
Komentovaný metodický list č. 03

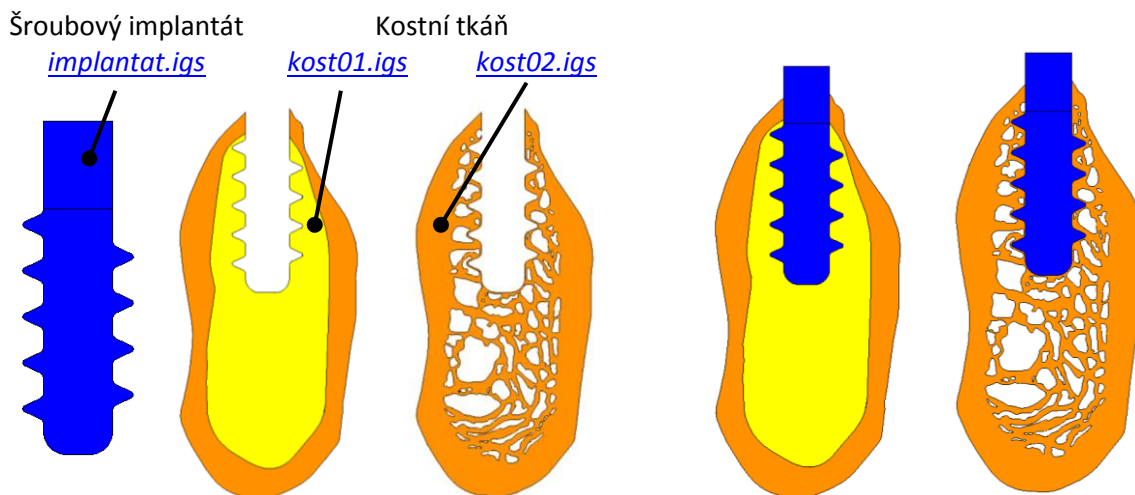
Vytvořil: Ing. Petr Marcián, Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Michal Mrázek v rámci grantového projektu FRVŠ 1402/2010/G1

Téma: Řešení deformace a napětí na 2D segmentu dolní čelisti s implantátem.

Zadání: Zpracujte v prostředí Ansys, výpočtový model dolní čelisti s implantátem. Výpočtový model má 2D úroveň s netrámčkovou strukturou a s trámčitou strukturou spongiózní kostní tkáň a implantátem. Základ geometrického modelu je vytvořen v souboru *.iges. Modely materiálu, okrajových podmínek a zatížení jsou popsány v průběhu řešení.

Řešení:

Pomocí dodaných 2D modelů geometrie vytvořte soustavu dolní čelisti s implantátem a s kostní tkání. Následně nasimulujte dvě základní interakce mezi implantátem a kostí. Z ploch vytvořených pomocí CT snímků dodaných ve formátu *.iges, vytvořte výpočtový model (obr. 1).



Obr. 1: Model geometrie kostní tkáni se šroubovým implantátem.

Tvorba modelu geometrie

Plochy implantátu i kostí importujte do prostředí programu ANSYS. V kostních tkáních jsou již vymodelovaná lože pro usazení implantátu, kdy bylo použito obdobného postupu jako v prvním příkladu. Implantát je v krčku rozdělen na dvě plochy a je třeba jej slepit funkcí „GLUE“. Stejně tak i kost kortikální s kostí spongiózní. Dbejte na to, aby implantát neměl s kostí společnou geometrii.

Pozn.: při načítání ploch ve formátu *.iges vypněte spojení ploch „MERGE Merge coincident keypoints?“.

Model materiálu

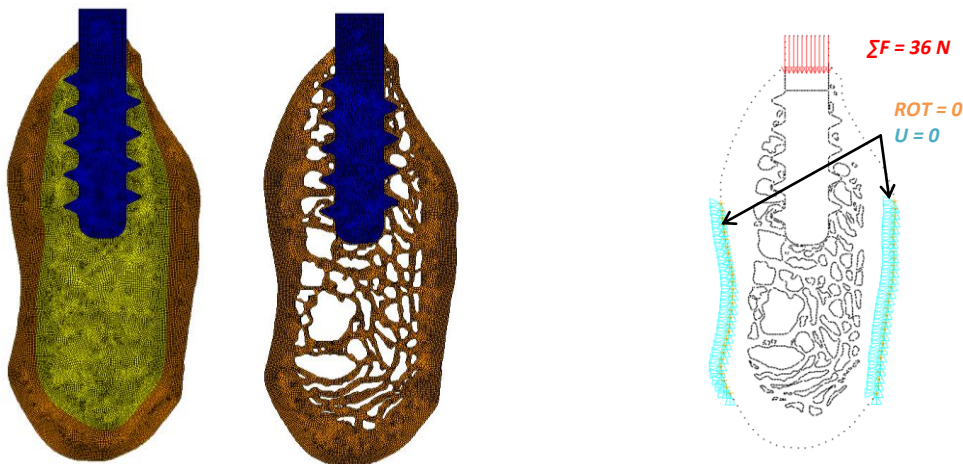
Všechny prvky soustavy jsou modelovány stejně jako v předchozích příkladech homogenním lineárně pružným izotropním modelem materiálu. Tento model je určen dvěma parametry, modulem pružnosti a poissonovým číslem. Materiálové konstanty je nutné zadat „Preprocessor/Material Props/Material Models“. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.

	E [MPa]	μ [-]
Kortikála	13 700	0.3
Spongióza	750	0.3
Titan	110 000	0.33

Tab. 1: Materiálové charakteristiky.

Tvorba MKP sítě

Úloha je rovinná, proto bude použit i rovinný typ elementu PLANE182 „Preprocessor/Element type/AddEditDelete“. Plochám přiřadíme požadovaný materiál a zvolíme velikost elementů 0.1 mm (obr 2).



Obr. 2: MKP model a model vazeb.

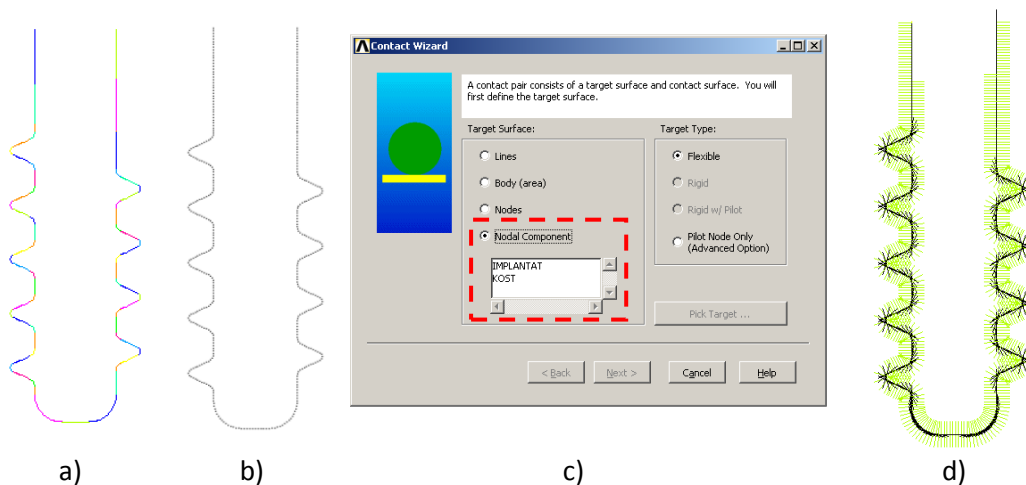
Model vazeb a zatížení

Statické řešení deformace a napjatosti vyžaduje nepohyblivě uložená tělesa, což představuje jejich jednoznačné vymezení v prostoru. K největším posuvům mezi čelistí a implantátem dochází ve spongiózní kostní tkáni, proto v modelu zamezíme posuvy ve střední části bukální a linguální hranice (obr. 4c). „Preprocessor/Loads/DefineLoads/Apply/Structural/Displacement/OnNo-des“. V odpovídajících bodech zamezíme posuvy ve všech směrech. Silové působení v koronoapikálním směru, tj. na hlavičku implantátu se v literatuře uvádí v rozmezí 150-250N. V případě dvojrozměrného modelu (jednotková tloušťka) odpovídající hodnota je 36 N. „Preprocessor/Loads/Define Loads/Apply/Structural/ForceMoment/On Nodes“. Vyřešte dvě varianty interakce mezi kostí a implantátem.

Varianta A: implantát je neoseointerovaný. Mezi implantátem a kostní tkání může docházet k vzájemným posuvům. Tento stav vytvoříte pomocí kontaktu.

Nejprve vybereme křivky popisující obrys implantátu (obr. 3a) a vytvoříme z nich komponentu „Menu - Select - CompAssembly - Create komponent“ nazveme ji „*implantat_L*“ a nastavíme entitu „*lines*“. Poté vyberte pouze nody patřící této komponentě „*Menu-Select-Entities...*“. Nastavte výběr „*Nodes*“ a typ „*Attached to*“. Vyberte možnost „*Lines,all*“ a vytvořte stejným způsobem jako u křivky komponentu z nodů (obr. 3b) a pojmenujte ji „*implantat*“. Stejným způsobem vytvoříme komponenty z křivek a nodů v kosti, které ohraničují implantát a pojmenujete je „*kost*“. Otevřete „*Contact Wizard*“ (obr. 3c) a pomocí komponent vytvořte kontaktní dvojice (obr. 3d), pro implantát volte elementy typu TARGET a pro kost CONTA. Tření nezádávejte a kontakt nechte na defaultním nastavení.

Pozn.: pro rychlejší výběr nodů z křivek stačí použít příkaz „*NSLL,S,1*“.



Obr. 3: Komponenta vytvořená z a) křivek, b) nodů, c) tvorba kontaktu pomocí „*Contact Wizard*“ z komponent d) vytvořené kontaktní dvojice.

Varianta B: implantát je oseointegrovaný. Kost má společnou geometrii s implantátem. Smažte MKP síť a pomocí funkce GLUE slepte implantát a kostní tkáň „*Preprocessor/Modeling/Operate/Booleans/Glue/Areas*“.

Pozn.: obě varianty interakce mezi kostí a implantátem zkuste řešit dohromady, to provedete zkopírováním celé vytvořené geometrie „*Preprocessor/Modeling/Copy/Area Mesh*“.

Nastavení řešiče

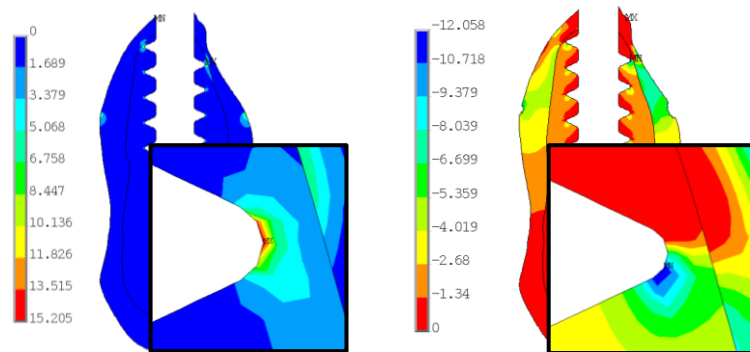
Úlohu řešte s nastavenými velkými deformacemi (*large displacement*).

Pozn.: pro zrychlení výpočtu nastavte PCG řešič.

Prezentace výsledků

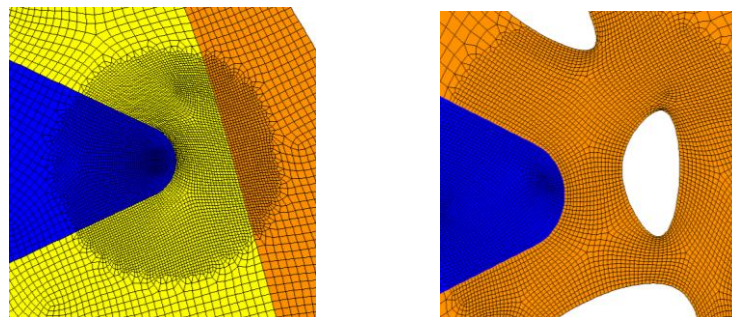
Vykreslete napětí S1 a S3 v kostních tkáních (obr. 6, 7, 8, 9) a srovnejte polohy a velikosti extrémních hodnot. Posudte rozdíl v deformaci všech řešených variant (obr. 10) a na implantátech sledujte rozložení redukované napětí podle podmínky HMM (obr. 11). Jako poslední vykreslete u varianty řešení A kontaktní tlaky (obr. 12).

Nejprve spusťte testovací výpočet u každé řešené varianty a rozhodněte, zda je v místě vzniku maximálních hodnot sledovaných veličin nutné předělat MKP síť.

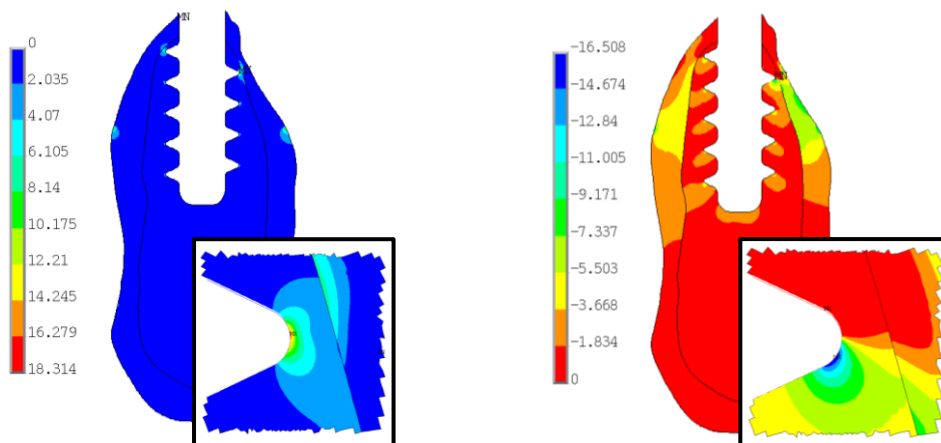


Obr. 4: První hlavní a třetí hlavní napětí [MPa] v kostní tkáni – testovací výpočet.

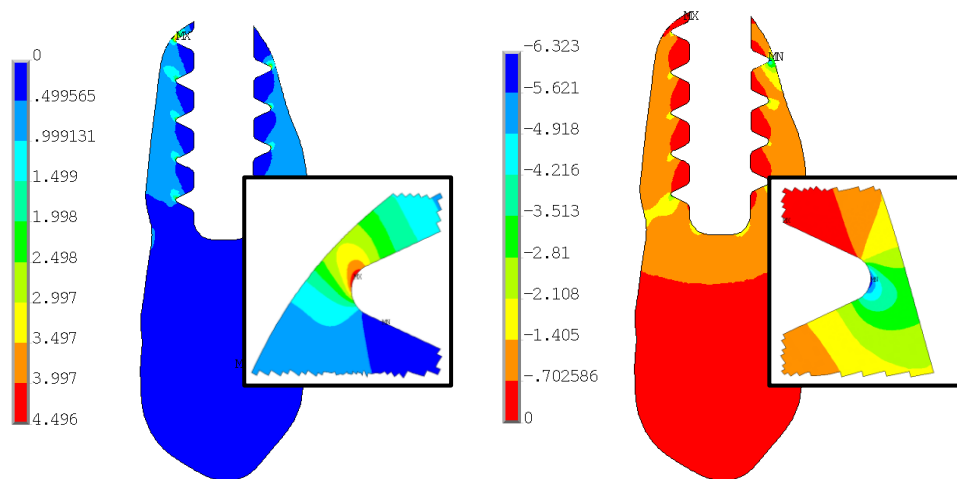
Provedte zjemnění sítě v místech, kde jsou vysoké hodnoty napětí (obr. 4). Nejprve je nutné smazat zadané okrajové podmínky „Preprocessor/Loads/Define Loads/Delete/All Load Data/All Load & Opts“ a smazat kontaktní dvojice. Po zjemnění pomocí komponent křivek implantátu a kosti rychle vytvoříte znovu komponenty z nodů pro nový kontakt. Je nutné vytvořit nové kontaktní páry, jelikož se při zjemnění měnili i elementy na nichž leží kontaktní elementy. Vlivem zjemnění sítě (obr. 5) se logicky prodlouží čas výpočtů.



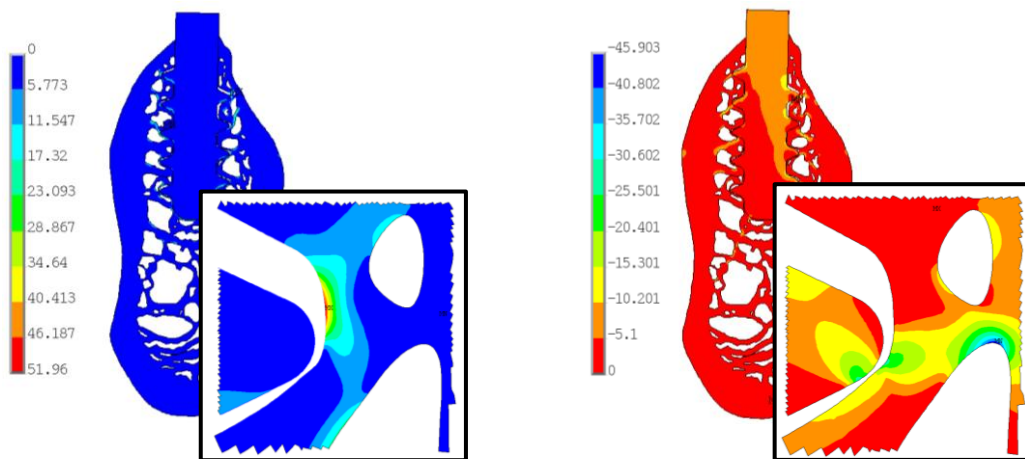
Obr. 5: Zjemnění sítě.



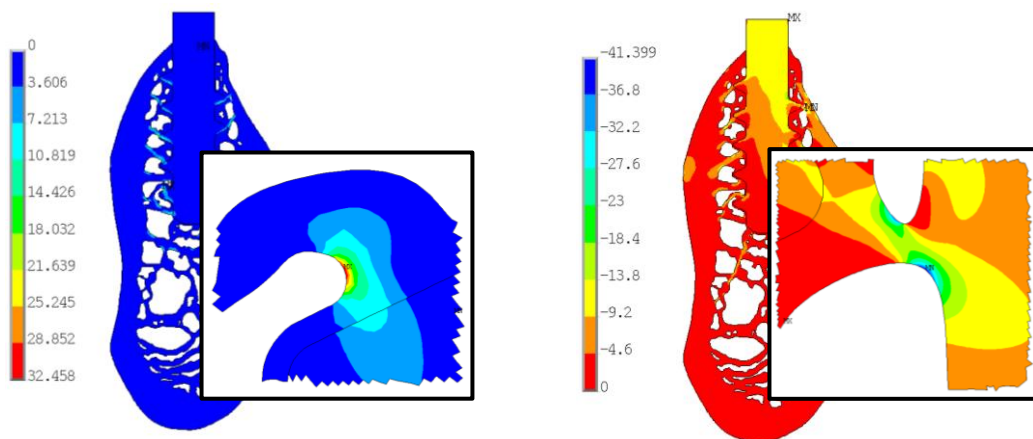
Obr. 6: První hlavní a třetí hlavní napětí [MPa] v kostní tkáni varianta A.



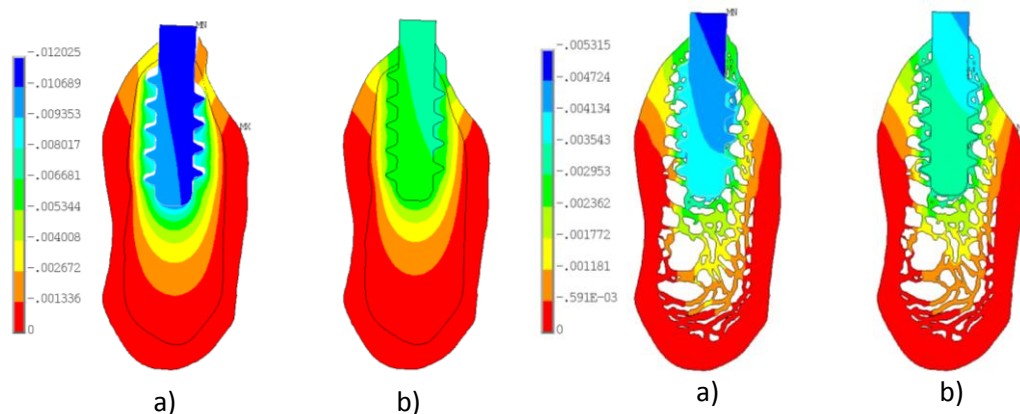
Obr. 7: První hlavní a třetí hlavní napětí [MPa] v kostní tkáni varianta B.



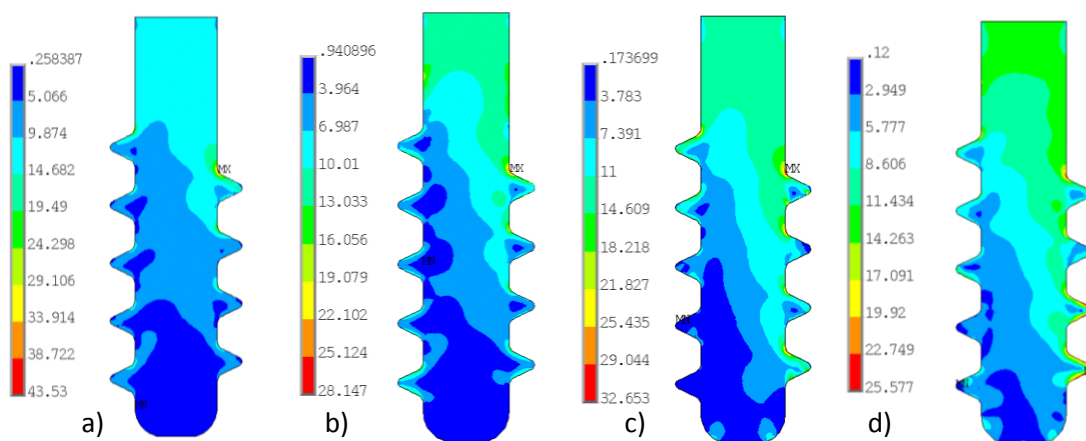
Obr. 8: První hlavní a třetí hlavní napětí [MPa] v kostní tkáni varianta A.



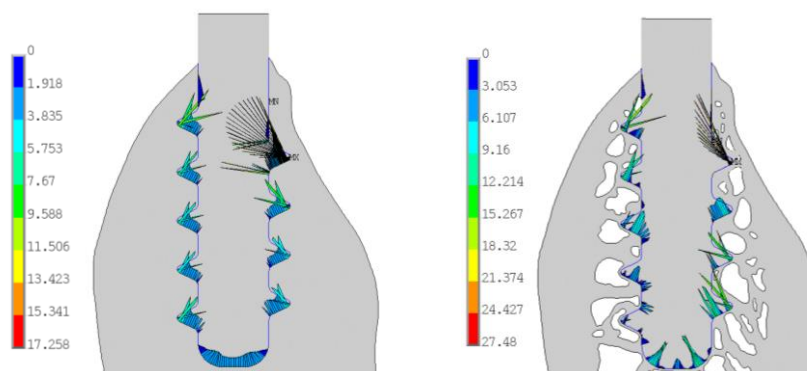
Obr. 9: První hlavní a třetí hlavní napětí [MPa] v kostní tkáni varianta B.



Obr. 10: Deformace soustavy [mm] v korono-apikálním směru při 100 násobném zvětšení.
a) varianta A, b) varianta B



Obr. 11: Redukované napětí HMH [MPa] na implantátu a) varianta A netrámčkový model kosti, b) varianta A trámčkový model kosti, c) varianta B netrámčkový model kosti, d) varianta B trámčkový model kosti



Obr. 12: Kontaktní tlak [MPa] varianta A.

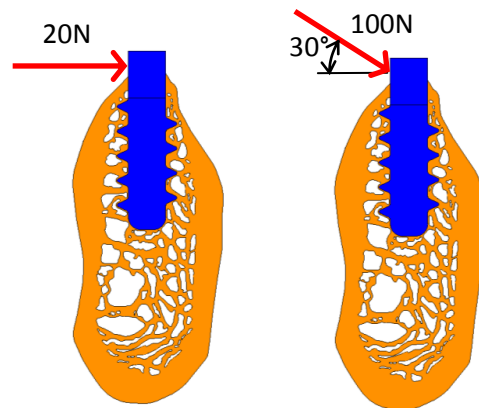
Závěr:

Cílem tohoto zadání bylo procvičení tvorby výpočtového modelu soustavy čelisti s aplikovaným dentálním implantátem. V programovém prostředí ANSYS byly simulovány dva stavy

implantátu v interakci s kostní tkání. Stav, kde bylo nutné modelovat kontakt mezi kostí a implantátem varianta A a varianta B, kde byla vytvořena společná geometrie všem prvkům soustavy.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Měňte modul pružnosti spongiózní kostní tkáně v rozmezí 10 – 750 MPa a simulujte tak sníženou kvalitu kostní tkáně.
2. Srovnajte výsledky s fyziologickou soustavou obsahující zub (metodický list 01 a 02).
3. Měňte silové zatížení implantátu a použijte i jiný směr působení zatížení.



4. Jakým způsobem je možné pomocí kontaktu simulovat oseointegraci?