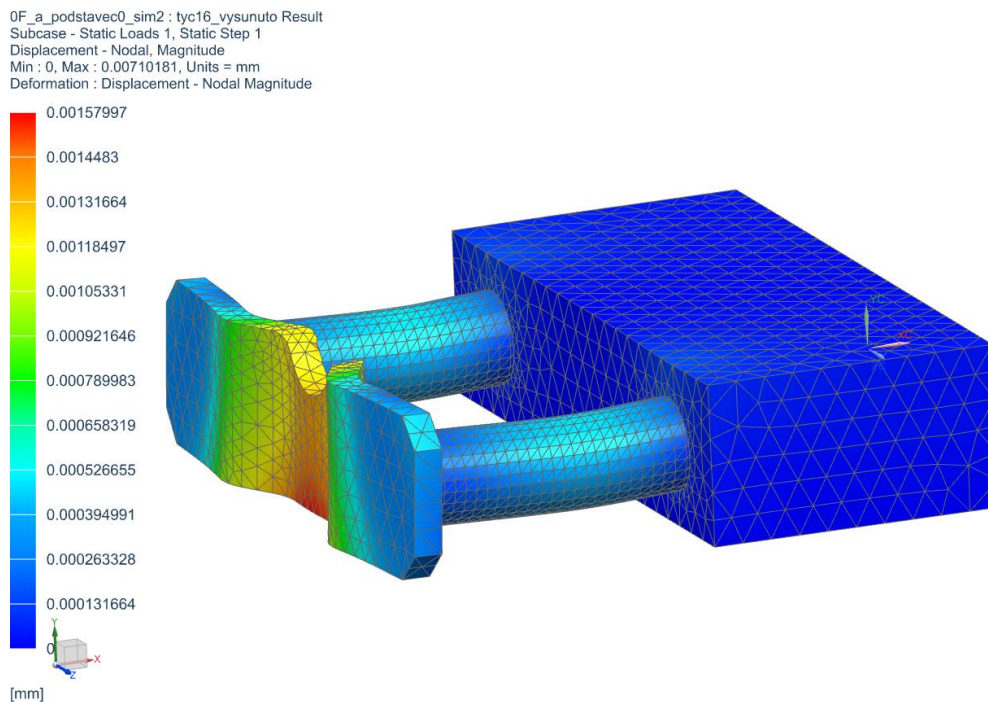
Výsledky simulace vedení o průměru 16 mm ve vysunutém stavu:



Obrázek 20 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 vysunutého stavu vedení o průměru 16 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

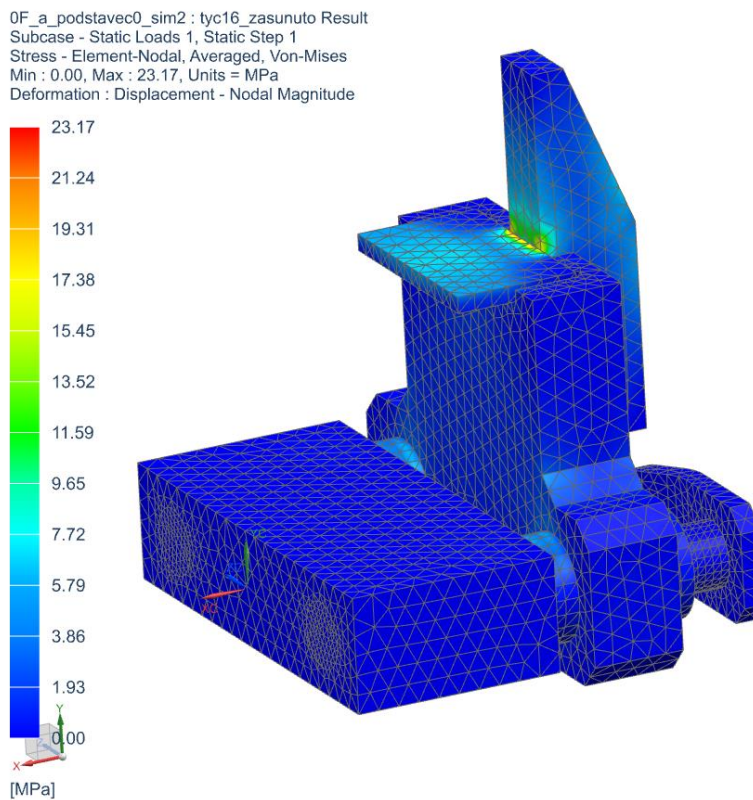


Obrázek 21 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 16 mm včetně uvedení maximálního napětí na samotných vodičích tyčí, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa



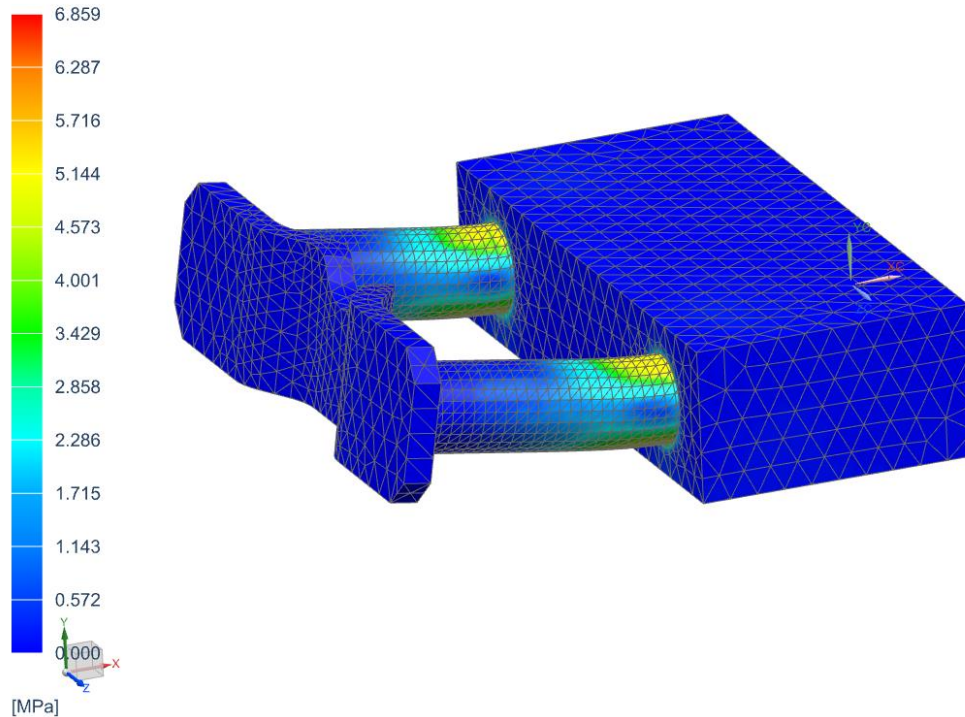
**Obrázek 22 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vysunutého stavu vedení o průměru 16 mm, hodnoty uvedeny v mm**

Výsledky simulace vedení o průměru 16 mm v zasunutém stavu:



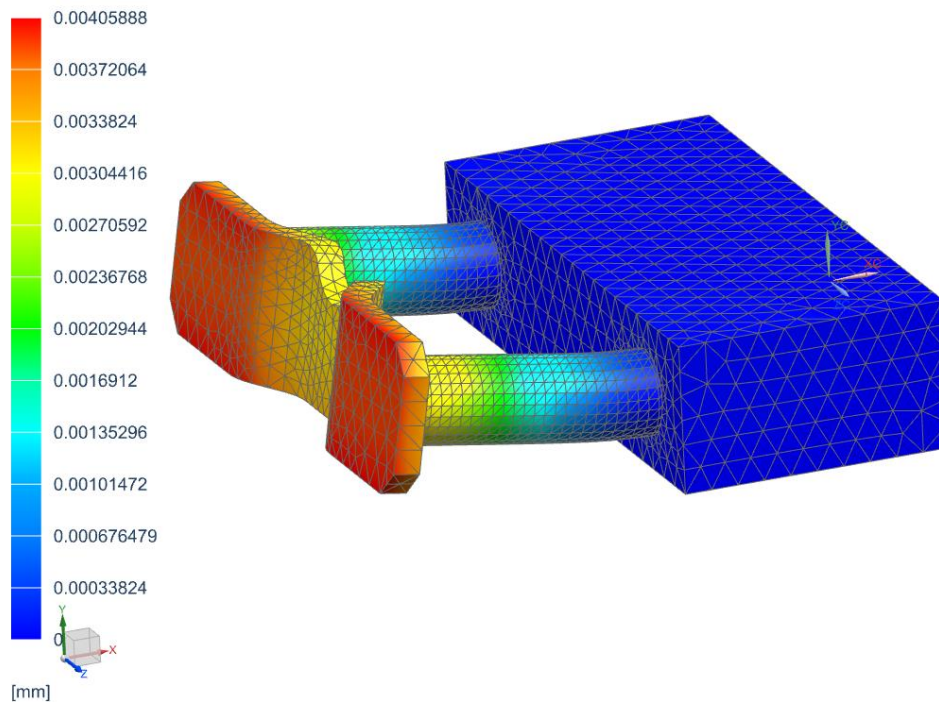
**Obrázek 23 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 zasunutého stavu vedení o průměru 16 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

0F\_a\_podstavec0\_sim2 : tyc16\_zasunuto Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 23.17, Units = MPa  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



**Obrázek 24 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace zasunutého stavu vedení o průměru 16 mm, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

0F\_a\_podstavec0\_sim2 : tyc16\_zasunuto Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0, Max : 0.010536, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



**Obrázek 25 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace zasunutého stavu vedení o průměru 16 mm, hodnoty uvedeny v mm**

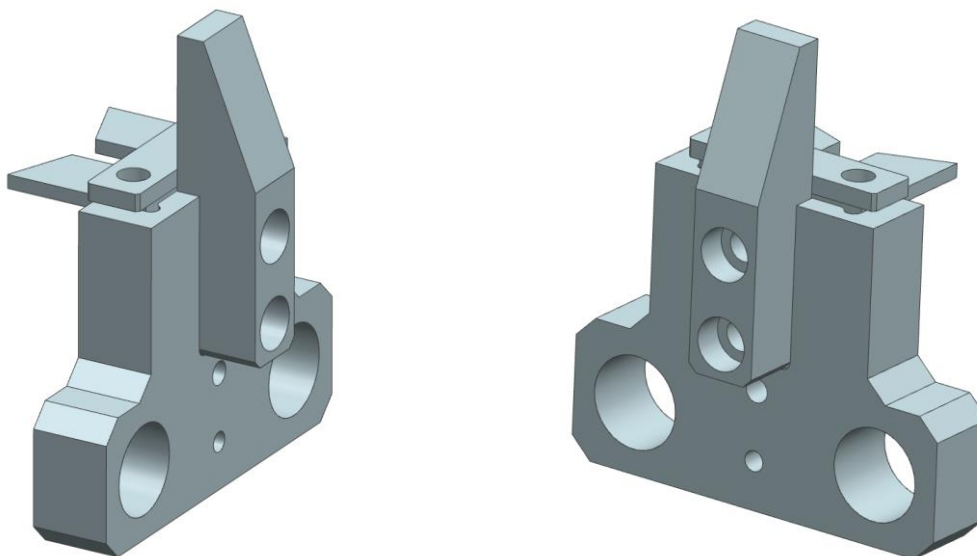
Pro případ vedení o průměru 16 mm ve vysunutém stavu došlo k opření jezdcé o dorazovou desku – tedy komponentu do které jsou zasazeny i vodící tyče, tím došlo k razantnímu nárůstu napětí na jeho hraně, kde se jezdec opírá o doraz. Nicméně tyto simulace jsou provedeny kvůli zkoumání napětí se zaměřením na horizontální vodící tyče a je tedy pro tento případ relevantní maximální redukované napětí nalezené právě na tyčích, které je znatelně menší, než napětí na dorazové desce. Z tohoto důvodu je u obrázku č. 23 uveden výsledek i pro samotné tyče bez dorazů.

**Tabulka 2 - srovnání výsledných hodnot pro horizontální vedení o průměru 12 mm a 16 mm v jednotlivých stavech**

Horizontální vedení		Parametr	Označení	Hodnota	Jednotky
Průměr	Stav				
12	Vysunutý (krajní poloha)	Maximální redukované napětí dle HMM	$\sigma_{Red(Max)HMM}^{12}$	78,49	[MPa]
		Celkové posunutí	$pos_{celk}^{12}$	0,0604	[mm]
		Posunutí ve svislém směru (Y)	$pos_{svisle}^{12}$	-0,0553	
	Zasunutý (krajní poloha)	Maximální redukované napětí dle HMM	$\sigma_{Red(Max)HMM}^{12}$	19,26	[MPa]
		Celkové posunutí	$pos_{celk}^{12}$	0,011	[mm]
		Posunutí ve svislém směru (Y)	$pos_{svisle}^{12}$	0,0104	
16	Vysunutý (krajní poloha)	Maximální redukované napětí dle HMM	$\sigma_{Red(Max)HMM}^{16}$	3,33	[MPa]
		Celkové posunutí	$pos_{celk}^{16}$	0,0016	[mm]
		Posunutí ve svislém směru (Y)	$pos_{svisle}^{16}$	-0,0004	
	Zasunutý (krajní poloha)	Maximální redukované napětí dle HMM	$\sigma_{Red(Max)HMM}^{16}$	6,86	[MPa]
		Celkové posunutí	$pos_{celk}^{16}$	0,0041	[mm]
		Posunutí ve svislém směru (Y)	$pos_{svisle}^{16}$	0,0038	

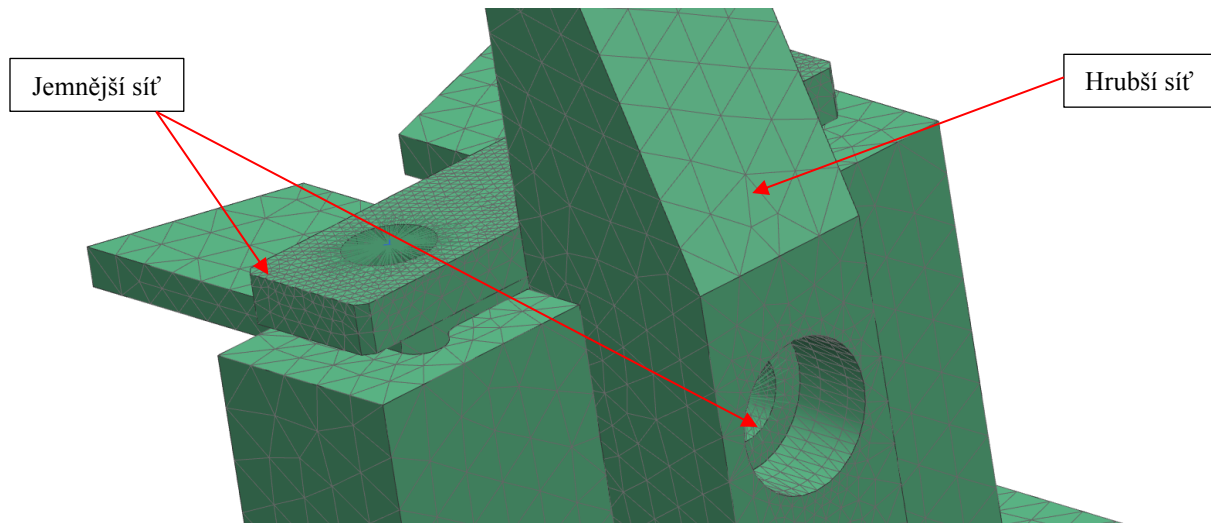
## Jezdec a nakloněná deska s předpnutými šrouby

Simulace jezdcé s nakloněnou deskou byla vytvořena pro ověření navržených komponent při působení volených předepínacích sil šroubů, jejich odlehnutí a případného nárůstu lokálního redukovaného napětí mezi komponentami.



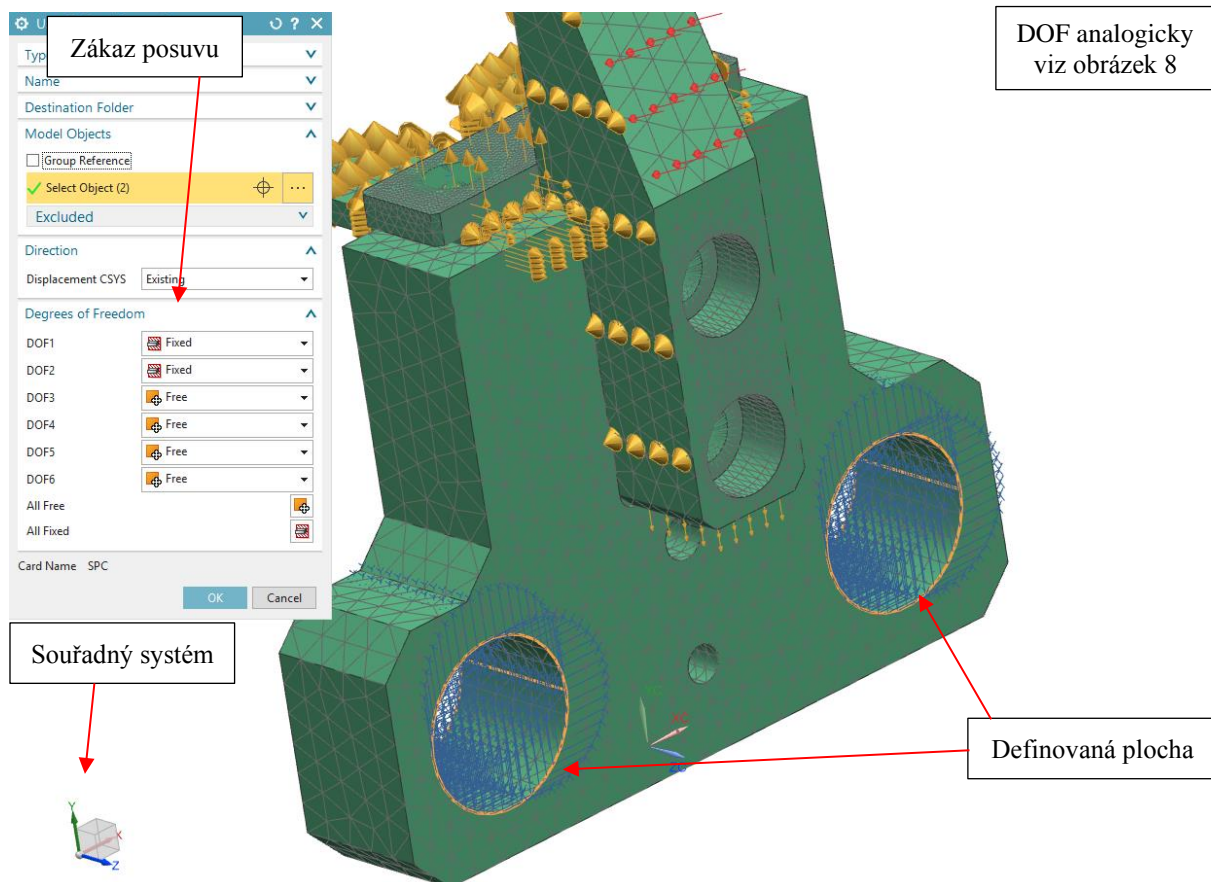
**Obrázek 26 - zjednodušený model pro definování simulace jezdcé a nakloněné desky**

Pro tvorbu sítě reprezentující zjednodušené modely bylo použito opět více velikostí elementů, a to o větší velikosti pro větší komponenty kde není očekáváno větší napětí s podrobnějším zkoumáním jeho průběhu a elementy o menší velikosti jsou použité u více zatížených míst.



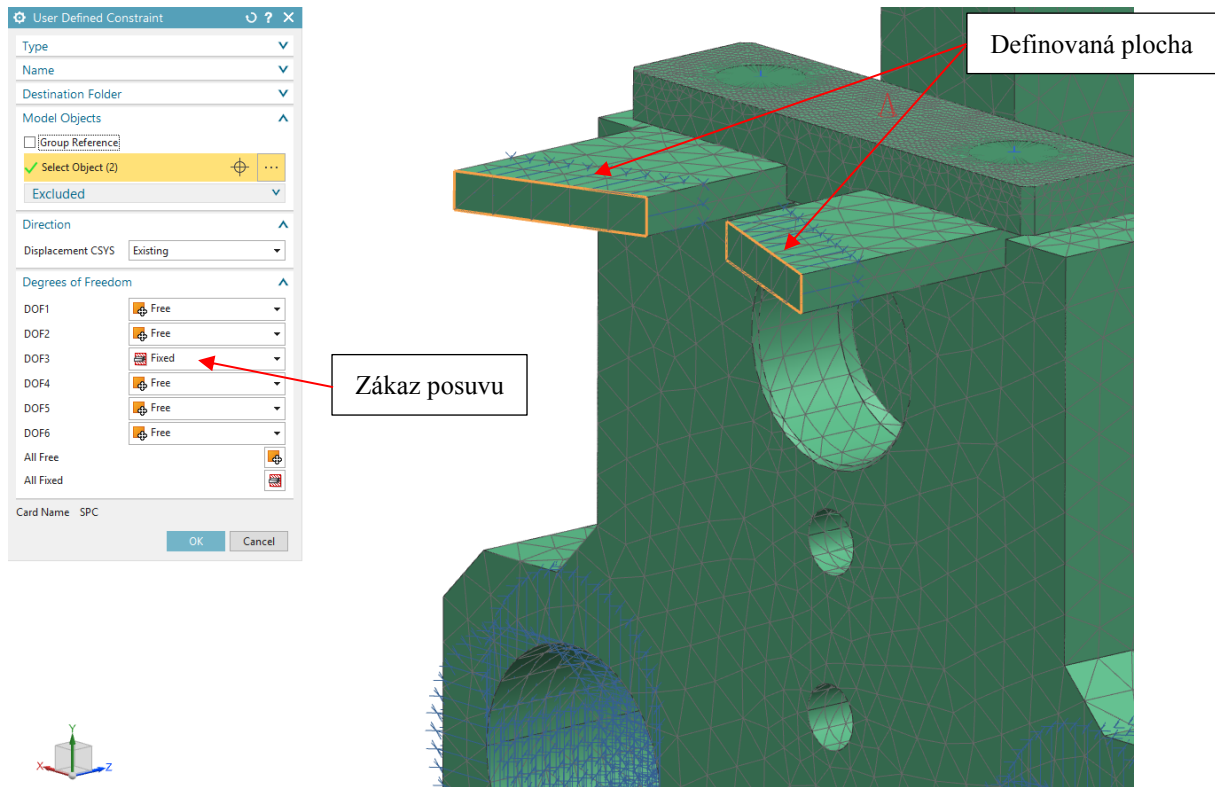
Obrázek 27 - příklad jemnosti sítě reprezentující zjednodušený model

Z hlediska okrajových podmínek byl zakázán posuvům plochám, ve kterých jsou pouzdra horizontálních vodicích tyčí. Jedná se tedy o zakázání posuvu do boků (směr X) a nahoru či dolů (směr Y). Posuv v ose vodicích tyčí (směr Z) byl zakázán na opěrných plochách nožů.



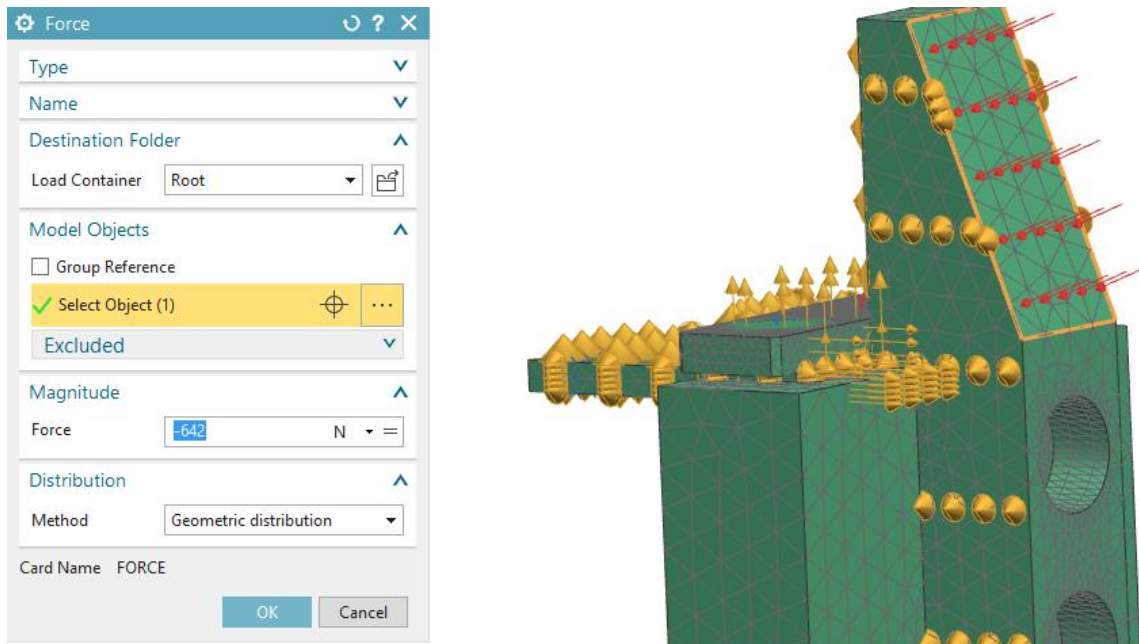
Obrázek 28 - okrajové podmínky vedení simulace jezdce a jezdce a nakloněné desky





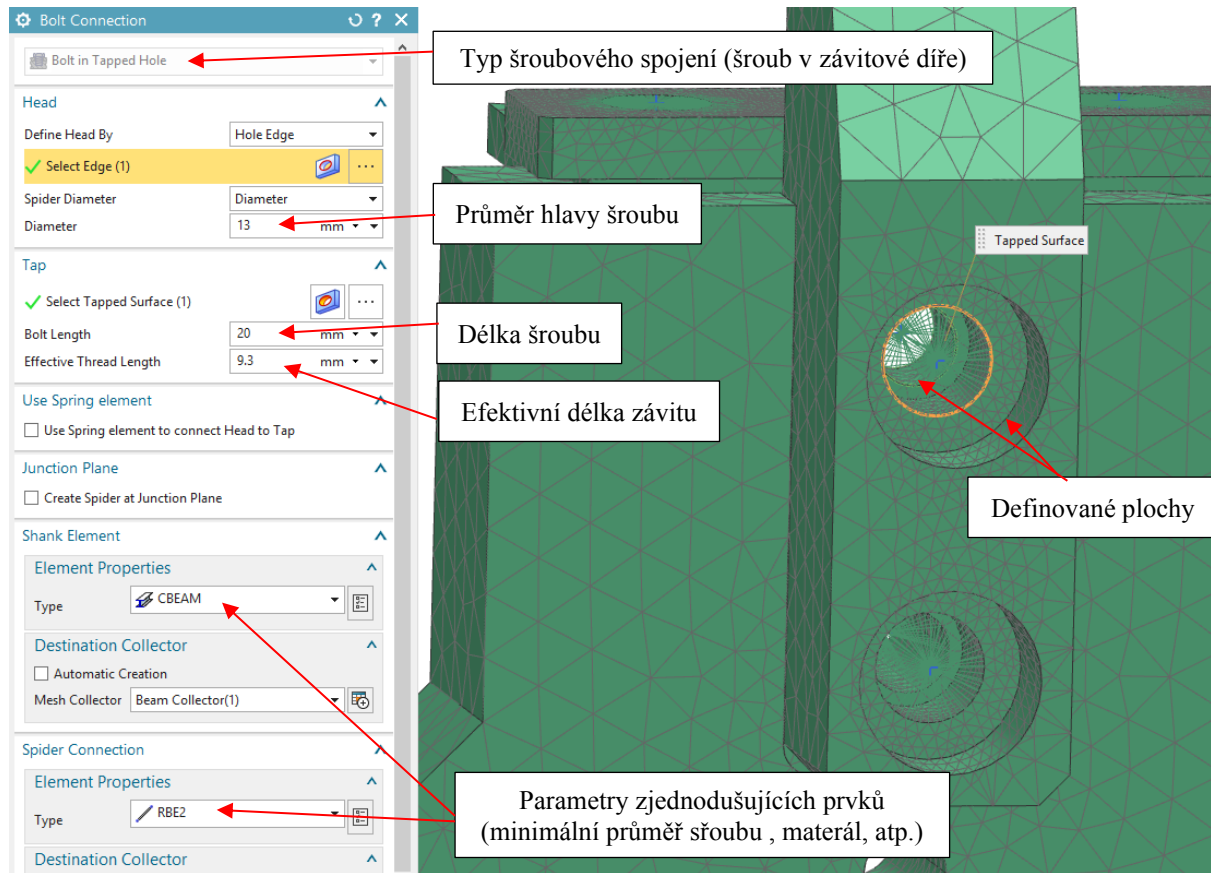
Obrázek 29 - okrajové podmínky nožů simulace jezdce a jezdce a nakloněné desky

Z hlediska zatížení byla nastavena opět síla kolmá na nakloněnou rovinu o velikosti 642 N, jak plyne ze silového rozkladu ručního lisu na zařízení.



Obrázek 30 - definování zatěžující síly od ručního lisu jezdce a nakloněné desky

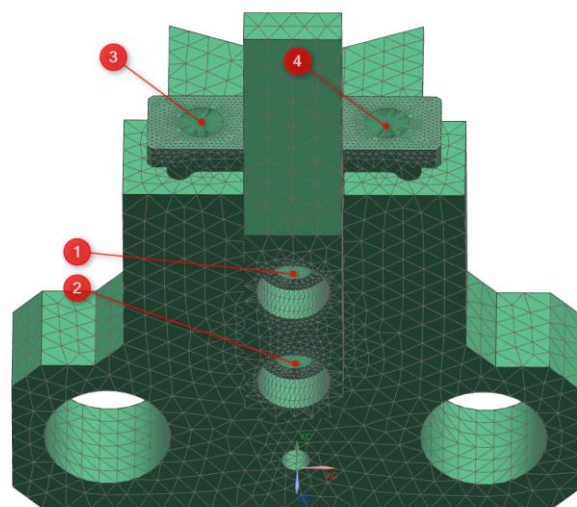
Dále byly 3D modely šroubů nahrazeny funkcí Bolt Connection, která nahrazuje samotný šroub zjednodušenými 1D prvky s definovanými parametry. Příklad definice jednoho ze šroubů uvádí následující obrázek.



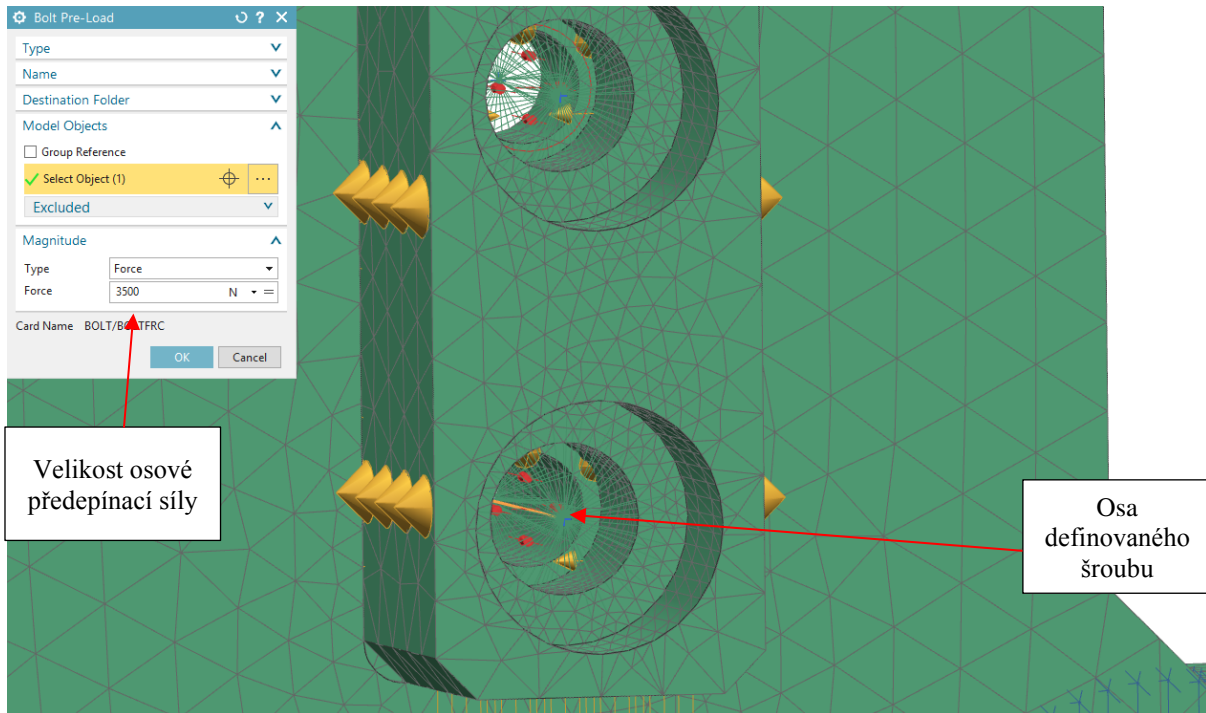
Obrázek 31 - definování náhrady šroubu pomocí funkce Bolt Connection

Předepínací síly byly voleny následujících velikostí:

- Šroub 1 - 2500 N (DIN 912 M8x18,5 - 12.9)
- Šroub 2 - 3500 N (DIN 912 M8x30 - 12.9)
- Šroub 3 - 3500 N (DIN 912 M8x40 - 12.9)
- Šroub 4 - 3500 N (DIN 912 M8x40 - 12.9)



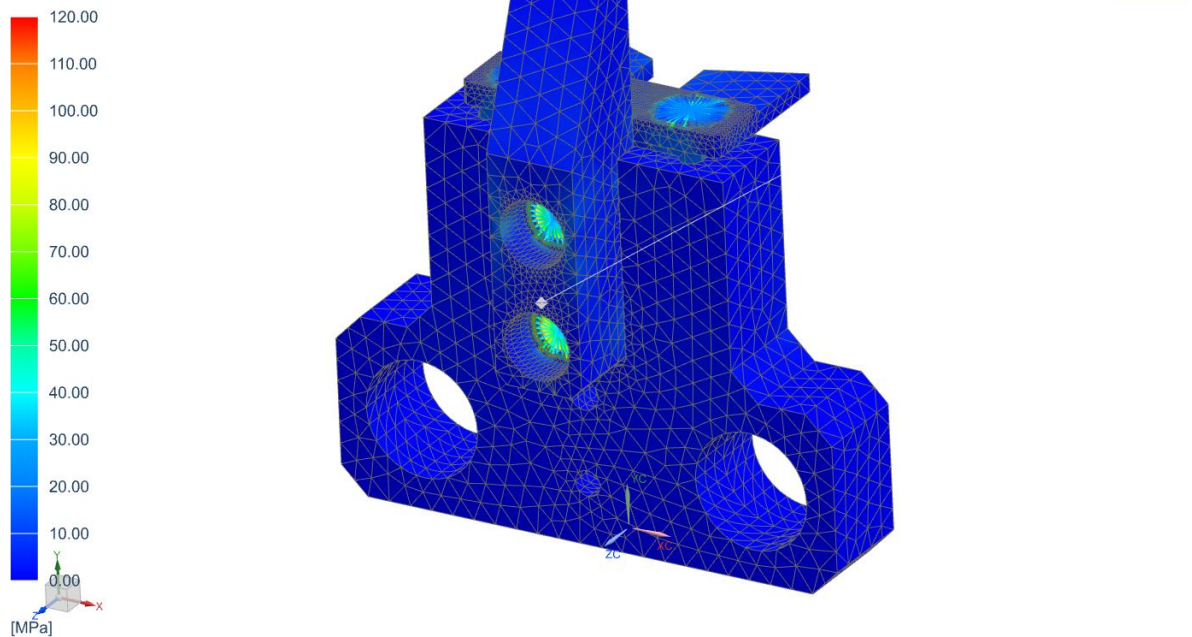
Obrázek 32 - definování předepínacích (osových) sil pro jednotlivé použité šroubové spojení



Obrázek 33 - definování předepínací síly zvoleného šroubu

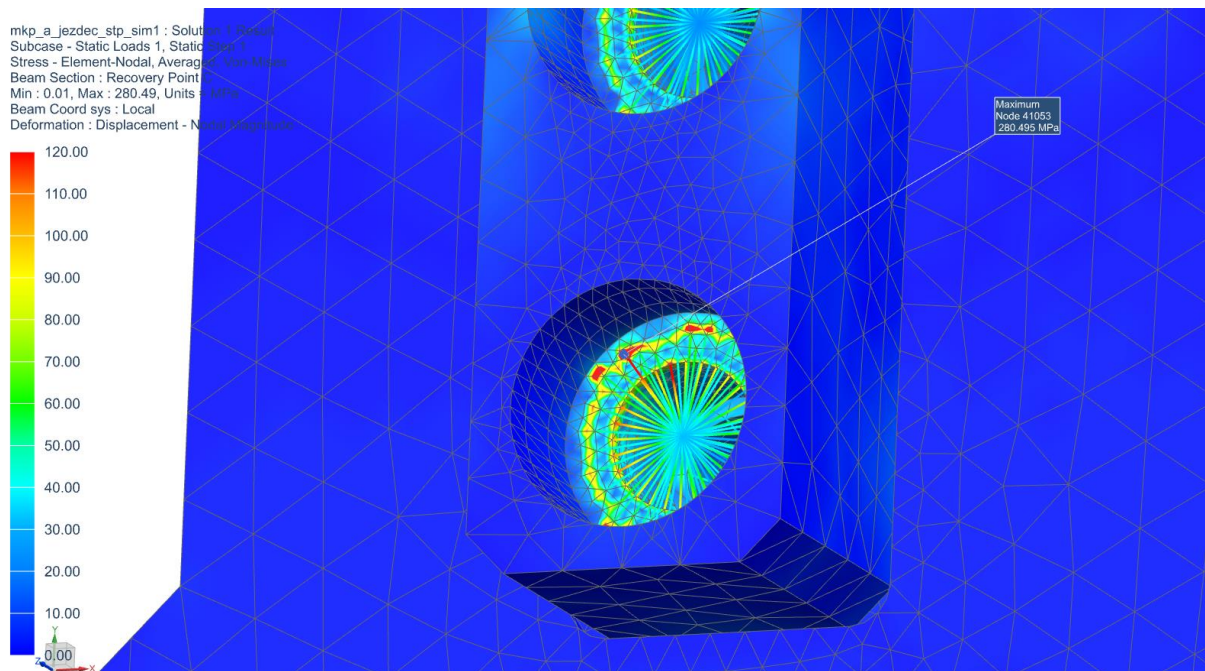
Výsledky simulace jezdce a nakloněné desky s předepnutými šrouby:

mkp\_a\_jezdec\_stp\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
Beam Section : Recovery Point C  
Min : 0.01, Max : 280.49, Units = MPa  
Beam Coord sys : Local  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



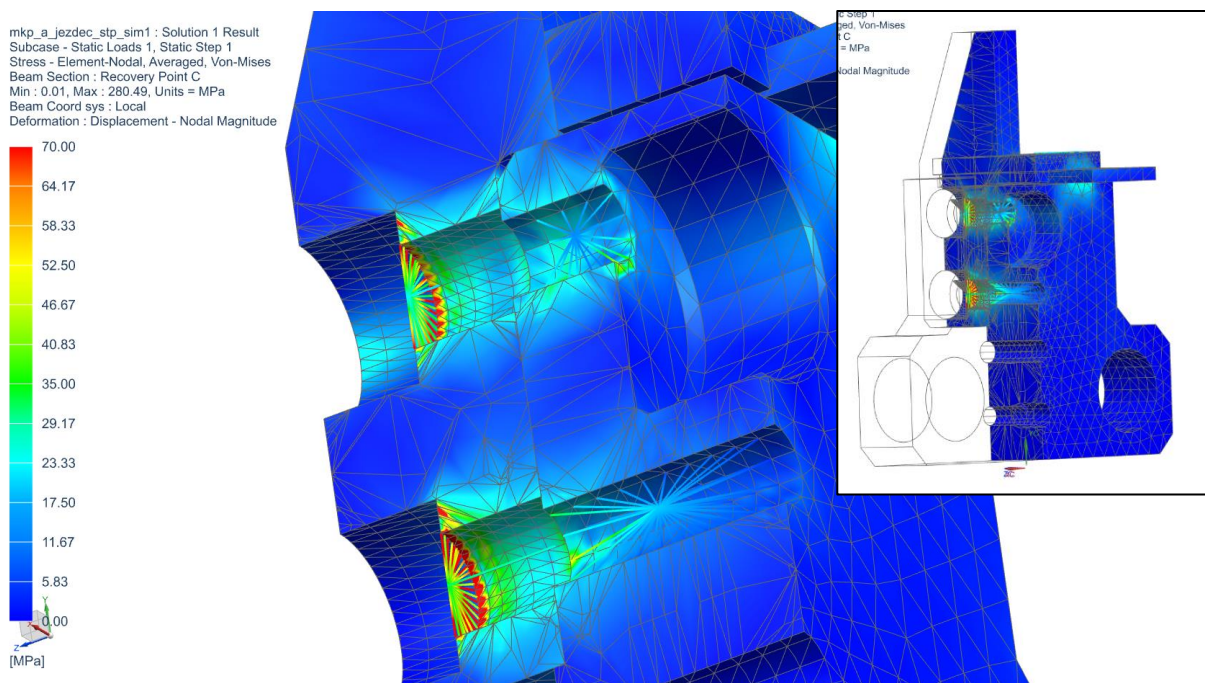
Obrázek 34 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 jezdce a nakloněné desky, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Největší redukované napětí se nachází na několika elementech opěrné plochy hlavy jednoho ze šroubů. V reálném případě se napětí rozloží do větší plochy hlavy šroubu po nepatrné deformaci i samotného šroubu, tudíž lze tyto špičky (bodová maxima) napětí vzhledem k neuvažované deformaci a trvalému utažení (předepnutí šroubů) zanedbat.



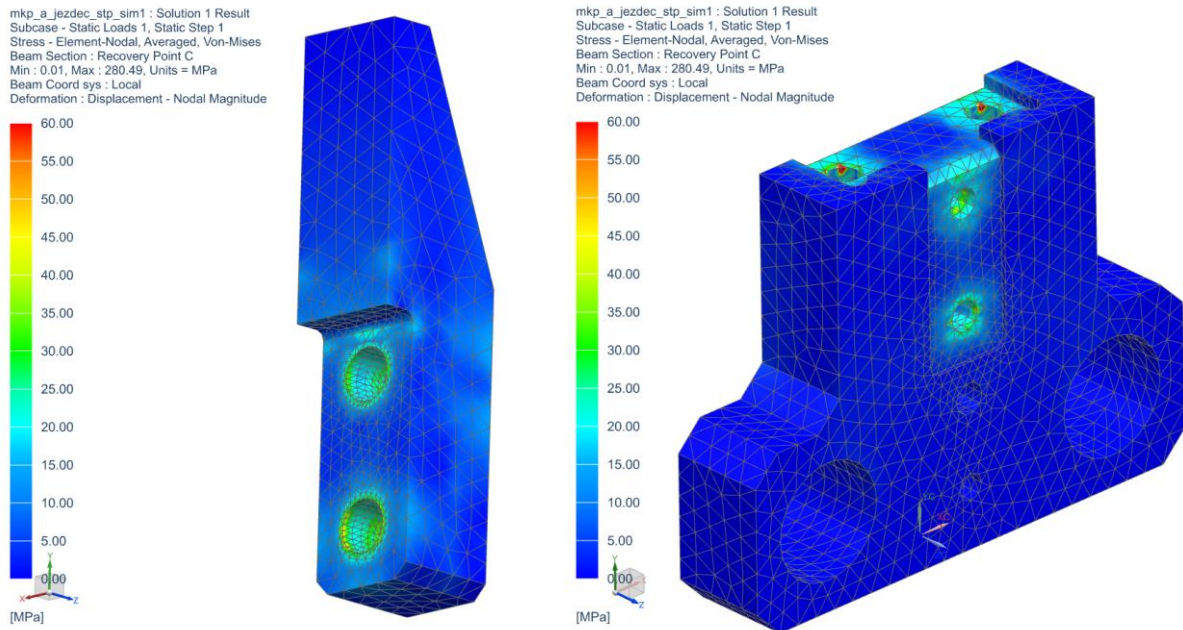
Obrázek 35 - zobrazení detailu zvýšení napětí jezdce a nakloněné desky v místě hlavy předepnutého šroubu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Z hlediska simulace zatížení této komponenty bylo zásadní, zdali nedojde k nechtěnému dotyku či odlehnutí mezi nakloněnou deskou a jezdce což by mohlo při opření o některou z hran komponent vyvolat zvýšené lokální napětí. K takové skutečnosti ale nedošlo.

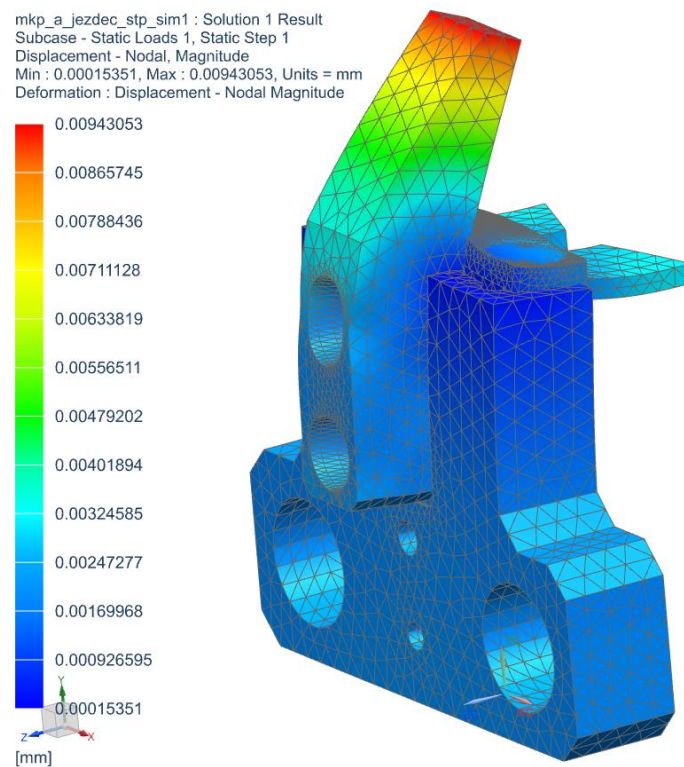


Obrázek 36 - řez sestavou jezdce a nakloněné desky pro zobrazení dosedových ploch pro ověření nárůstu lokálních napětí včetně zobrazení roviny řezu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa

Ani na samotných komponentách při jejich jednotlivém analyzování nebyla nalezena jiná, velmi vysoká redukovaná napětí. Jediná místa, kde bylo lokálně napětí zvýšeno je u závitových děr, které byly ale pevnostně ověřeny v příloze č. 1.



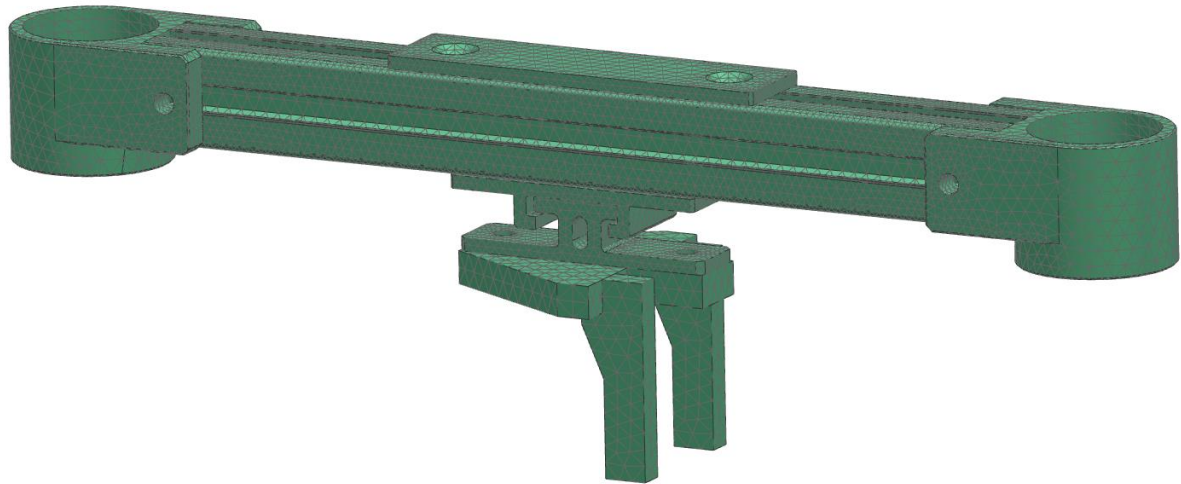
**Obrázek 37 - zobrazení redukovaného napětí komponenty nakloněné desky (vlevo) a jezdcé (vpravo), hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



**Obrázek 38 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace jezdcé a nakloněné desky, hodnoty uvedeny v mm**

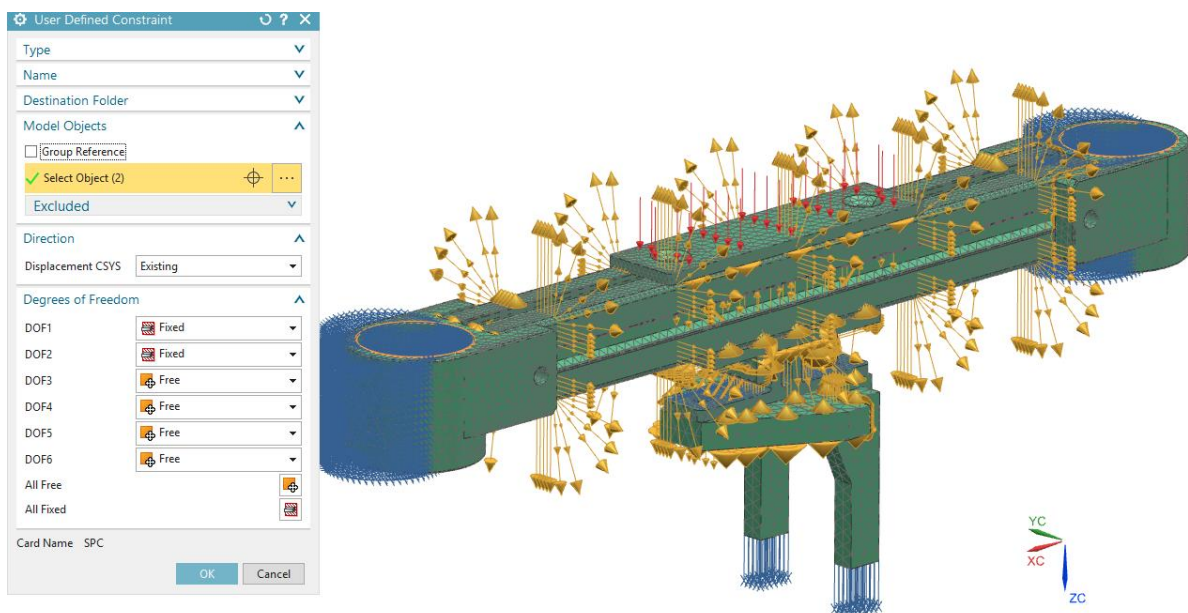
## Vylisovávací nástroj, nakupovaný profil a spojovací komponenty nástroje s horní posuvnou částí

Simulace zatížení byla vyhotovena ve dvou fázích. V první fázi byl otestován pouze koncepční návrh spojovacích komponent mezi horní pojízdnou částí. Pro tuto simulaci byl testovaný 3D model zjednodušen na následující:



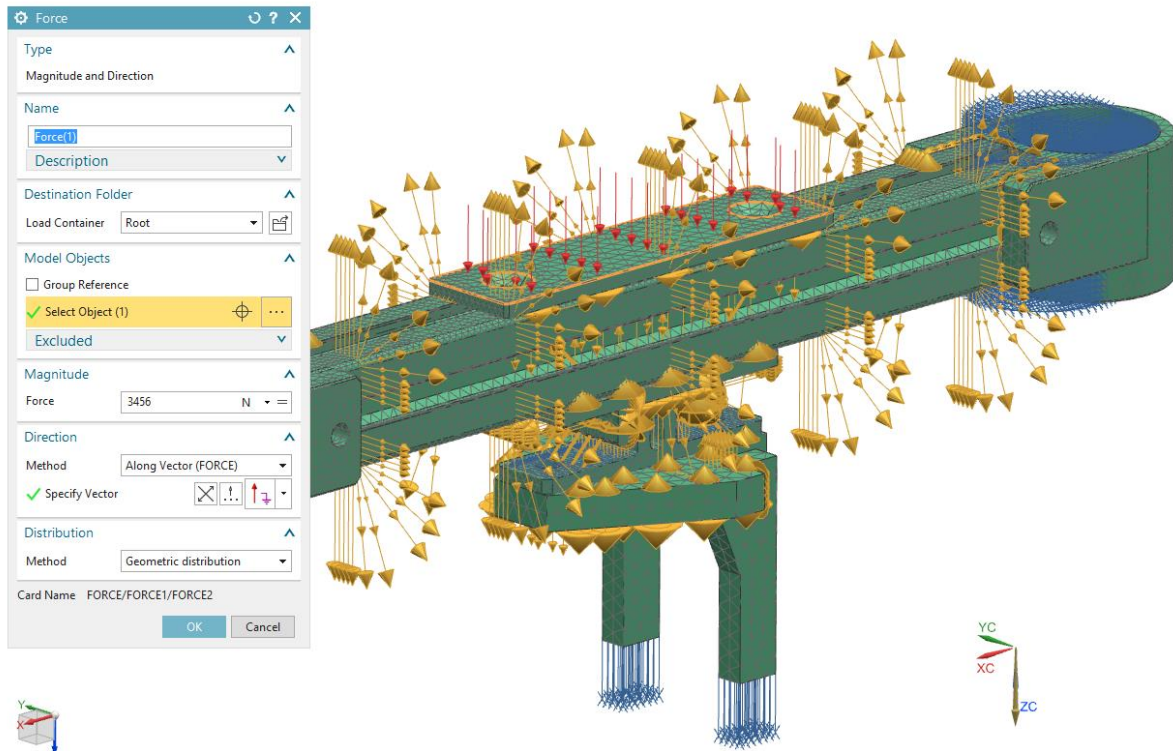
Obrázek 39 - zjednodušený model pro otestování koncepčního návrhu spojovací součásti nástroje a horní posuvné části

Z hlediska okrajových podmínek byl v plochách svislých vodících pouzder povolen pouze posuv ve směru osy svislého vedení. Tento směr byl zakázán spodním plochám vylisovávacích nožů.



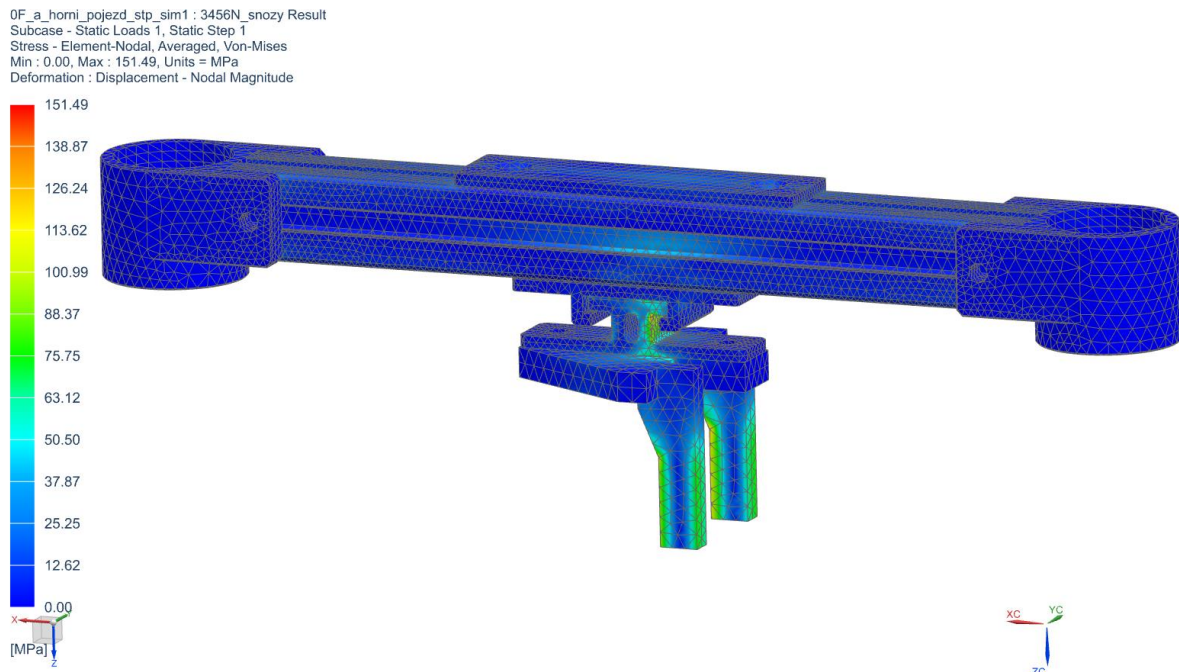
Obrázek 40 - příklad okrajových podmínek pro plochy svislých vodících pouzder

Z hlediska zatěžující síly byla definována plná síla lisu na opěrnou plochu lisu o velikosti 3456 N.

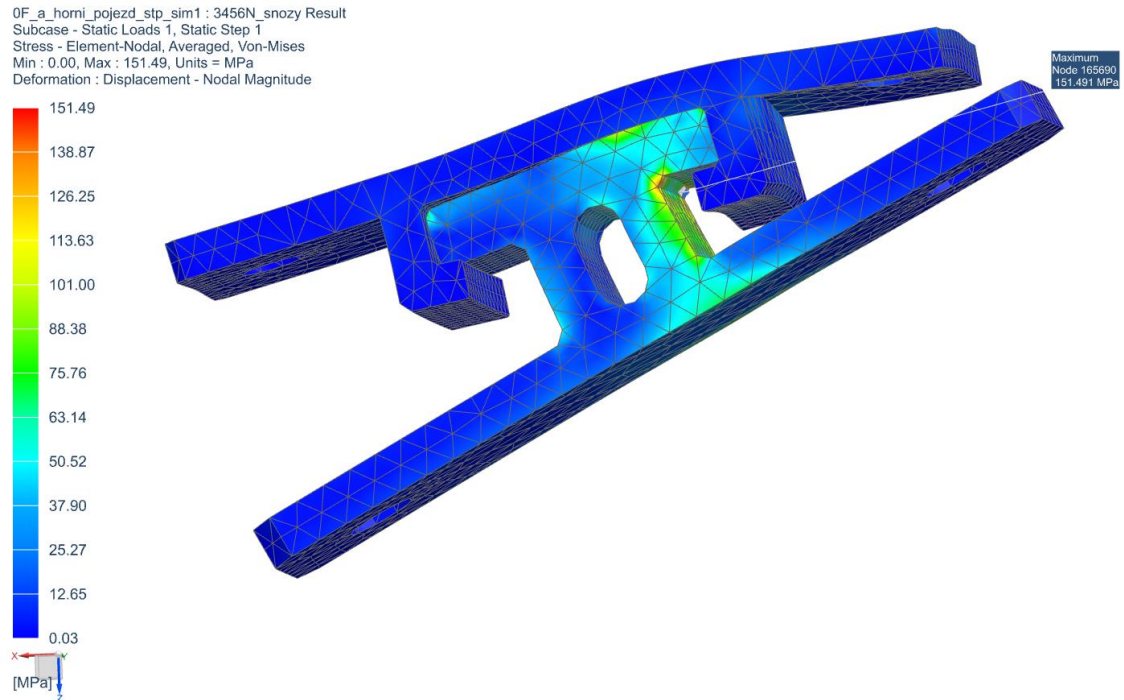


Obrázek 41 - definování zatěžující síly

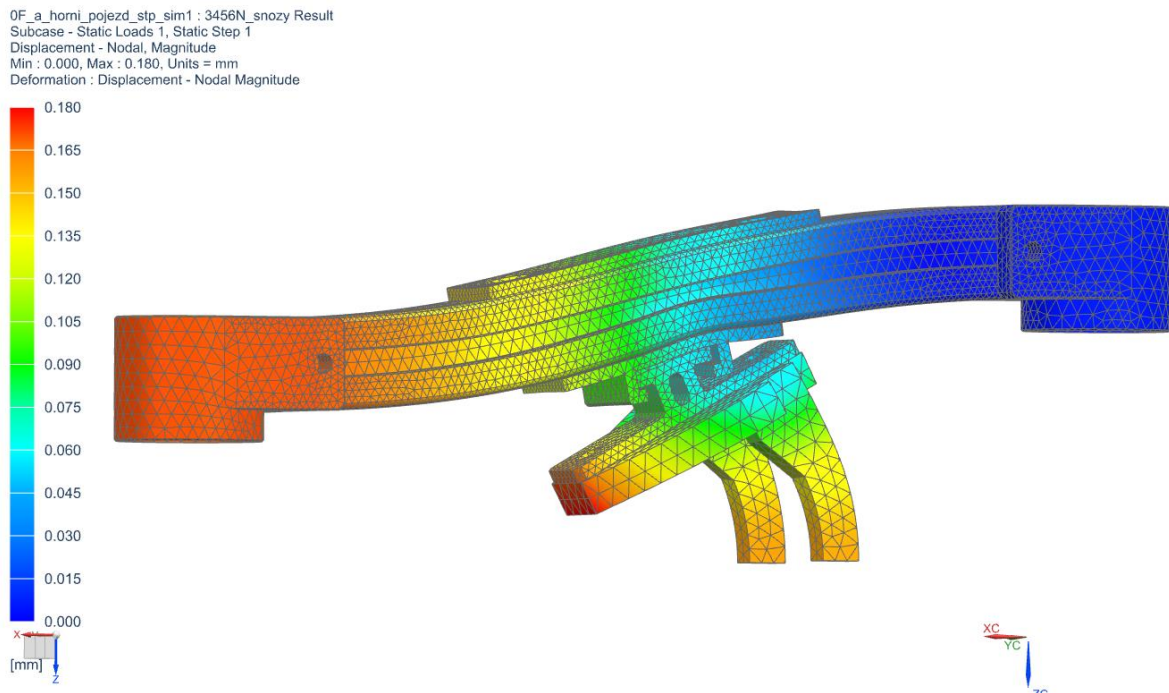
Výsledky simulace vylisovávacího nástroje a ostatních komponent v koncepčním návrhu:



Obrázek 42 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 vylisovávacího nástroje a ostatních komponent, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa



**Obrázek 43 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace kritických spojovacích komponent, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

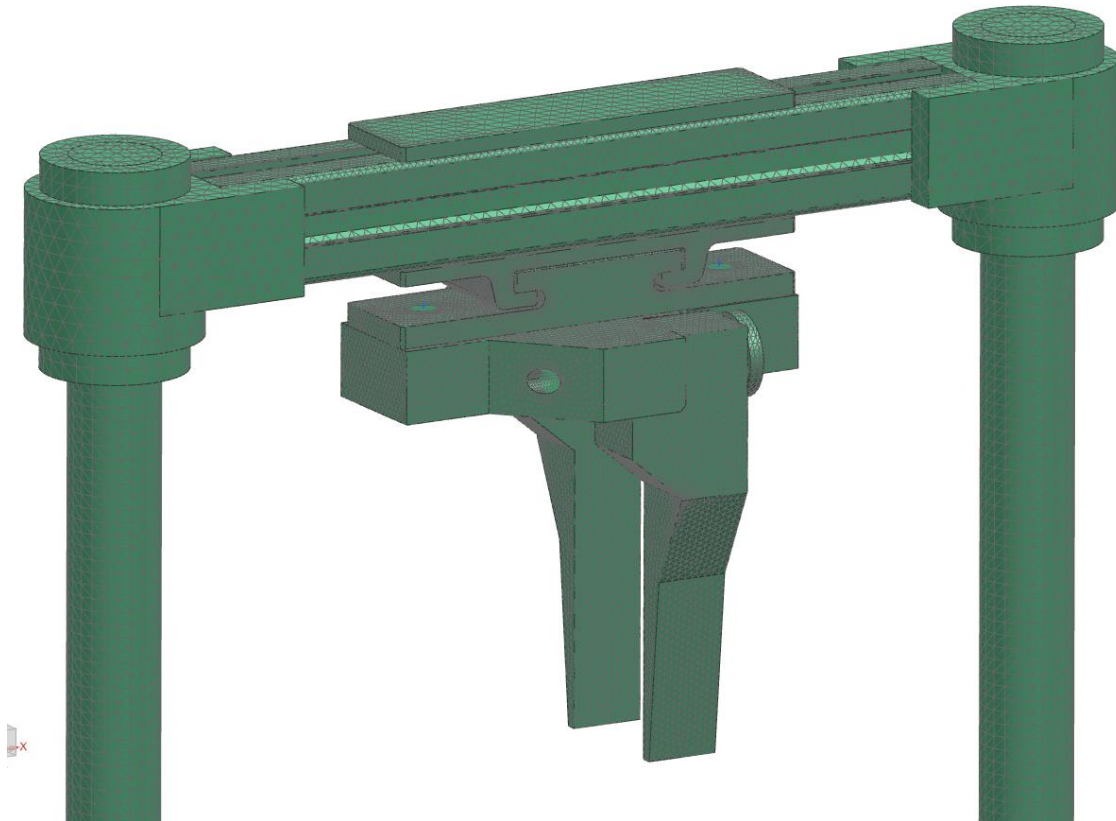


**Obrázek 44 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vylisovávacího nástroje a ostatních komponent, hodnoty uvedeny v mm**

Vhledem k vyšším hodnotám redukovaného napětí zjištěného zejména v kritickém místě spojovací komponenty byl koncepční návrh zcela přepracován na robustnější spojovací díly, jejichž geometrii bylo žádoucí co nejvíce rozšířit, avšak s ohledem na okolní komponenty.



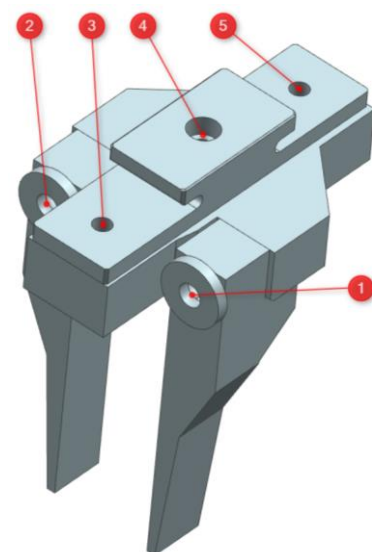
Pro korektnější výsledky z hlediska reálného zatížení, byla simulace konstrukčního návrhu optimalizovaných spojovacích komponent doplněna o svislé vedení, aby bylo možné sledovat případné vybočení vedení při nesymetrickém silovém působení.



Obrázek 45 - zasíťovaný zjednodušený model optimalizovaného návrhu vylišovacího nástroje a ostatních komponent

Z hlediska zadání této simulace byly také dopracovány předepnuté šrouby v místech spojení vylišovacích nožů s nosnou deskou, a dále šrouby mezi spojovací komponentou a nosnou deskou. Předepnutí bylo nastaveno následovně:

- Šroub 1, 2 - 3500 N  
(DIN 912 M8x50 - 12.9)
- Šroub 3,5 - 1500 N  
(DIN 912 M8x25 - 12.9)
- Šroub 4 - 1500 N  
(DIN 912 M8x30 - 12.9)



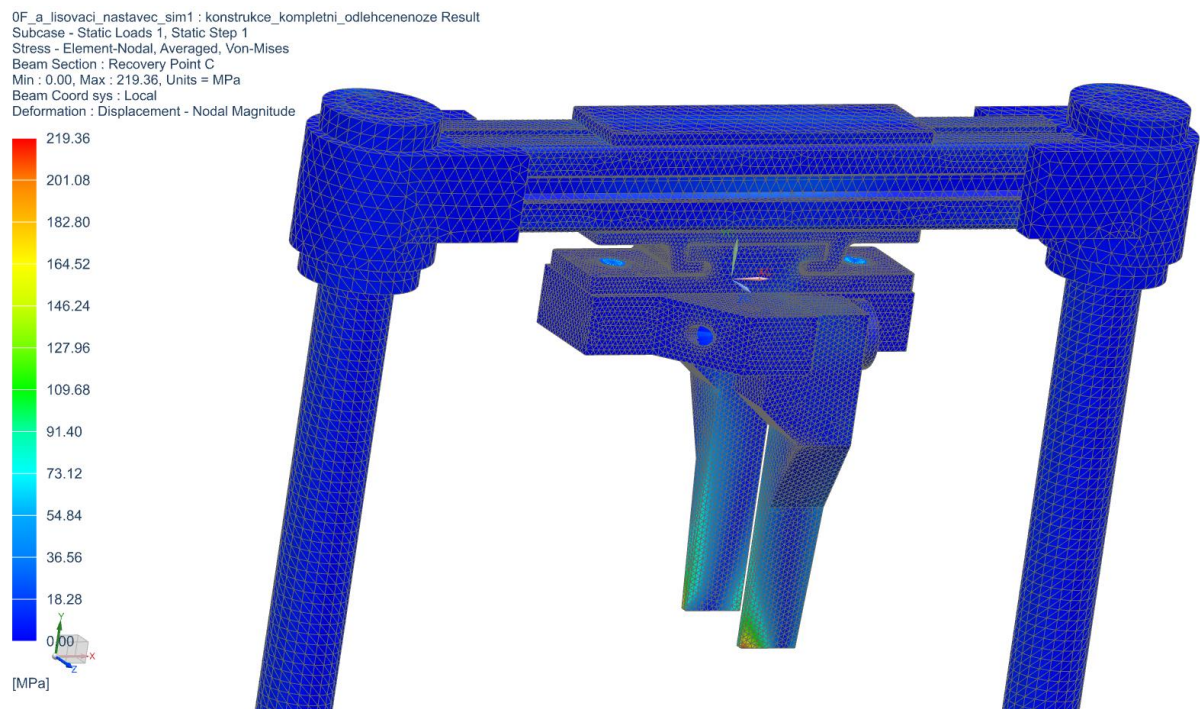
Obrázek 46 - definování předepínacích (osových) sil pro jednotlivé použité šroubové spojení

Mezi všemi komponentami byly nastaveny kontaktní vazby na stykových plochách. Jedinou výjimkou byla styková plocha pevnostní podložky šroubu a vylisovávacího nože. Mezi těmito dvěma plochami byla nastavena pevná vazba pomocí funkce Face-to-face gluing a tím došlo k částečnému zjednodušení.

Z hlediska okrajových podmínek byly kompletně ukotveny vodící tyče na jejich spodních plochách (kde doléhají na základní desku). Dále byl dodefinován zákaz posuvu se svislém směru nožů, které simulují zaražení o dokonale pevný výrobek.

Zatěžující síla byla volena analogicky jako v předchozí simulaci s koncepčními spojovacími komponentami.

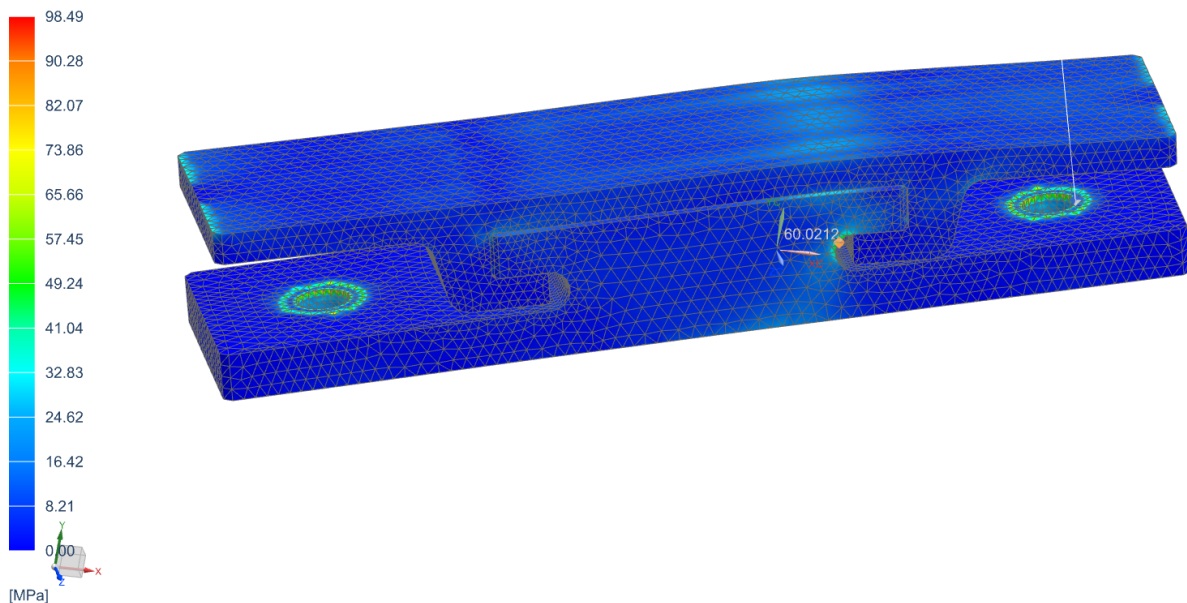
### Výsledky simulace vylisovávacího nástroje a ostatních komponent v konstrukčním návrhu:



**Obrázek 47 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 vylisovávacího nástroje a ostatních komponent v optimalizovaném (konstrukčním) návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

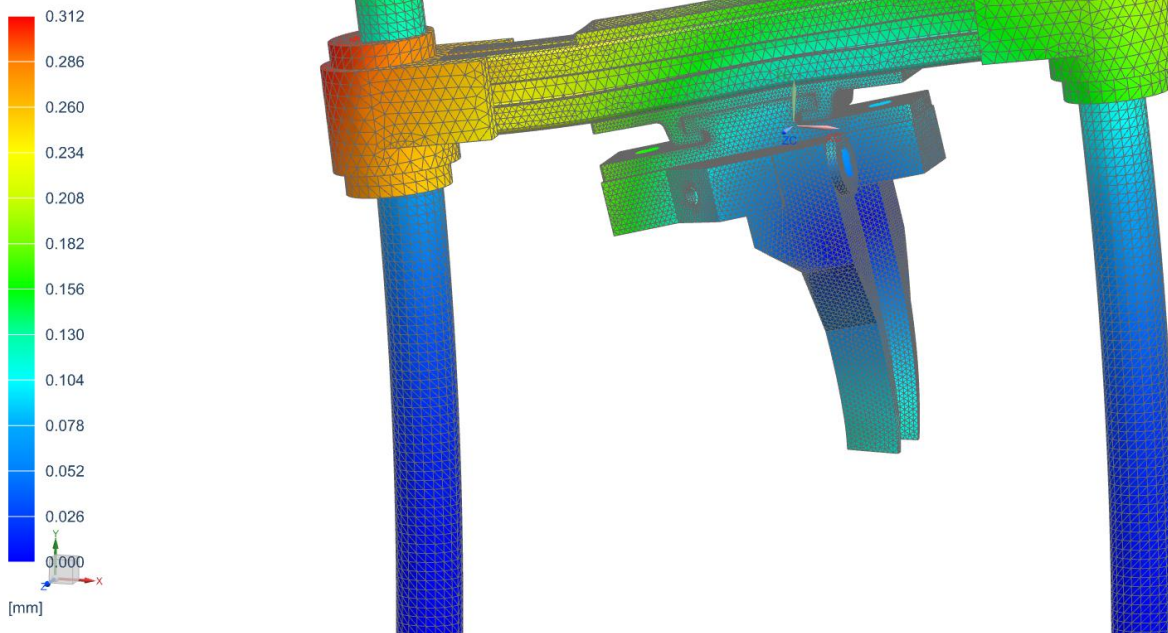
Maximum redukovaného napětí bylo sníženo v cyklicky namáhaném kritickém místě spojovací komponenty z cca 150 MPa na cca 60 MPa. Nejvyšší nalezené napětí na spojovacích komponentách bylo v místě kde doléhá hlava předeprnutého šroubu na komponentu. Vzhledem k očekávané částečné deformaci hlavy šroubu a komponenty dojde k rozložení napětí a tím i snížení lokálního bodového extrému. Vzhledem k mezi kluzu navrženého materiálu 590 MPa je součinitel bezpečnosti cyklicky namáhaného místa 9,83. Uvedené hodnoty lze vidět na následujícím otázku.

0F\_a\_lisovaci\_nastavec\_sim1 : konstrukce\_kompletni\_odlehcenenoze Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
Beam Section : Recovery Point C  
Min : 0.00, Max : 219.36, Units = MPa  
Beam Coord sys : Local  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



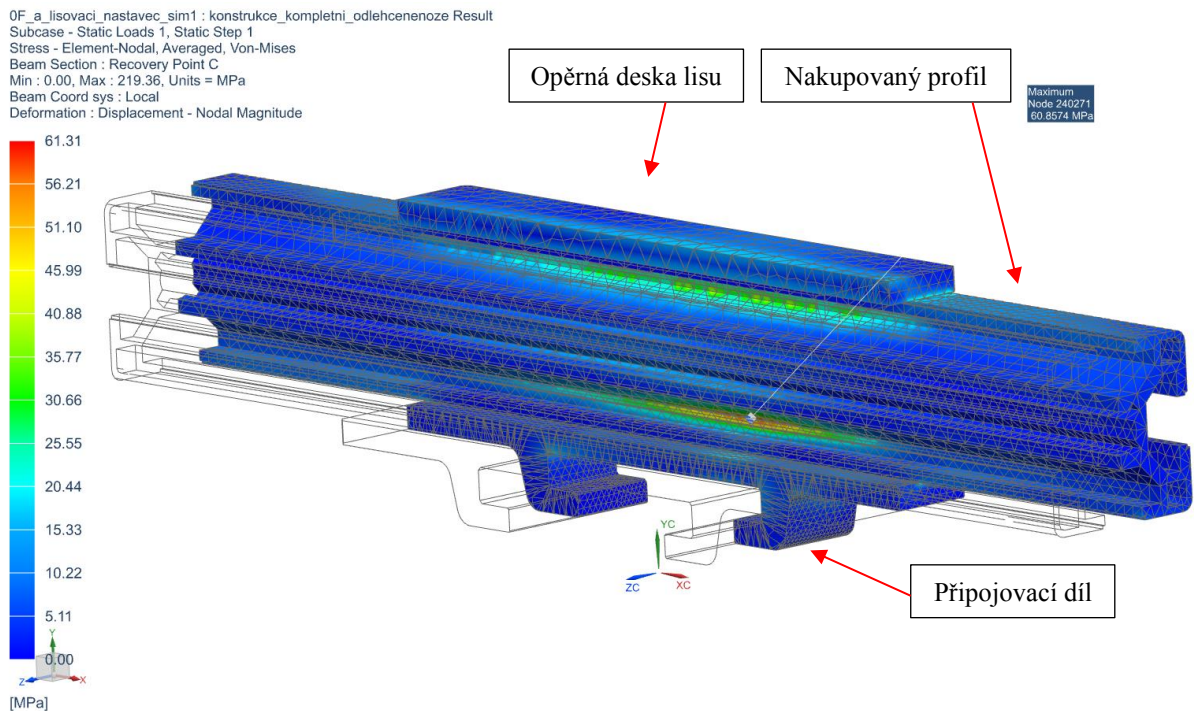
**Obrázek 48 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace kritických spojovacích komponent v optimalizovaném návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

0F\_a\_lisovaci\_nastavec\_sim1 : konstrukce\_kompletni\_odlehcenenoze Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 0.312, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

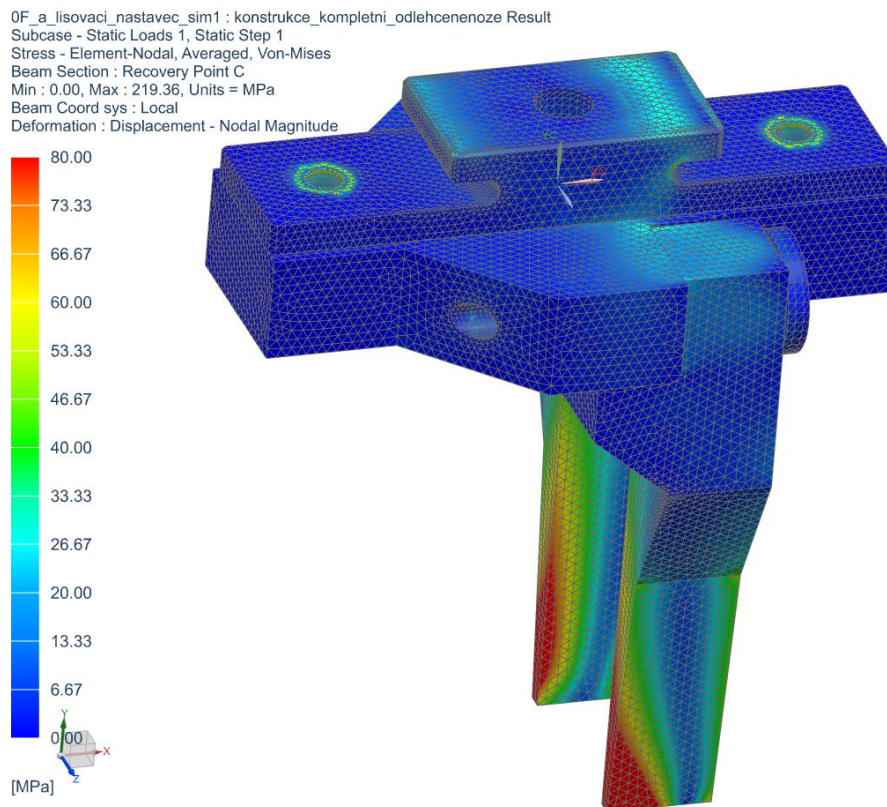


**Obrázek 49 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vylisovávacího nástroje v optimalizovaném návrhu a ostatních komponent, hodnoty uvedeny v mm**

V rámci této simulace bylo ověřeno i namáhání nakupovaného profilu při použití vylisovávacího nástroje.



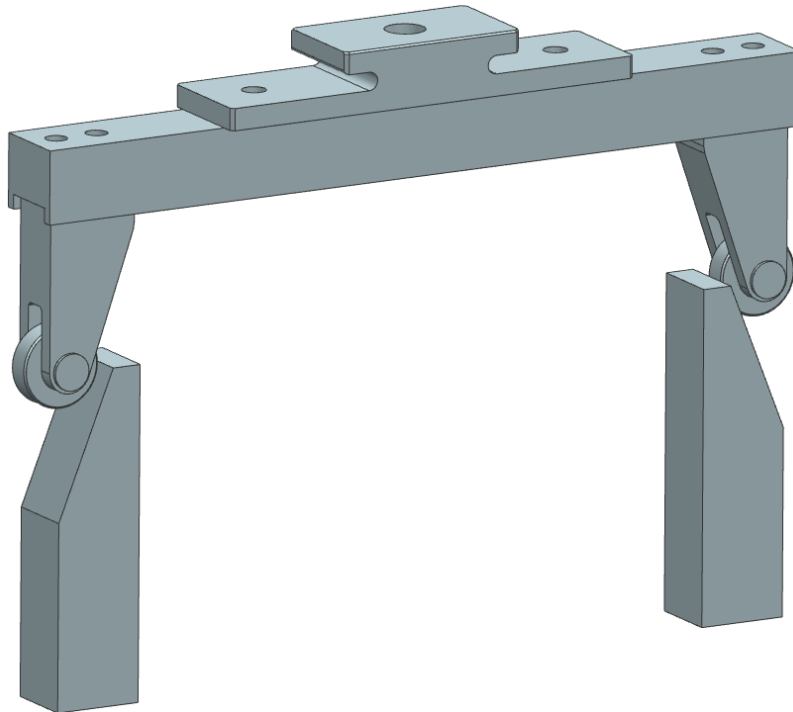
**Obrázek 50 - řez sestavou vybraných komponent horní posuvné části pro ověření připojovacího dílu nástroje a navrhnutého nakupovaného profilu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



**Obrázek 51 - zobrazení redukovaného napětí vylisovávacího nástavce, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

## Dělicí nástroj a spojovací komponenty nástroje s horní posuvnou částí

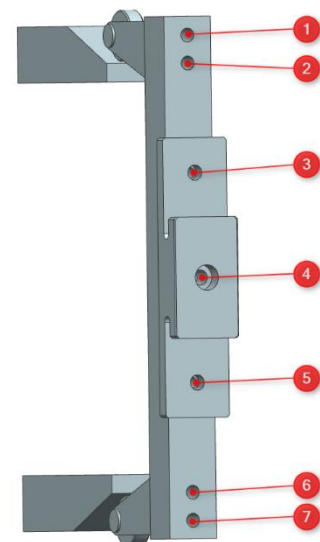
Kromě vylisovávacího nástroje byl dále otestován dělicí nástroj v původním (konceptním) návrhu a dále v optimalizovaném návrhu konstrukčním.



Obrázek 52 - zjednodušený model dělicího nástroje v konceptní variantě

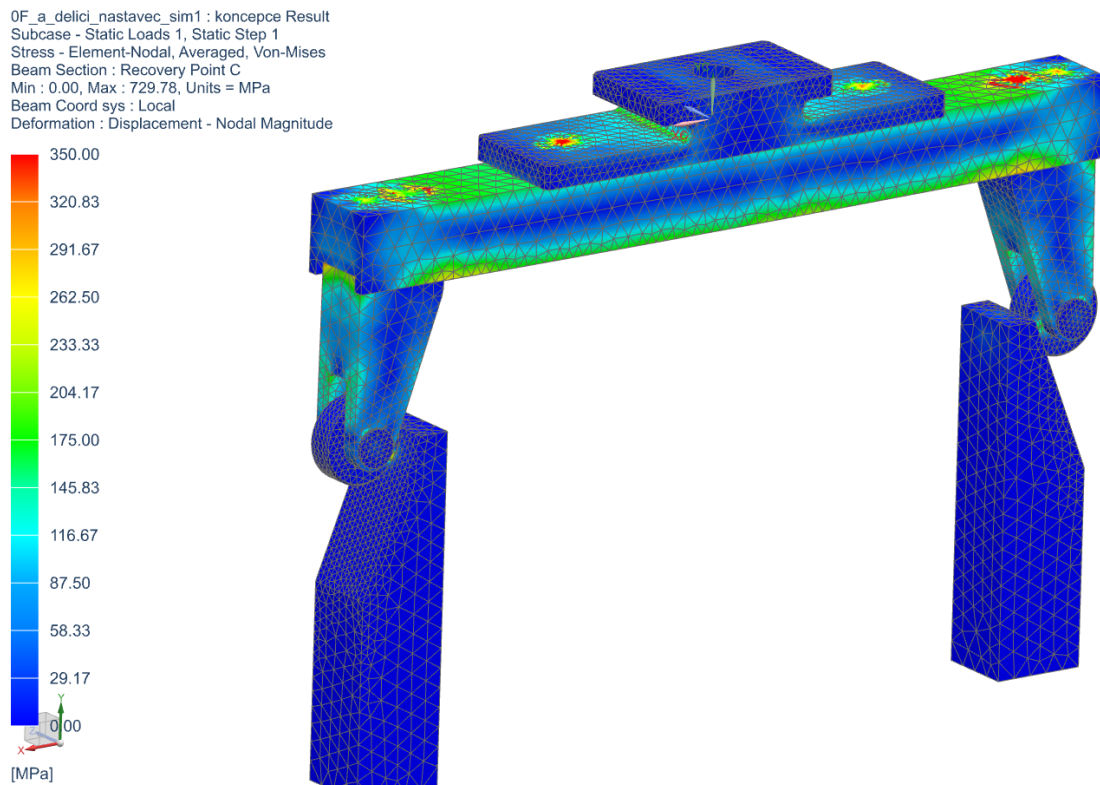
Pro tento konceptní návrh byly zdefinovány okrajové podmínky, zatěžující síly a ostatní parametry stejně, jako je tomu u podrobněji popsané simulace zatížení optimalizovaného (konstrukčního) návrhu dále v této kapitole. Jediný jinak definovaný parametr byly pro konceptní návrh upravené navržené šroubové spojení a s tím i předepínací síla šroubů v následujícím znění:

- Šroub 1, 2, 6, 7 - 1500 N  
(DIN 912 M6x30 - 12.9)
- Šroub 3,5 - 1500 N  
(DIN 912 M8x25 - 12.9)
- Šroub 4 - 1500 N  
(DIN 912 M8x30 - 12.9)

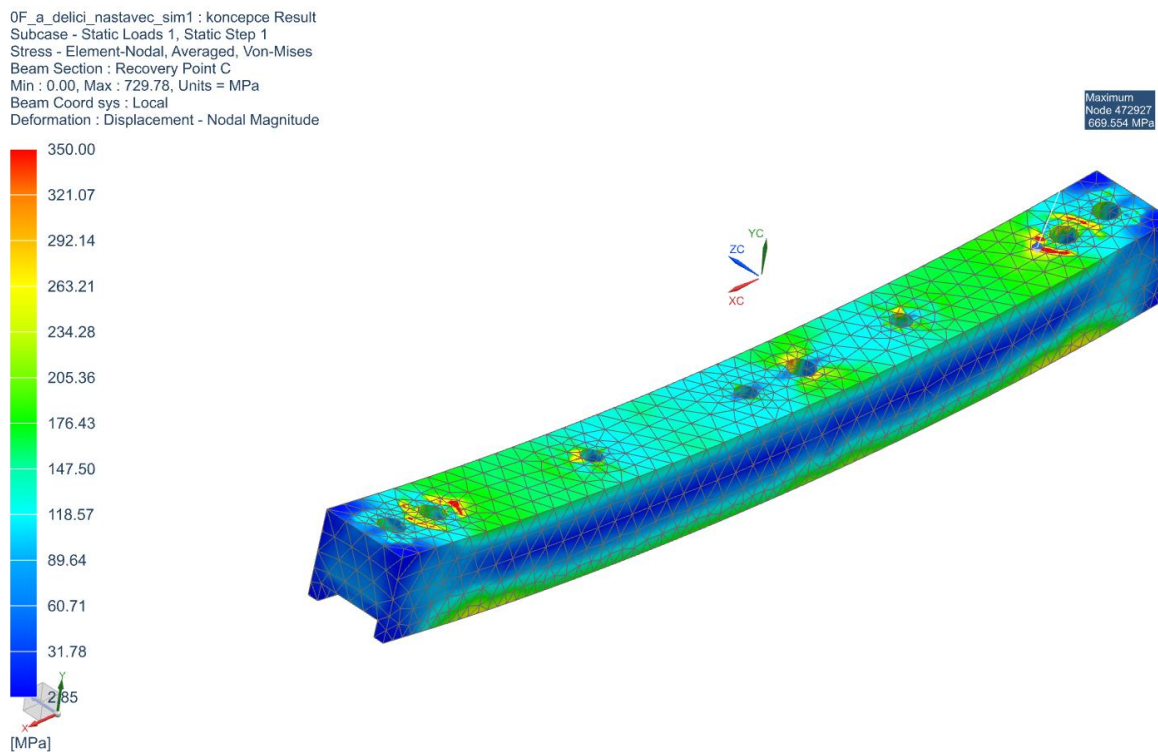


Obrázek 53 - definování předepínacích sil pro jednotlivé použité šroubové spojení

Výsledky simulace dělicího nástroje a ostatních komponent v koncepčním návrhu:

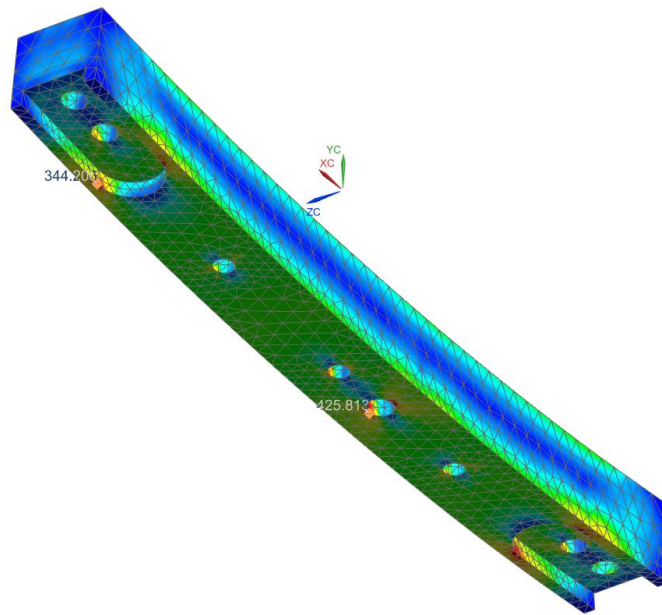
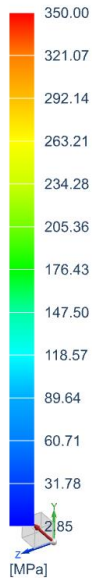


**Obrázek 54 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 dělicího nástroje v koncepčním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



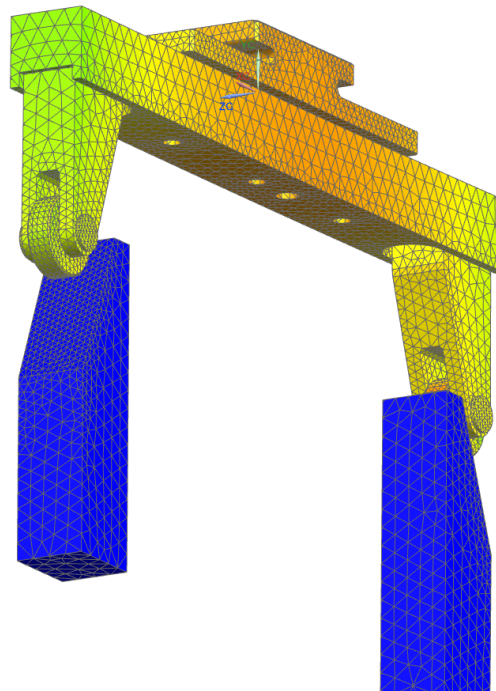
**Obrázek 55 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace dělicího nástroje v koncepčním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

0F\_a\_dělicí\_nastavec\_sim1 : koncepce Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises  
Beam Section : Recovery Point C  
Min : 0.00, Max : 729.78, Units = MPa  
Beam Coord sys : Local  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



**Obrázek 56 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace děličího nástroje v konceptním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

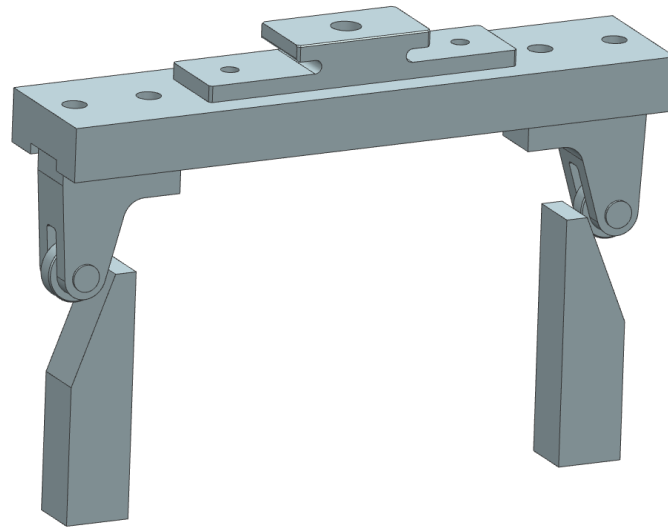
0F\_a\_dělicí\_nastavec\_sim1 : koncepce Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 2.223, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



**Obrázek 57 - zobrazení celkového posunutí ve zvětšeném měřítku deformace vylisovacího nástroje v optimalizovaném návrhu a ostatních komponent, hodnoty uvedeny v mm**

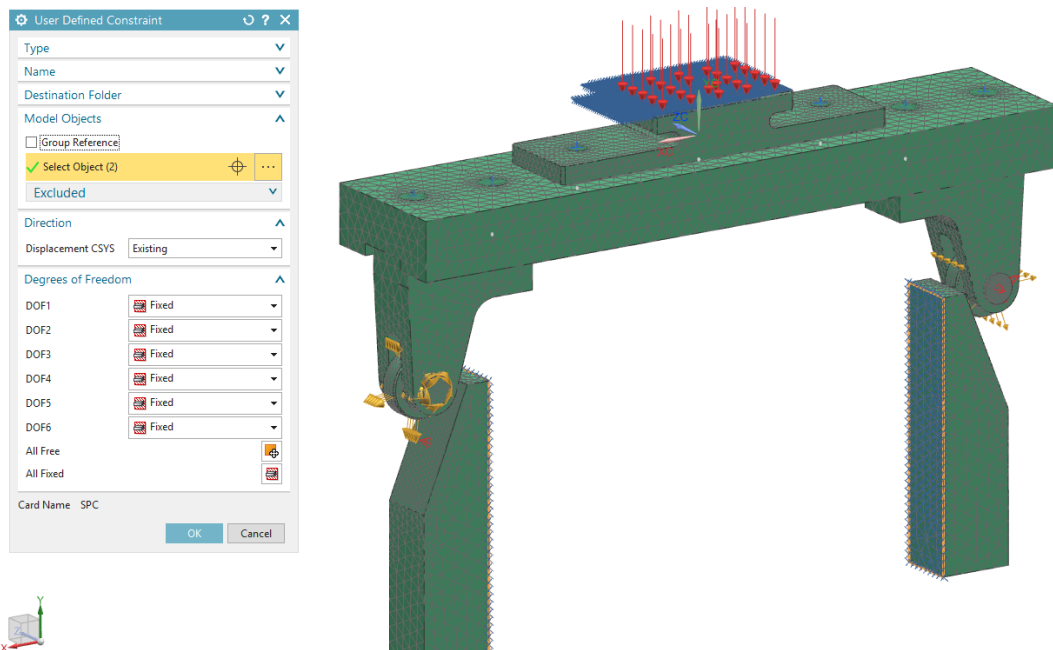
Maximální redukované napětí, které bylo na nosné desce nalezeno bylo o velikosti 669,55 MPa na místě, kde se opírá hlava šroubu držáku ložiska. Důležitější hodnoty byly nalezeny zespoda desky v místech se zvýšeným napětím, které vzniklo (předpokládaným cyklickým) zatížením pracovního zdvihu zařízení. Větší z nalezených napětích o velikosti

425,81 MPa je relevantní pro koncepční návrh a toto napětí je příliš vysoké. Z tohoto důvodu byl dělicí nástroj upraven za účelem snížení namáhání této a ostatních komponent.



Obrázek 58 - zjednodušený model dělicího nástroje v optimalizované (konstrukční) variantě

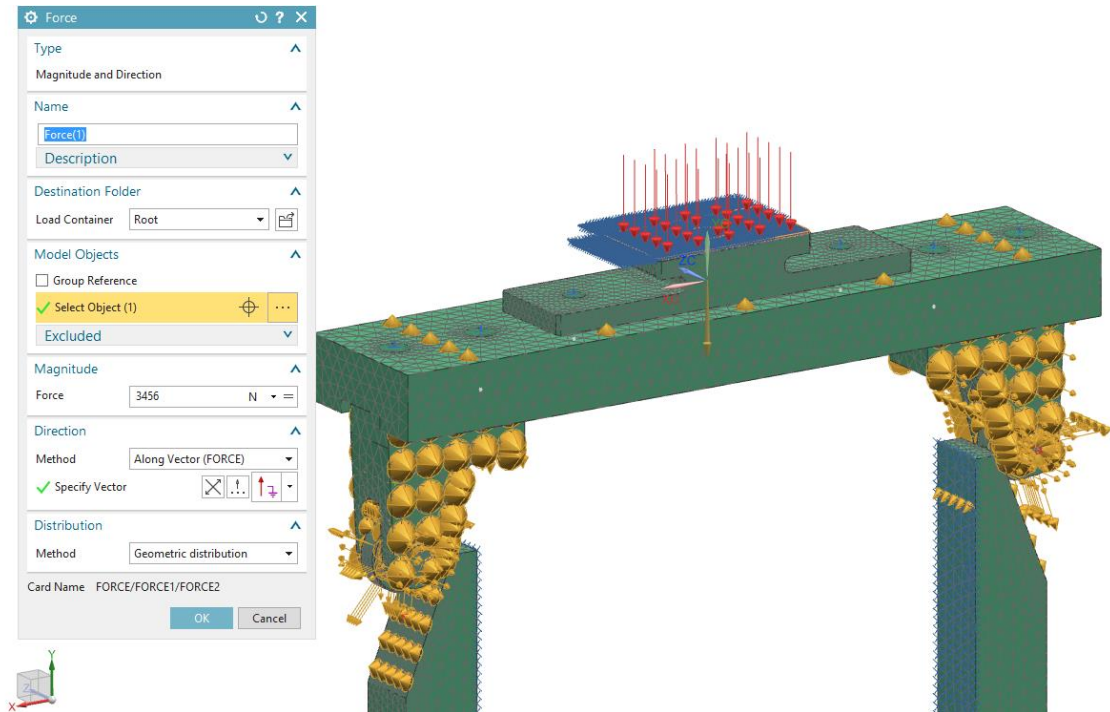
Okrajové podmínky byly v první řadě nastaveny pro opěrné nakloněné desky spodní části podstavce a to kompletním zakázáním všech směrů volnosti – tedy dokonalým upevněním simulující zablokovaný horizontální posuv podstavce. Dále byly zakázány posuvy horní opěrné plochy do směrů, které udržuje svislé vedení – tedy ve směru do boků. Povoleno směr posuvu zůstal nahoru a dolů (v ose svislého vedení).



Obrázek 59 - příklad okrajových podmínek pro plochy nakloněných desek podstavce



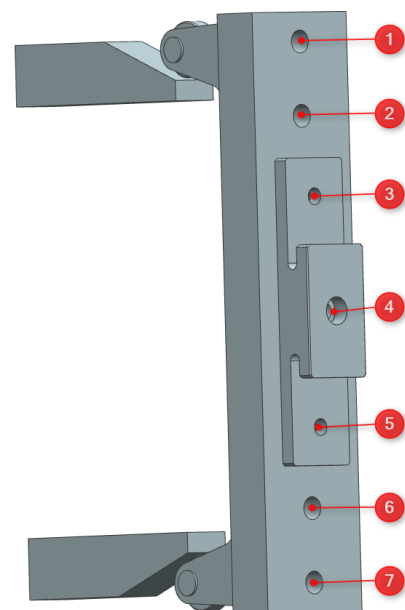
Zatěžující síla byla nastavena o velikosti maximální výstupní síly ručního lisu 3456 N, nyní však pouze na plochu opěrnou spojovací komponenty, na které byly zakázány již zmíněné posuvy. Je tedy vynechána opěrná deska lisu rozkládající zatížení do profilu, který je také zanedbán i s horní spojovací komponentou nástroje a profilu.



Obrázek 60 - definování zatěžující síly

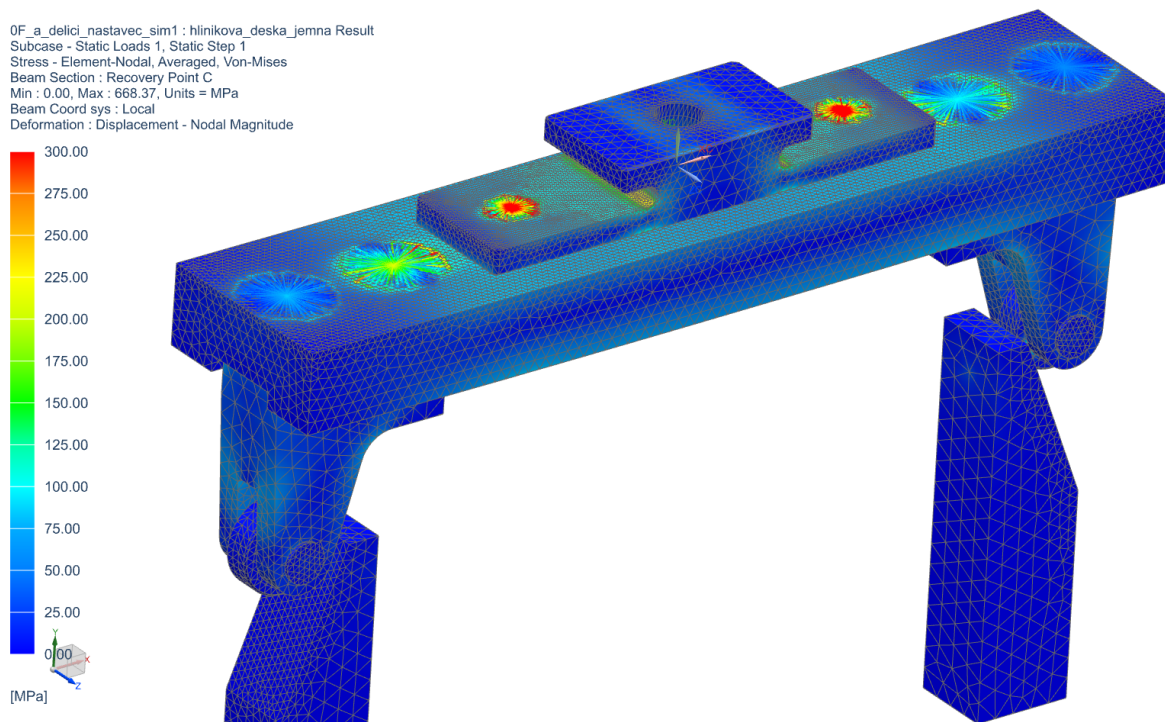
Z hlediska zadání této simulace byly také zařazeny předepnuté šrouby v místech spojení držáku ložisek s nosnou deskou, a dále šrouby mezi spojovací komponentou a nosnou deskou. Předepnutí bylo nastaveno následovně:

- Šroub 1, 2, 6, 7 - 3000 N  
(DIN 912 M8x50 - 12.9)
- Šroub 3,5 - 1500 N  
(DIN 912 M8x25 - 12.9)
- Šroub 4 - 1500 N  
(DIN 912 M8x30 - 12.9)

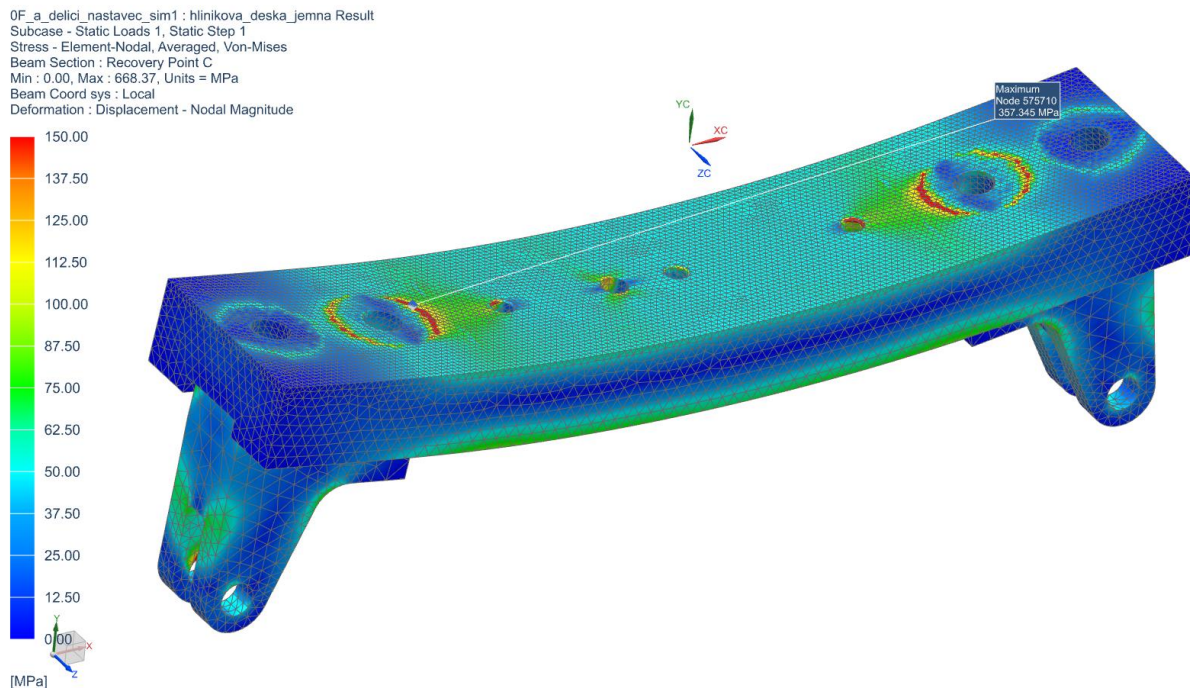


Obrázek 61 - definování předepínacích sil pro jednotlivé použité šroubové spojení

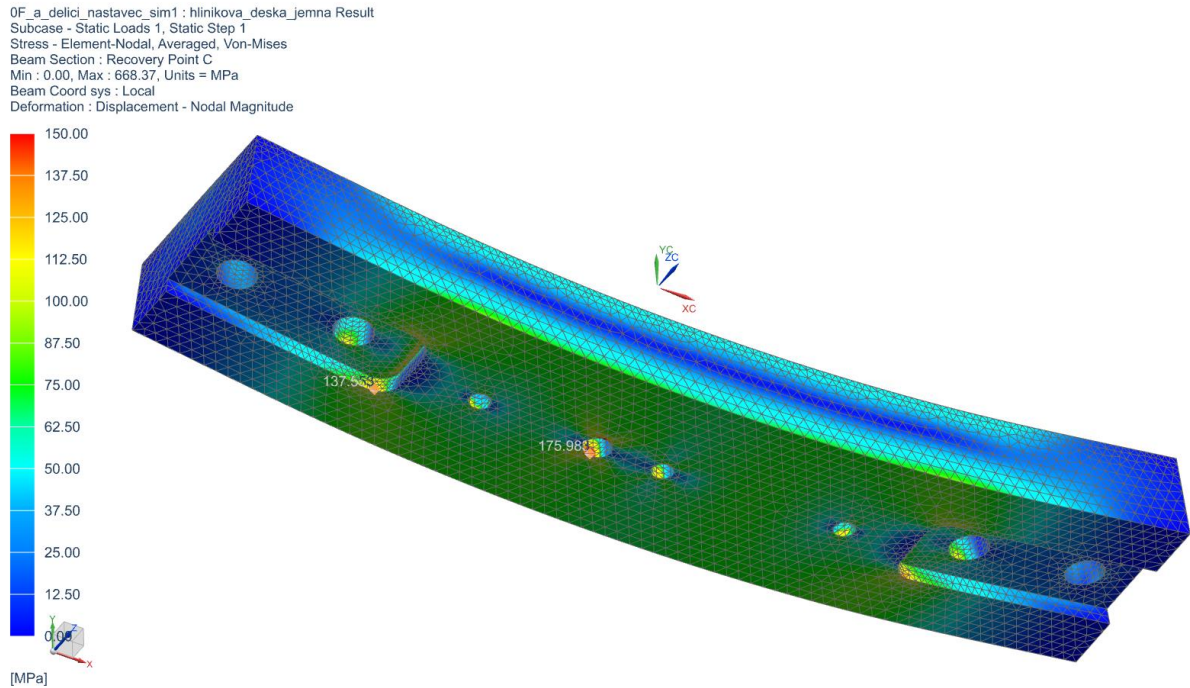
Výsledky simulace dělicího nástroje a ostatních komponent v konstrukčním návrhu:



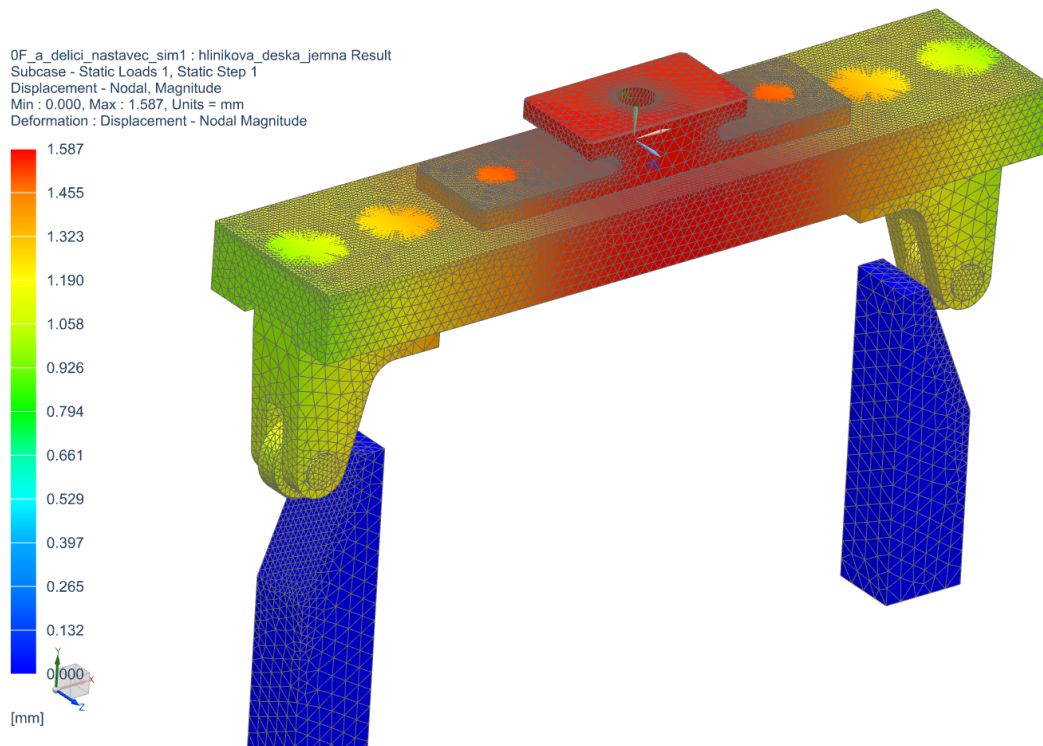
**Obrázek 62 - zobrazení redukovaného napětí v měřítku deformace 1:1 dělicího nástroje v konstrukčním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



**Obrázek 63 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace nosné desky a držáků ložisek dělicího nástroje v konstrukčním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

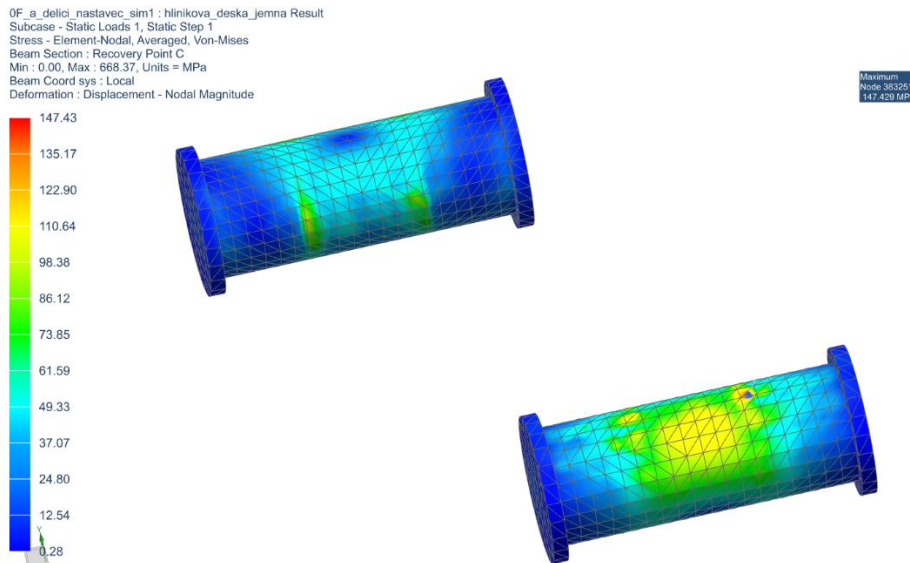


**Obrázek 64 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace nosné desky v konstrukčním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**



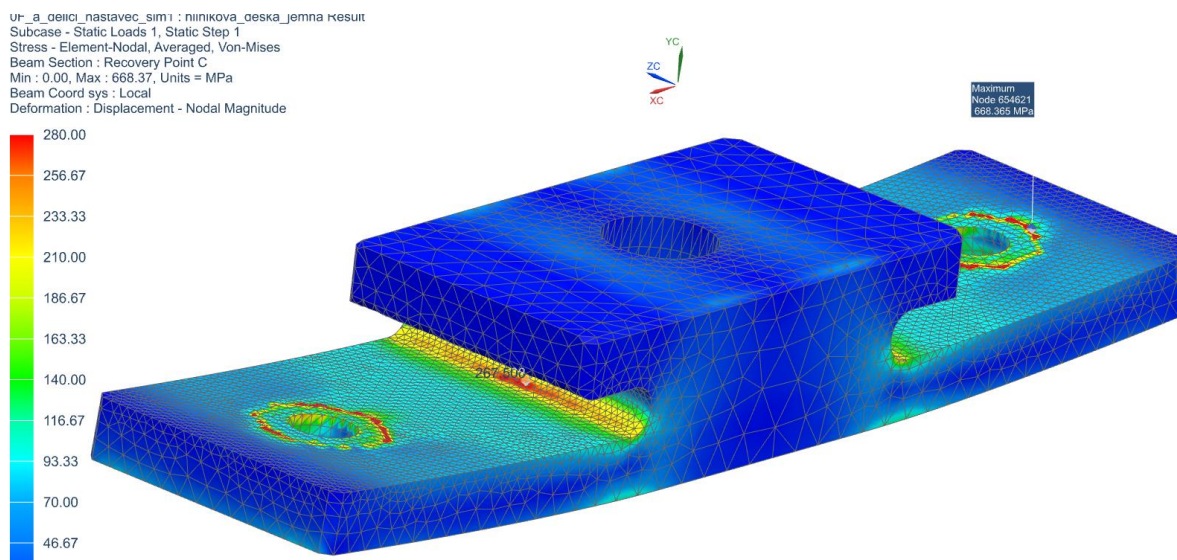
**Obrázek 65 - zobrazení celkového posunutí děličního nástroje v optimalizovaném návrhu, hodnoty uvedeny v mm**

Z výsledků simulace zatížení čepů plyne, že lokálně kolem zobrazeného uzlu dosahuje redukované napětí hodnoty 147,43 MPa. V reálném případě se ale napětí nepatrně rozloží i do okolí, a je tedy za relevantní výsledek považována větší oblast vyššího redukovaného napětí, a to o hodnotě 115 MPa.



**Obrázek 66 - zobrazení redukovaného napětí zjednodušených čepů ložisek reprezentující nakupované komponenty Misumi pro jejich pevnostní ověření, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

Dále byl analyzován již ověřovaný spodní díl spojovacích komponent profilu s nástrojem. V této konkrétní simulaci, jak již bylo zmíněno není uvedeno několik komponent, které by jejich deformací snížili výslednou působící sílu na samotný nástroj, což vede k nárůstu napětí.



**Obrázek 67 - zobrazení redukovaného napětí ve zvětšeném měřítku deformace dělicího nástroje v konceptním návrhu, hodnoty redukovaného napětí von Mises uvedeny v MPa**

Maximální redukované napětí, které se nachází bodově pod hlavou šroubu opět zanedbáváme z důvodu rozložení napětí částečnou deformací materiálu i hlavy šroubu případně jeho podložky s podporou výpočetního ověření pevnosti použitých šroubů. Redukované napětí spojovací komponenty bude tedy bráno relevantní v radiusu mezi jednotlivými plochami, které místně dosahuje hodnoty 267,51 MPa. I s ohledem na již zmíněné parametry je při redukovaném napětí 261,51 MPa součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu materiálu komponenty 2,26.