
Komentovaný metodický list č. 07

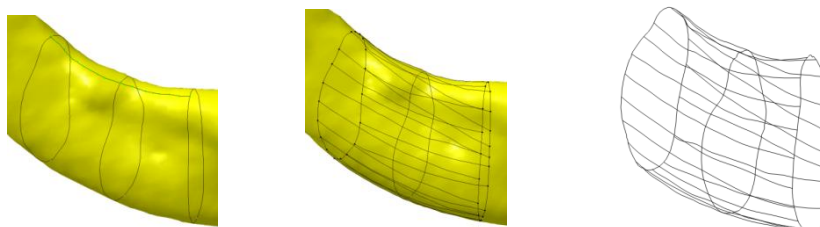
Vytvořil: Ing. Petr Marcián, Ing. Zdeněk Florian, CSc., Ing. Michal Mrázek v rámci grantového projektu FRVŠ 1402/2010/G1

Téma: Vytvoření parametrického modelu geometrie segmentu dolní čelisti v programu SolidWorks.

Zadání: Pomocí drátového modelu získaného z STL souboru, vytvořte parametrický model segmentu dolní čelisti s dentálním implantátem, jehož poloha bude řízená konfigurační tabulkou.

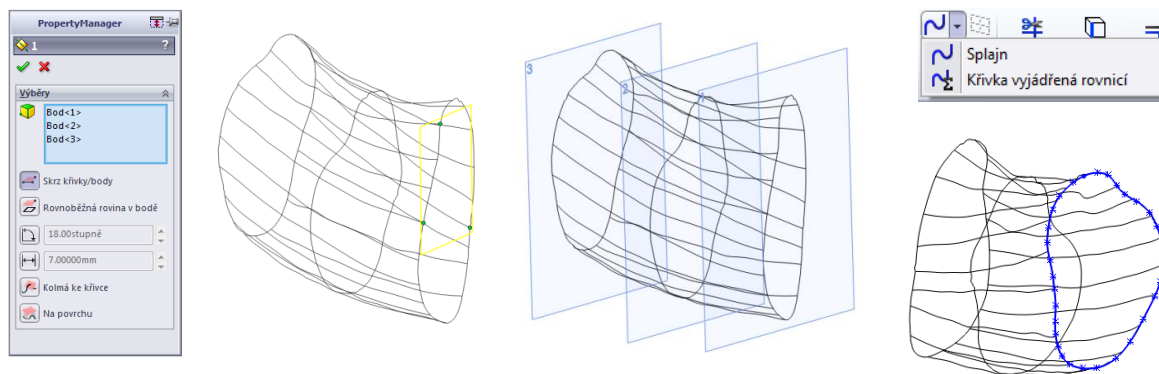
Řešení:

Do programového prostředí SolidWorks importujte soubor [drat_model.igs](#). Jedná se o drátový model vytvořený v programu CATIA (obr. 1), jehož tvorba je popsána v metodickém listu 06.



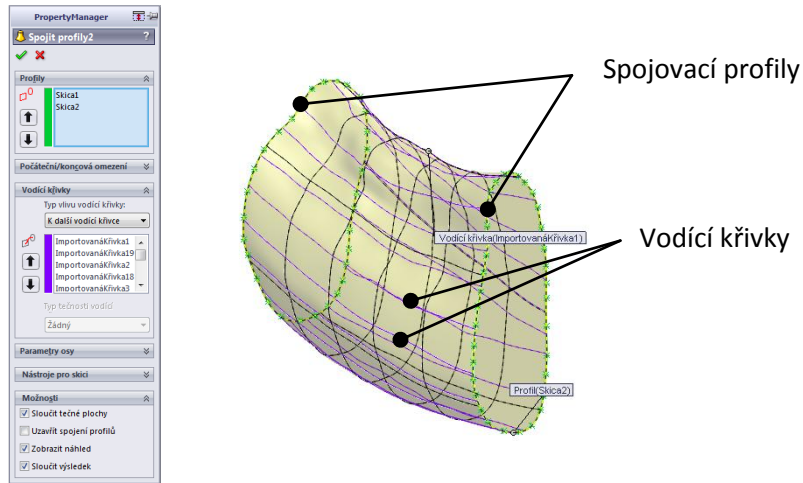
Obr. 1: Drátový model vytvořený pomocí STL sítě.

Nejprve vytvoříme v každém řezu novou rovinu pomocí tří bodů a přejmenujte ji pro snadnější orientaci ve feature manažeru. V první a poslední rovině vytvořte skicu a pomocí funkce *Splajn* a dostatečného počtu bodů namodelujte spojitou křivku kopírující řez (obr. 2).



Obr. 2: Vytvoření rovin pomocí tří bodů a uzavřené splajn křivky.

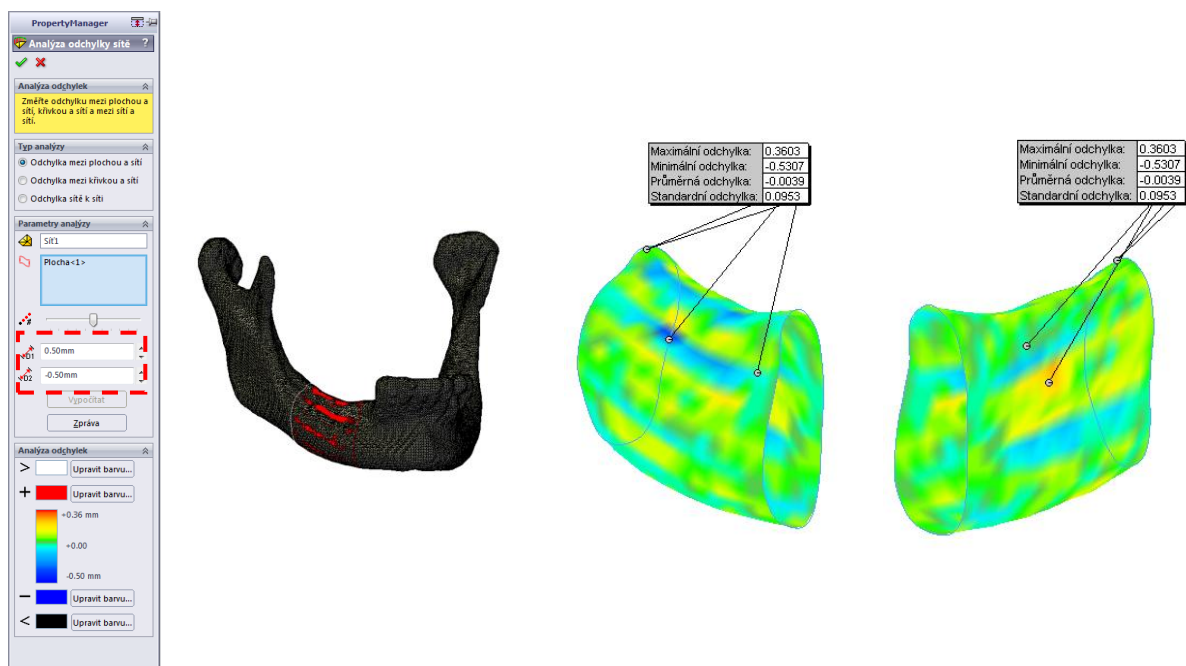
Pomocí funkce spojit profily v hlavním panelovém menu vytvořte objemové těleso popisující vnější tvar kortikální kosti. Nejprve vyberte profily získané splajn křivkami a jako vodící křivky zvolte sérii importovaných čar.



Obr. 3: Vnější tvar kortikální kosti.

Program SolidWorks obsahuje modul, který umožňuje načtení polygonových sítí. Jednoduchým způsobem je možné vytvářet plošný respektive objemový model podobně jako v CATII viz metodický list 06.

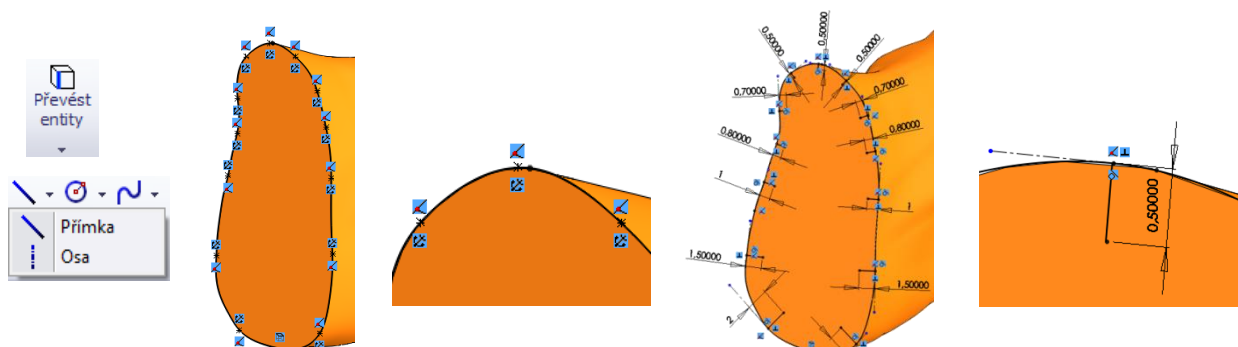
Zjistěte pomocí funkce „Analýza odchylek sítě“ rozdíl mezi polygonální sítí a plochou popisující vnější tvar kosti (obr. 4). Nastavte měření odchylek mezi plochou a sítí a interval analýzy. Po vypočtení se vykreslí izolinie odchylek a k nim odpovídající barevná stupnice (obr. 4).



Obr. 4: Analýza odchylek mezi původní STL sítí a plochou ohraničující kortikální kost.

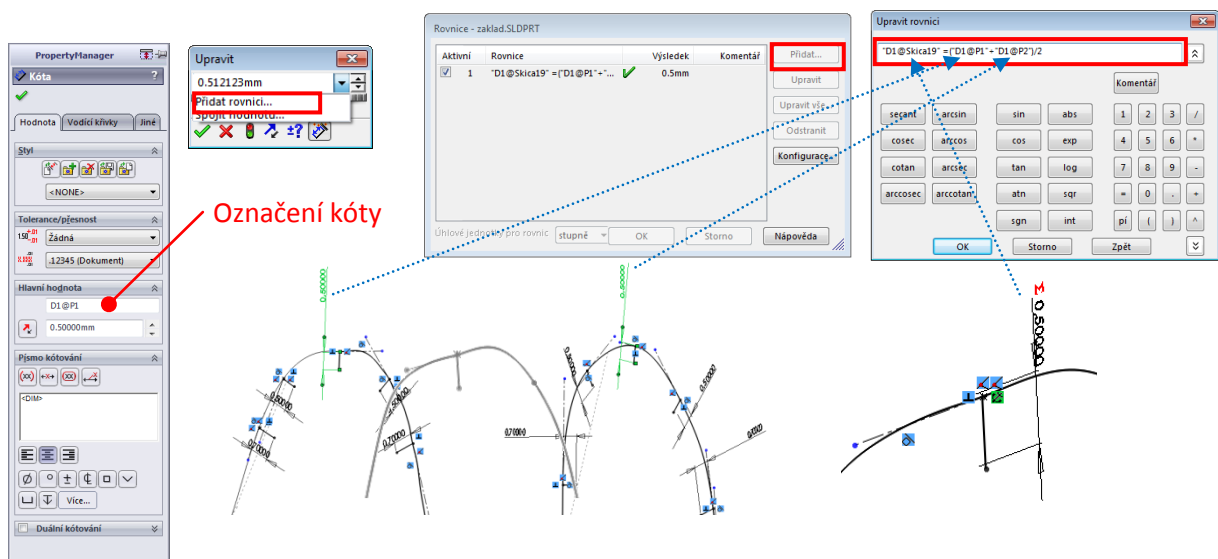
Parametrický model kortikální a spongiózní kosti

Kortikální kost má proměnou tloušťku. Ve spodní čelisti je v alveolárním výběžku podstatně tenčí než v části bazální. Aby bylo možné efektivně měnit tloušťku kosti, vytvořte ve třech rovinách skicu včetně kót a vazeb. Nejprve pomocí funkce „Převést entity“ vykreslíte obrys předchozího splajnu, na který nanese body a přidáte jim vazbu pevný (obr. 5 vlevo). Tyto body budou sloužit jako referenční, k nimž se budou vynášet kóty. Pro přesnější definici tloušťky navíc v každém bodě vyneste tečně ke splajnu osu a na ní v bodě vyneste na kolmici přímku, kterou zakótujte. Dodrže mezi vytvořenými prvky vazby, které jsou uvedeny na (obr 5). U řezů vytvořte stejný počet bodů a kót na přibližně stejných polohách. Na závěr ukončete skicu a vytvořte ve stejných rovinách novou a koncovými body zakótovaných přímek proložte splajn, tzv. řídicí splajn.



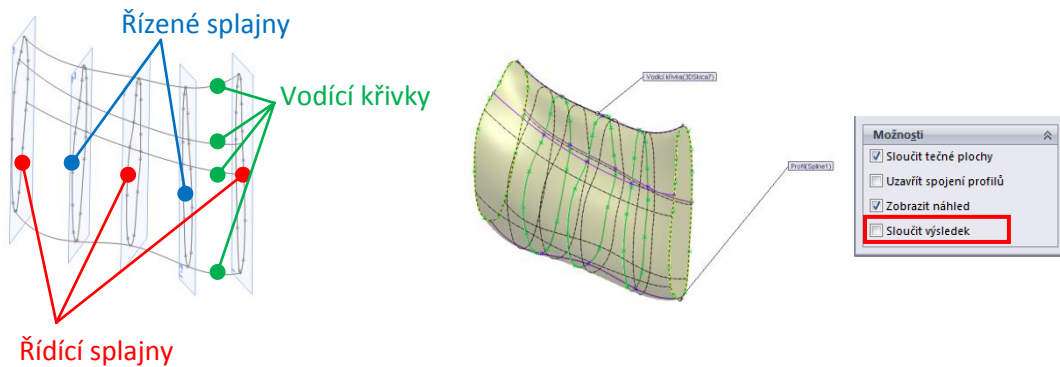
Obr. 5: Vytvoření parametrické skici.

Mezi každý řez umístěte další rovinu a vytvořte v ní skicu v závislosti na sousedních (obr. 7) tzv. řízené splajny. To provedete pomocí rovnice popisující jejich závislost. Nejprve si zjistěte označení kót v propety manageru (skládá se z názvu kóty a skici oddělené zavináčem). Poté vytvořte stejné vazby jako v předchozích řezech, ale při zadání velikosti kóty vyberte v roletovém menu „Přidat rovnici“. Objeví se okno, v němž zadejte přidat a запиšte rovnici, například počítejte průměrnou hodnotu z obou vedlejších řezů. Proměnné je třeba zadávat do uvozovek. U takto definovaného rozměru se objeví na kótě symbol sumy.

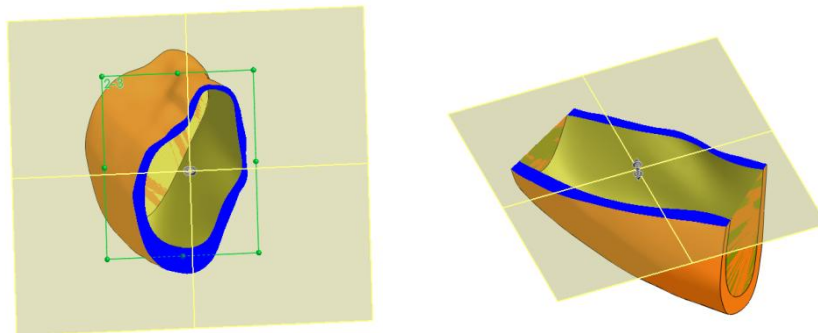


Obr. 6: Vytvoření závislých řezů (řízených splajnů).

Stejným způsobem jako v případě vytváření vnějšího tvaru kortikální kosti (obr. 3), vytvořte vnější tvar kosti spongiózní. Navíc ještě vytvořte ve 3Dskicích čtyři vodící křivky (obr. 7). Nezapomeňte v nastavení funkce „Spojit profily“ nechat prázdnou možnost „Sloučit výsledek“, jinak by došlo k booleovskému sečtení nově vytvořeného objemu k předchozímu objemu kortikální kosti. Pro kontrolu si zobrazte řezy obou vzniklých objemových těles (obr. 8).



Obr. 7: Vnější tvar spongiózní kosti – parametrický model.

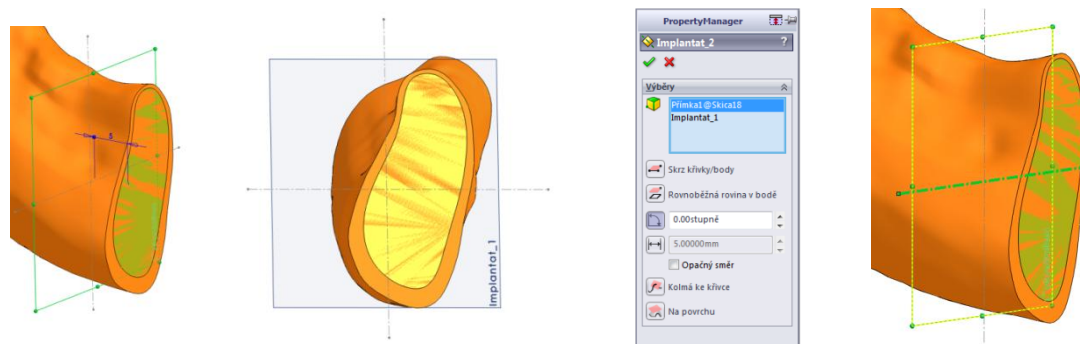


Obr. 8: Řez modelem geometrie kosti.

Parametrický model válečkového implantátu

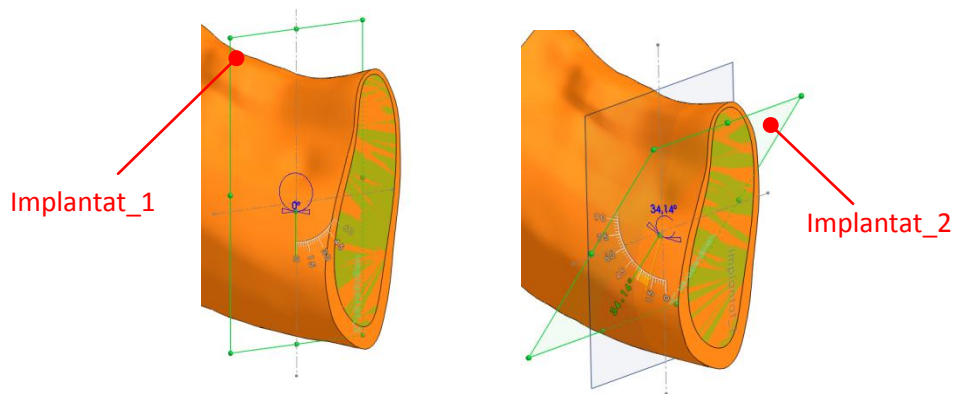
Nejprve je třeba zadat pomocí rovin a os budoucí polohu implantátu v prostoru. Obecně má těleso 6 stupňů volnosti. Jeden stupeň můžeme vynechat, jelikož válečkový implantát je osově symetrický.

Nejprve vytvoříme rovinu rovnoběžnou s první rovinou a pojmenujeme jí například implantat_1 (obr. 9 vlevo). Tím je vymezen jeden ze tří posuvů a odebrán stupeň volnosti.



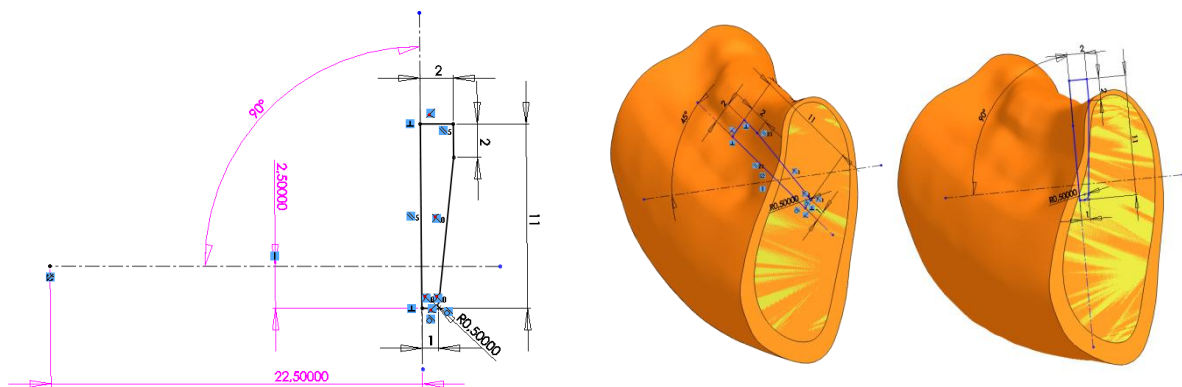
Obr. 9: Roviny vymežující umístění implantátu v prostoru.

V rovině implantat_1 nakreslete osu, kolem které budete natáčet rovinu implantátu (obr. 9 vpravo). Pomocí roviny implantat_1 a osy vytvořte novou rovinu implantat_2, která je na vybraných objektech závislá. Tím dojde k vymezení jednoho ze dvou úhlů natočení (obr. 10).



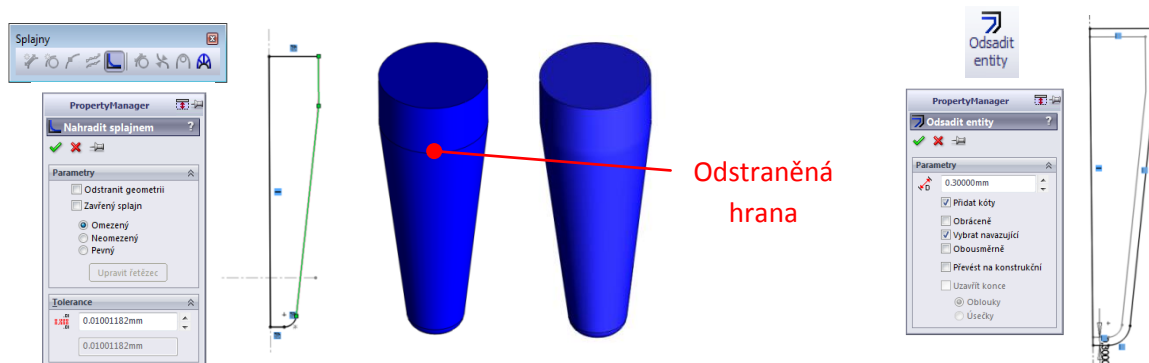
Obr. 10: Rovina vymežující úhel natočení.

V rovině implantat_2 vytvořte skicu, jejíž rotací vznikne tvar implantátu (obr. 10). Využijte vazeb a obrys jednoznačně zakótuje. Tři kóty na obrázku označené fialově vymezují dva posuvy a jedno natočení, tím dojde k odebrání zbývajících 3 stupňů volnosti.



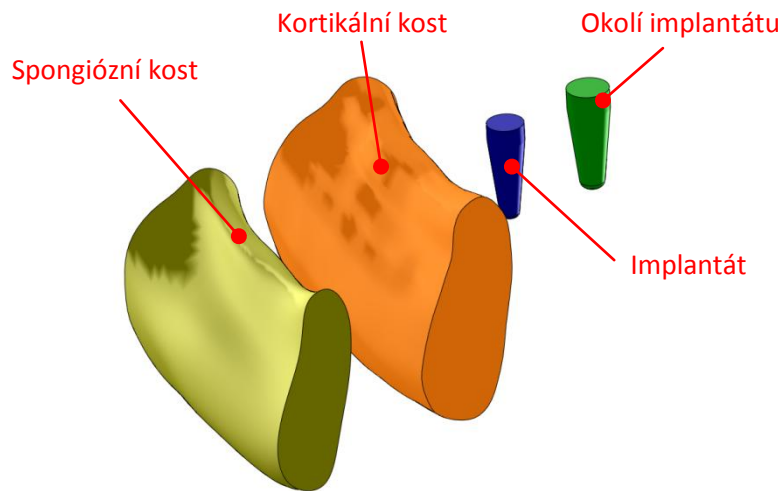
Obr. 11: Skica implantátu.

Při vytvoření modelu geometrie implantátu se vytvoří hrana na přechodu mezi krčkem a tělem implantátu. Tuto křivku je možné odstranit nahrazením původního obrysu splajnem (obr. 12 vpravo). Skicu nakreslíte ve stejné rovině jako v předchozím kroku a obrys z předchozí skici získáte funkcí „Převést entity“. Stejným způsobem vytvoříte v nové skice i okolí implantátu (obr. 12 vlevo) pomocí funkce „Odsadit entity“ o tloušťce například 0.3 mm.



Obr. 12: Model geometrie implantátu a skica k okolí implantátu.

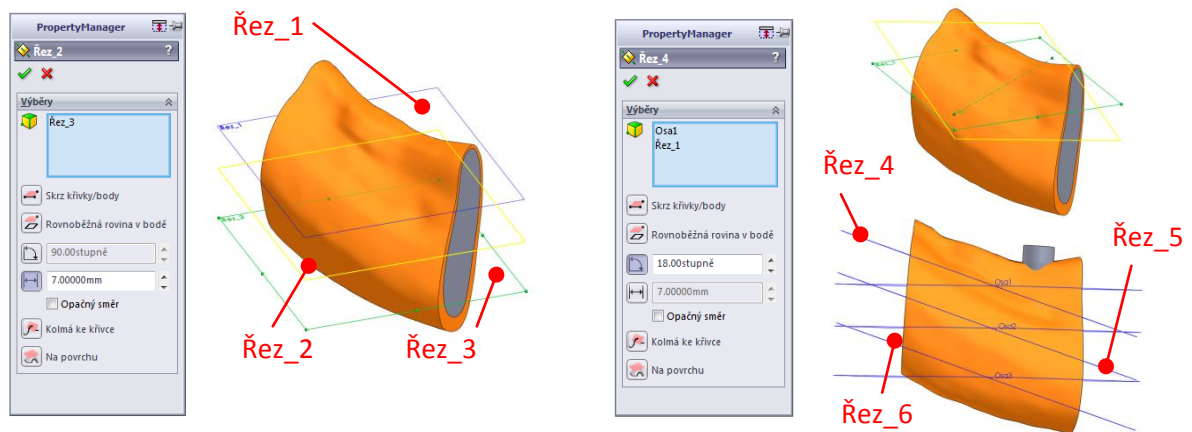
Při vytváření objemů implantátu a jeho okolí pomocí funkce „Přidání rotací“ nezapomeňte mít deaktivovanou položku „Sloučit objemy“ (obr. 6). Nyní jsou vytvořeny dohromady 4 dílčí objemová těla řešené soustavy (obr. 13).



Obr. 13: Dílčí modely geometrie.

Dělicí roviny

Pro snadnější tvorbu konečnoprvkové sítě, je vhodné celý model rozřezat na dílčí podobjemy. Nejprve vytvořte sérii rovin pomocí základní roviny a pojmenujte si je pro snadnější orientaci například Řez_1, Řez_2 a Řez_3 (obr. 14 vlevo). Vytvořte v každé rovině osu přibližně v polovině modelu a pomocí ní a předešlých rovin vytvořte sérii nakloněných rovin (obr. 14 vpravo) a pojmenujte je Řez_4, Řez_5 a Řez_6.



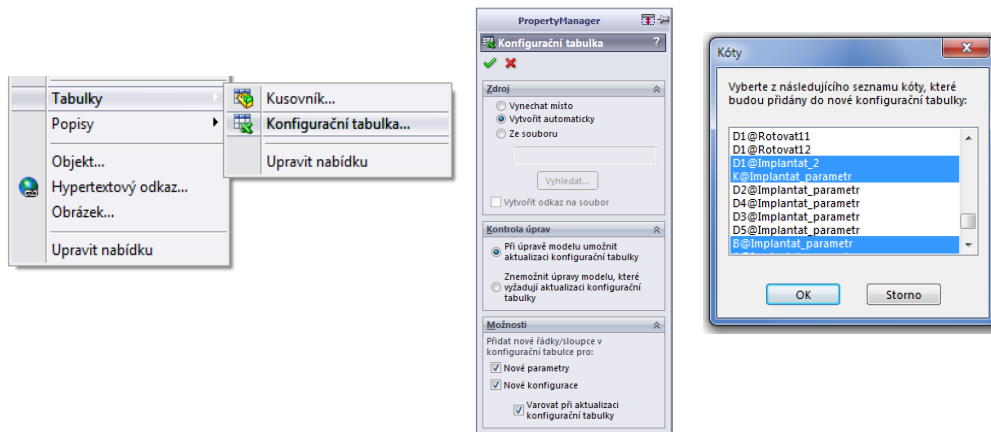
Obr. 14: Vytvoření vodící křivky pro řezy.

Poslední chybějící rovinou je rovina kolmá na rovinu označenou implantat_2. Pomocí osy implantátu a zmíněné roviny vytvořte pod pravým úhlem novou rovinu a označte ji implantat_3.

Takto získaný model všech dílů si uložte jako základní model, pomocí kterého vytvoříte dílčí modely celé soustavy.

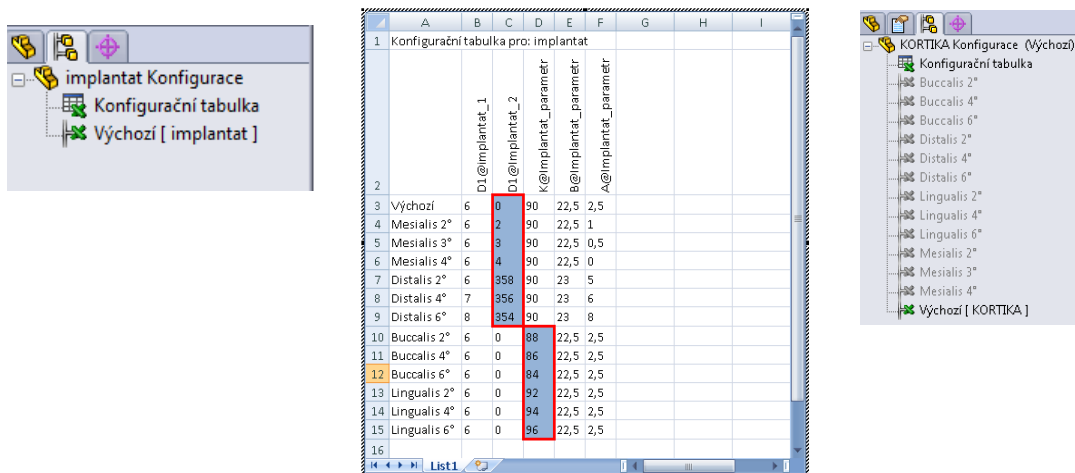
Konfigurační tabulka

Před vlastní tvorbou tabulky si zjistěte hlavní hodnoty pěti kót, kterými se řídí poloha a natočení implantátu, podobně jako na obrázku 6. V menu vložte zvolte tabulky a vyberte možnost „Konfigurační tabulka“ (obr. 15). Objeví se možnosti základního nastavení, které nechte na defaultních hodnotách. Následně se objeví seznam kót, v němž je možné přidat do tabulky ty kóty, které jsou řídicí pro polohu a natočení implantátu.



Obr. 15: Vytvoření vodící křivky pro řezy.

V feature manageru se vám objeví ve stromě nová konfigurační tabulka a k ní přiřazená výchozí konfigurace. Na pracovní ploše programu SolidWorks se ve výřezu objeví excelovské okno. V tabulce můžete do řádků pod výchozí konfigurací přidávat další. Nejprve je nutné vyplnit jméno a do dalších buněk hodnotu kót. Na obrázku 16 jsou vyznačeny změny natočení implantátu. K tabulce je možné se vrátit kliknutím pravým tlačítkem myši ve feature manageru na konfigurační tabulku. Je možné ji otevřít i přímo v programu Excel.



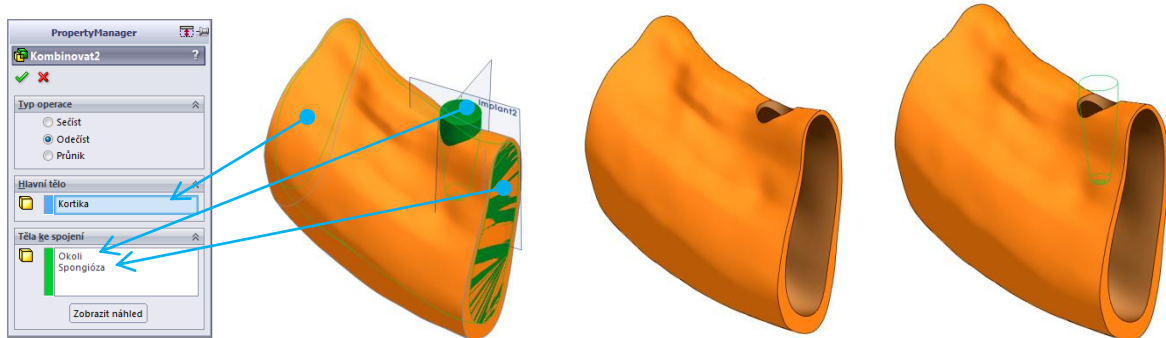
The image shows three parts of the software interface. On the left is the 'implantat Konfigurace' feature tree with 'Konfigurační tabulka' and 'Výchozí [implantat]'. In the center is an Excel spreadsheet with a table of values. On the right is the 'KORTIKA Konfigurace (Výchozí)' feature tree with a list of parameters like 'Buccalis 2°', 'Buccalis 4°', etc.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	konfigurační tabulka pro: implantat									
2		D1@Implantat_1	D1@Implantat_2	K@Implantat_parametr	@Implantat_parametr	A@Implantat_parametr				
3	Výchozí	6	0	90	22,5	2,5				
4	Mesialis 2°	6	2	90	22,5	1				
5	Mesialis 3°	6	3	90	22,5	0,5				
6	Mesialis 4°	6	4	90	22,5	0				
7	Distalis 2°	6	358	90	23	5				
8	Distalis 4°	7	356	90	23	6				
9	Distalis 6°	8	354	90	23	8				
10	Buccalis 2°	6	0	88	22,5	2,5				
11	Buccalis 4°	6	0	86	22,5	2,5				
12	Buccalis 6°	6	0	84	22,5	2,5				
13	Lingualis 2°	6	0	92	22,5	2,5				
14	Lingualis 4°	6	0	94	22,5	2,5				
15	Lingualis 6°	6	0	96	22,5	2,5				
16										

Obr. 16: Vytvoření vodící křivky pro řezy.

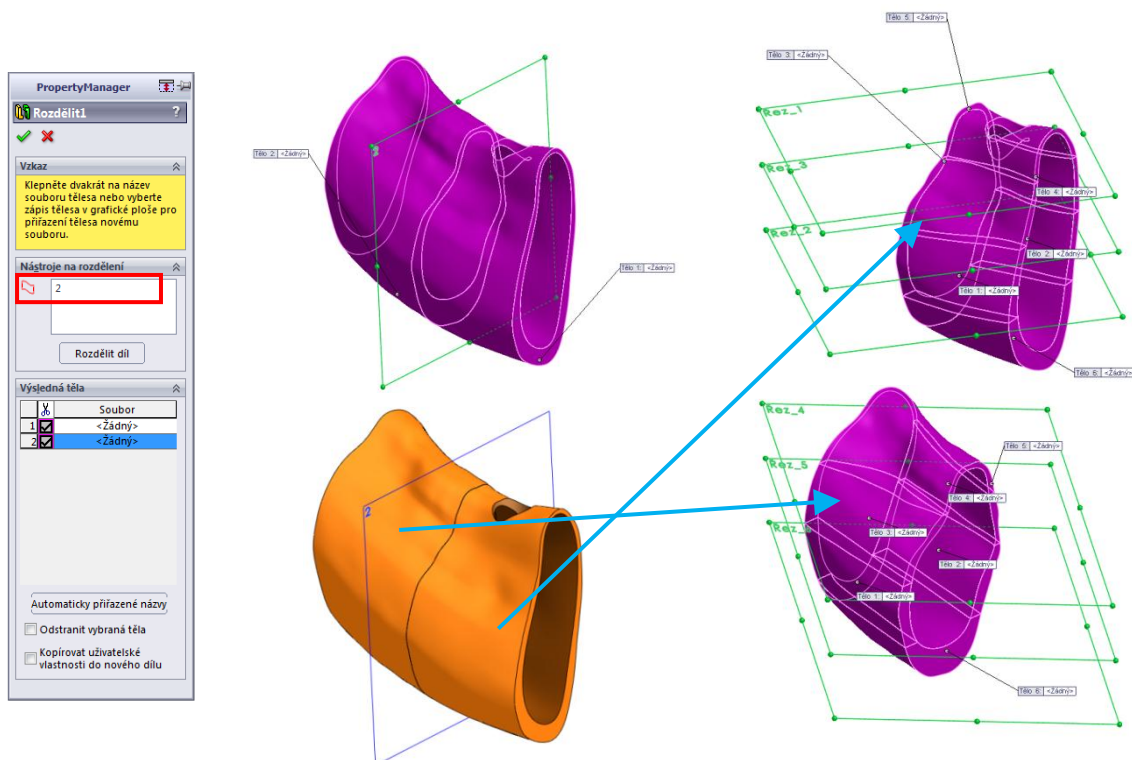
Kortikální kost

Pomocí booleovských operací příkazem „kombinovat“ odečtete od objemu kortikální kosti kost spongiózní spolu s okolím kosti (obr. 17). Přebytečným objemem je zde implantát, který odstraníte pomocí funkce „Odstranit tělo“.



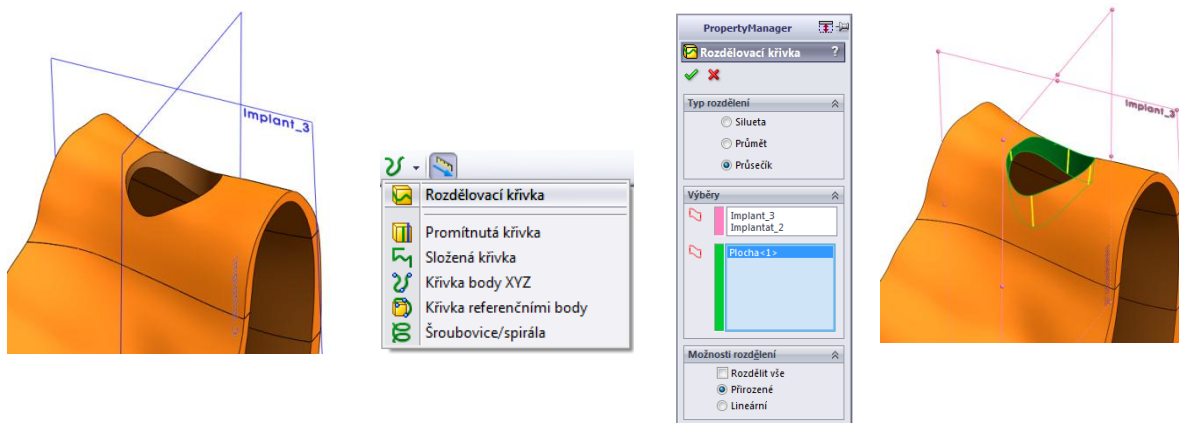
Obr. 17: Kortikální kost po booleovském odečtení.

Následně pomocí funkce „Rozdělit“ vytvoříte dva objemy s využitím prostřední roviny vytvořené na začátku pomocí tří bodů (obr. 2). V property manageru je nutné každý objem zaškrtnout. Pravou polovinu modelu poté skryjte a rozdělte na tři části pomocí rovin označených Řez_1 až Řez_2 (obr. 18 vpravo). Stejně postupujte i při rozdělení druhé části objemu pomocí rovin označených Řez_4 až Řez_6.



Obr. 18: Rozdělení kortikální kosti na dílčí objemy.

Na závěr pomocí rovin implantat_2 a implantat_3 funkcí „Rozdělovací křivka“ rozdělte plochu, jak je ukázáno na obrázku 19. Nastavte možnost rozdělení jako průsečík.

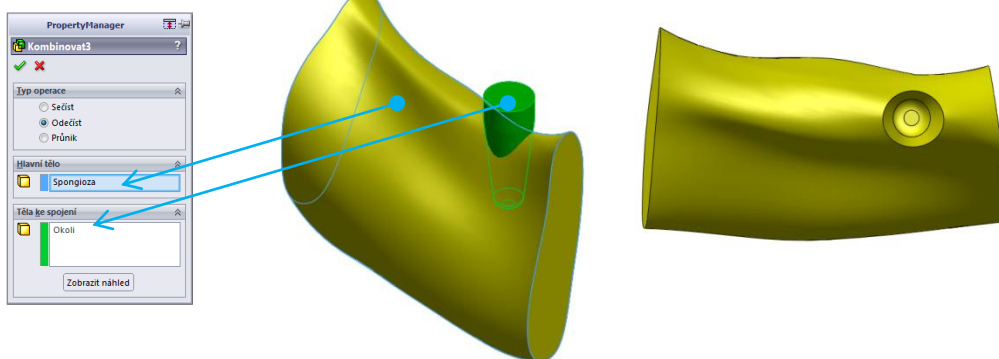


Obr. 19: Rozdělení plochy.

Takto vytvořený model kortikální kosti uložte pod jiným názvem a otevřete model původní.

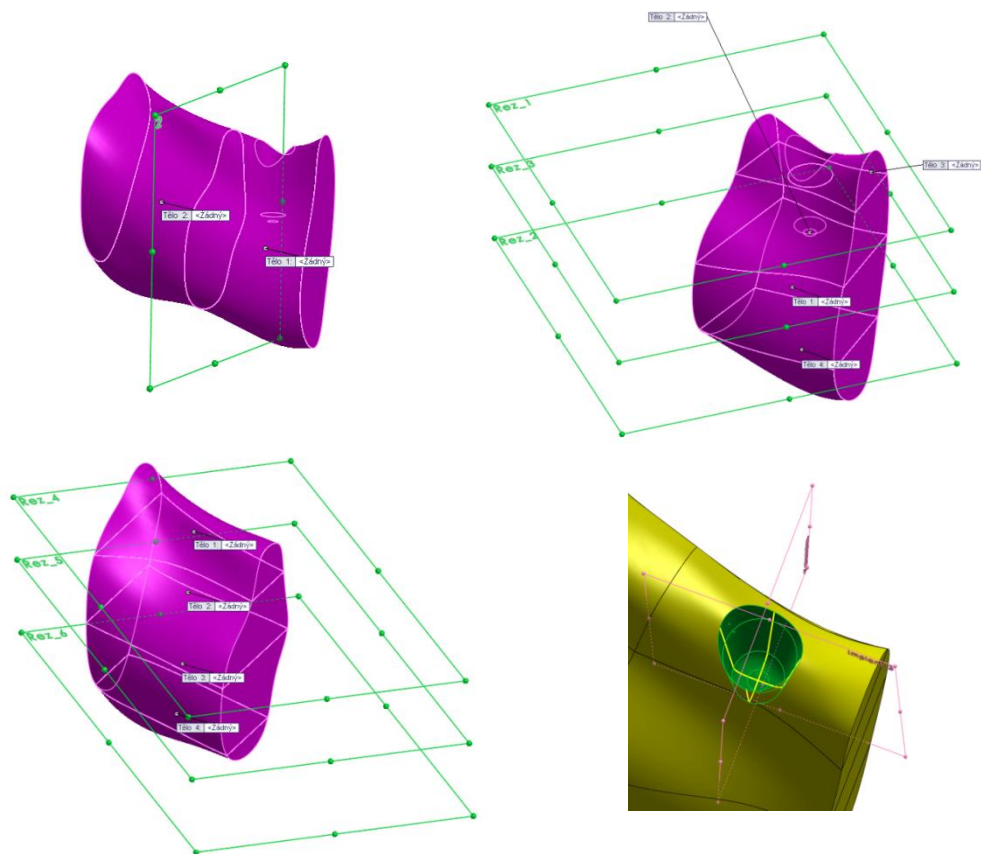
Spongióza

Při tvorbě modelu spongiózní kosti postupujte obdobně jako v předchozím případě. Nejprve booleovskými operacemi odečtete okolí implantátu od kosti a smažte objemová těla kortikální kosti a implantátu (obr. 19).



Obr. 20: Spongiózní kost vzniklá booleovským odečtením.

Funkcí „Rozdělit“ vytvořte dva objemy s využitím prostřední roviny vytvořené na začátku pomocí tří bodů (obr. 2). Pravou polovinu modelu poté skryjte a rozdělte na tři části pomocí rovin označených Řez_1 až Řez_3 (obr. 21 vpravo nahoře). Stejně postupujte i při rozdělení druhé části objemu pomocí rovin označených Řez_4 až Řez_6. Rovinami implantat_2 a implantat_3 rozdělte na čtyři části plochy vzniklé po odečtení okolí implantátu (obr. 21 vpravo dole). Tímto způsobem se předepíše přímo rozdělení křivek a ve výpočtovém systému ANSYS se tak snadněji spojí geometrie.

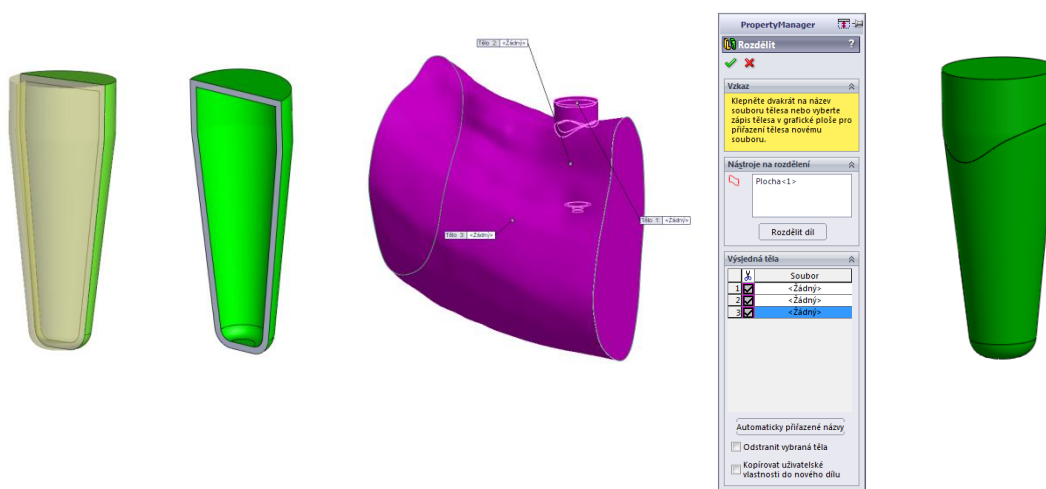


Obr. 21: Rozdělení kortikální kosti na dílčí objemy.

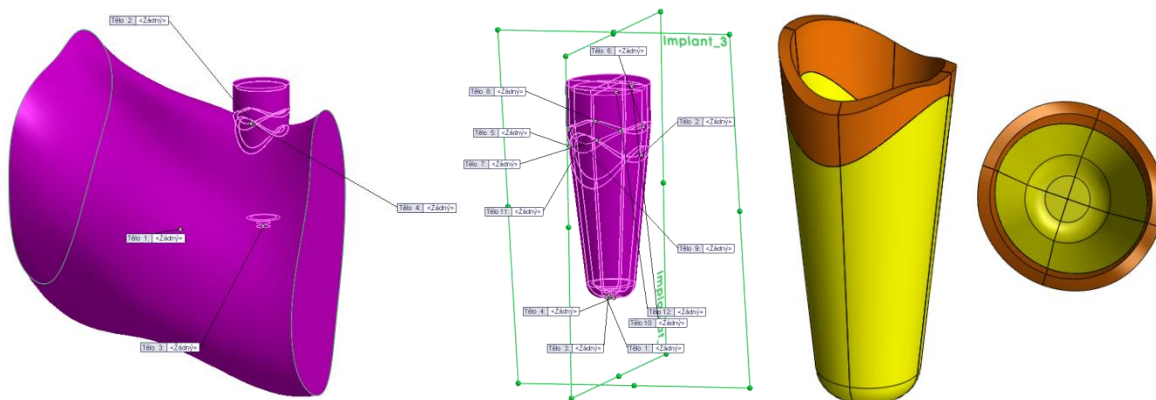
Takto vytvořený model spongiózní kosti uložte pod jiným názvem a otevřete model původní.

Okolí implantátu

Nejprve pomocí booleovského odečtení vytvořte skořepinu odečtením implantátu od modelu okolí. Poté rozdělte objem pomocí plochy popisující vnější tvar kortikální kosti a kosti spongiózní (obr. 22 a 23). Nakonec rozdělte pomocí rovin implantat_2 a implantat_3 na 12 objemů vzniklé těleso a odstraňte přebytečné objemy.

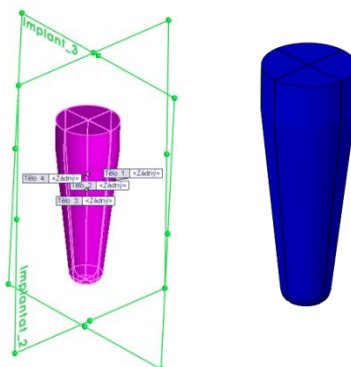


Obr. 22: Rozdělení na dílčí objemy.



Obr. 23: Okolí implantátu.

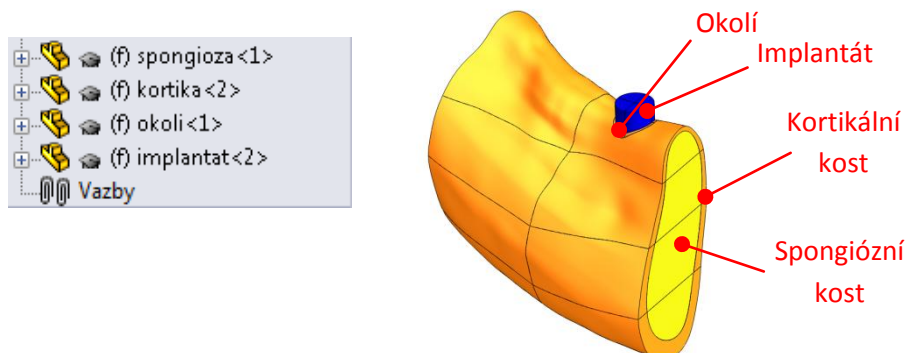
Takto vytvořený model okolí implantátu uložte pod jiným názvem a otevřete model původní a odstraňte všechna těla a implantát rozdělte pomocí rovin implantat_2 a implantat_3 na čtyři díly (obr. 24). Následně uložte pod novým názvem.



Obr. 24: Implantát.

Sestava

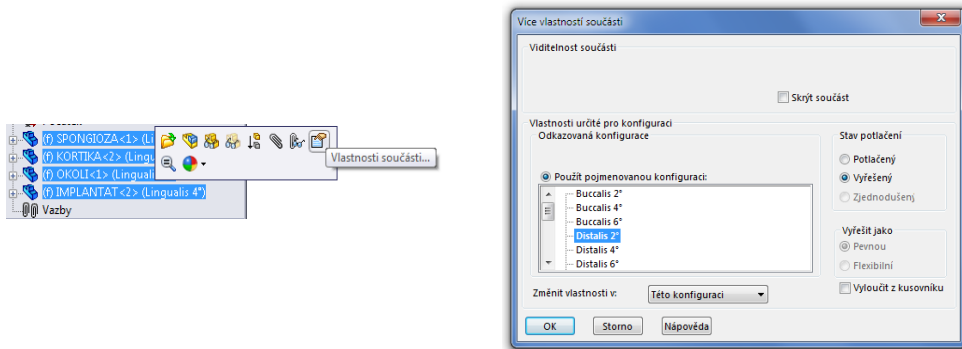
Vytvořte novou sestavu a načtěte všechny uložené dílčí modely. Rovnou potvrzujte volbu vložit a nezadávejte mezi jednotlivá tělesa žádné vazby, automaticky se nastaví všechny součásti jako pevné (obr. 25).



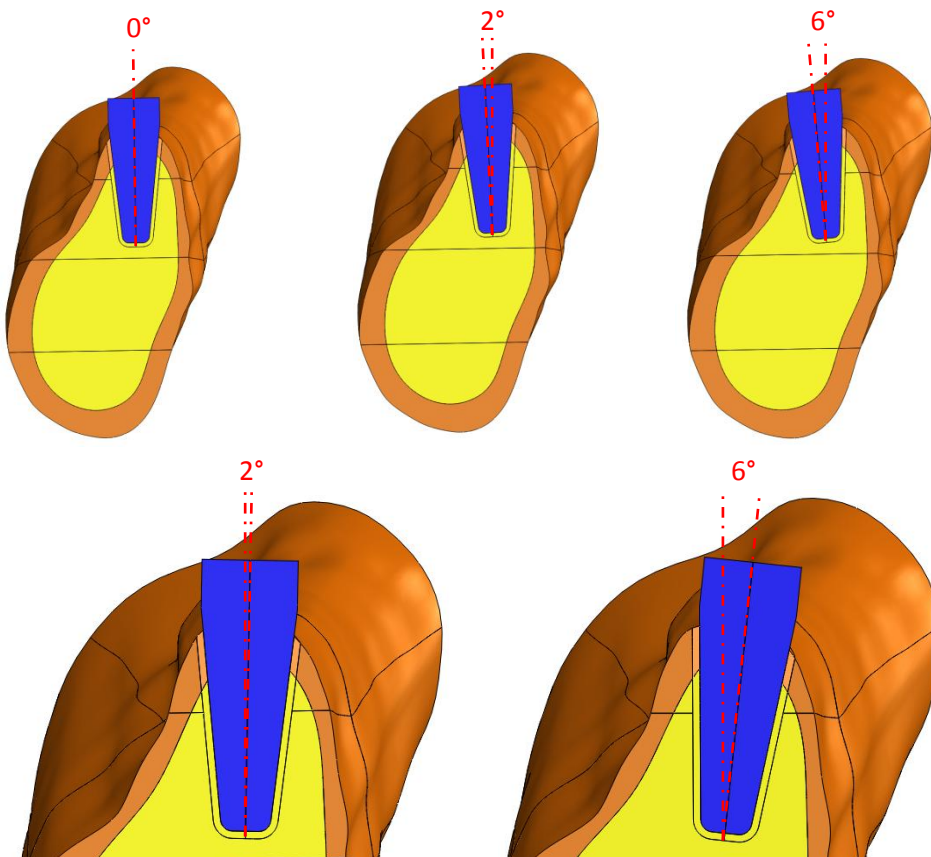
Obr. 25: Sestava kosti s implantátem.

Změna topologie

Nyní můžete změnou konfigurace, kterou je nutné nastavit u všech dílčích modelů soustavy (obr. 26), libovolně natáčet a měnit polohu implantátu. Tímto způsobem je možné během několika málo sekund vytvořit zcela jinou konfiguraci (obr. 27) a nezdřovovat se komplikovanou tvorbou modelu.



Obr. 26: Změna konfigurace.



Obr. 27: Modifikace natočení implantátu.

Závěr

Cílem tohoto zadání bylo vytvoření parametrického modelu segmentu spodní čelisti s válečkovým dentálním implantátem a jeho vymezení pomocí parametrů v prostoru konfigurační tabulky. Tvorba vyžaduje základní uživatelské znalosti modelování v programu SolidWorks. Funkce jsou jasně vysvětleny a doplněny řadou objasňujících obrázků.

Součástí dokumentu jsou i [přílohy](#), v nichž jsou vytvořené náhledy modelů geometrie, jimiž je možné po kliknutí rotovat a pohybovat.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Vytvořte konfigurační tabulku, pomocí které budete měnit tloušťku kortikální kosti.