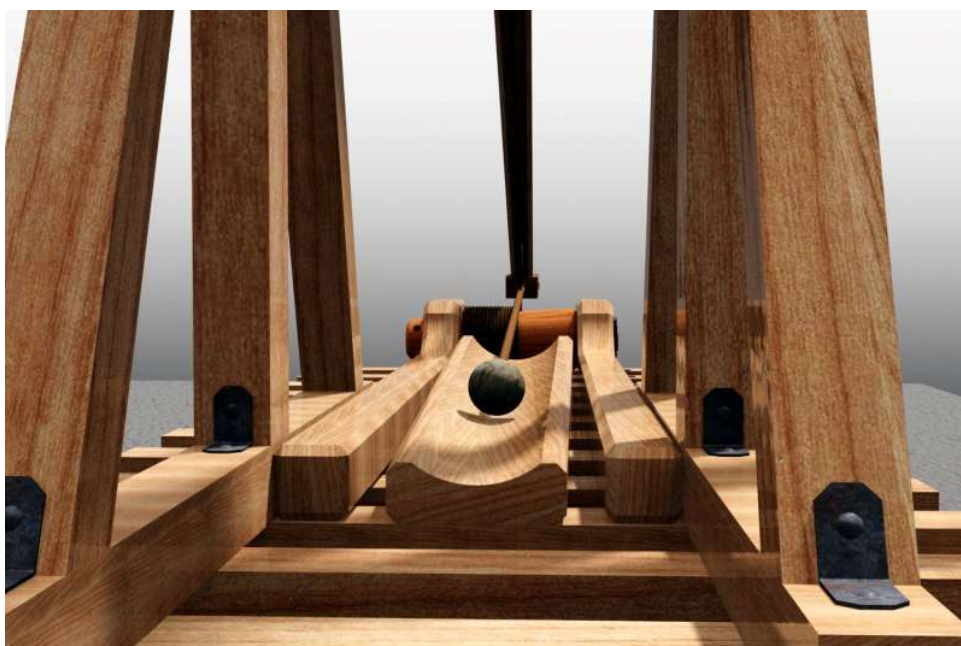


Využití digitálního prototypu při rekonstrukci středověkého trebuchetu

Autor článku: Petr Fořt

Tags: CAE | Historické rekonstrukce | Petr Fořt | SPŠ | Trebuchet | Výuka | Žďár na Sázavou

Spojení moderních metod 3D navrhování v oblastech, které nejsou odborně až tak příbuzné, patří v současné době ke stále zajímavějším oblastem využití informačních technologií. Technologie a přístupy tvorby digitálních prototypů, se objevují v projektech propojujících mezi sebou zdánlivě nesoudržné oblasti. Právě v jednotlivých fázích řešení se uplatňuje výpočetní technika stále častěji díky možnosti vytvořit digitální model, ekvivalent skutečného výrobku.



Digitální prototyp poskytuje výborný přehled při realizaci libovolného projektu

Podívejme se například na medicínu, analýzy spojené se životním prostředím, biologii apod. Do této kategorie projektů patří jedna z velmi zajímavých historických rekonstrukcí, která se snaží o spojení moderních 3D nástrojů pro technické navrhování, výpočty, analýzy a vizualizaci s informacemi dostupnými v historických pramenech. Původní nápad propojit zdánlivě nesoudržné obory realizoval Tomáš Musil ze SPŠ ve Žďáru nad Sázavou. Ve své studii se pokusil provázat podklady historických pramenů se zcela novými postupy konstrukce a analýzy neobvyklého technického problému, středověkého trebuchetu. Jedná o plně mechanický problém, který v sobě spojuje několik konstrukčních problémů s fyzikální simulací.

Cílem projektu bylo vytvořit nejen odpovídající 3D model s možností analyzovat problém jako celek, ale také provést vizualizaci vhodnou pro prezentaci problému před odbornou a laickou veřejností. Průběžně byla realizována také výroba zmenšeného funkčního modelu pro účely dobových prezentací a historických výstav.

Trebuchet byl původně ve své době využíván jako oblévací zbraň proti kamenným hradům a obranným valům. Podle dobových pramenů zasahuje historie trebuchetu až do 13. století. Pracoval na principu vahadla na rozdíl od jiných typů dobových, převážně dřevěných zbraní. V závislosti na velikosti dokázal

trebuchet přehodit až několik stovek kilogramů různorodé zátěže. Díky své čistě mechanické konstrukci a funkci je ideálním předmětem dalšího technického zkoumání a bádání nejen pro studenty historie. Konstrukčně se jednalo o technické zařízení dřevěné konstrukce dosahující výšek bezmála desítky metrů, které jsou rekonstruovány často jako součást expozic středověkých hradů po celém světě.



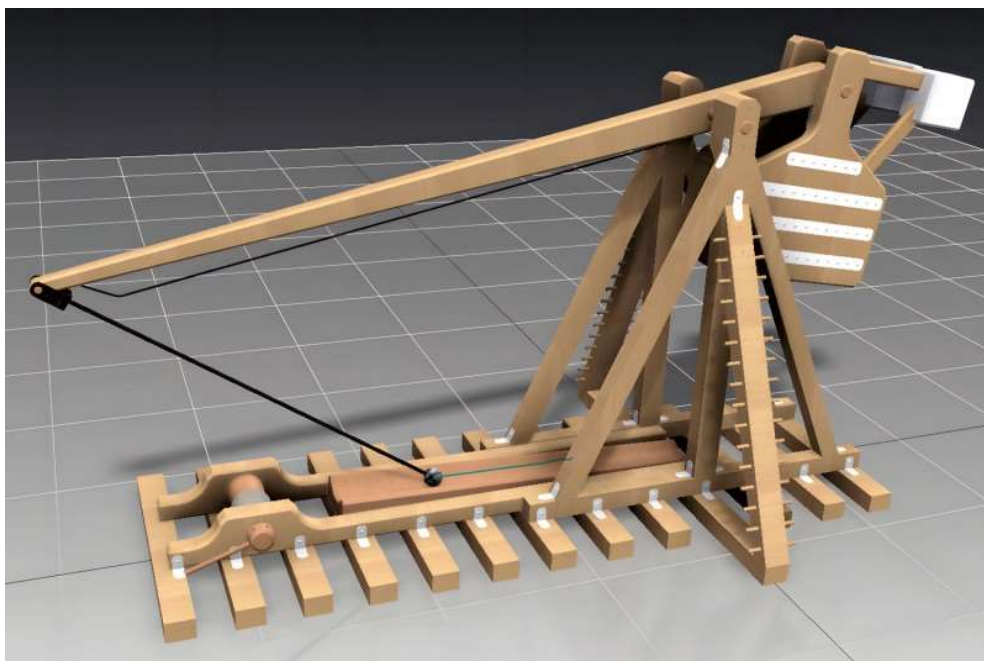
Konstrukční řešení trebuchetu s využitím vizualizačních nástrojů

Z moravských nadšeneckých snah se můžeme podívat například do srpna roku 1990, kdy byl na hradě Helfštýn nedaleko Týna nad Bečvou rekonstruován funkční trebuchet skupinou historického šermu Markus M. K těmto místům mám jistou slabost, protože na jsem letišti v Drahotuších nedaleko hradu Helfštýn strávil dětství a trebuchet byl zde dokonce i testován.



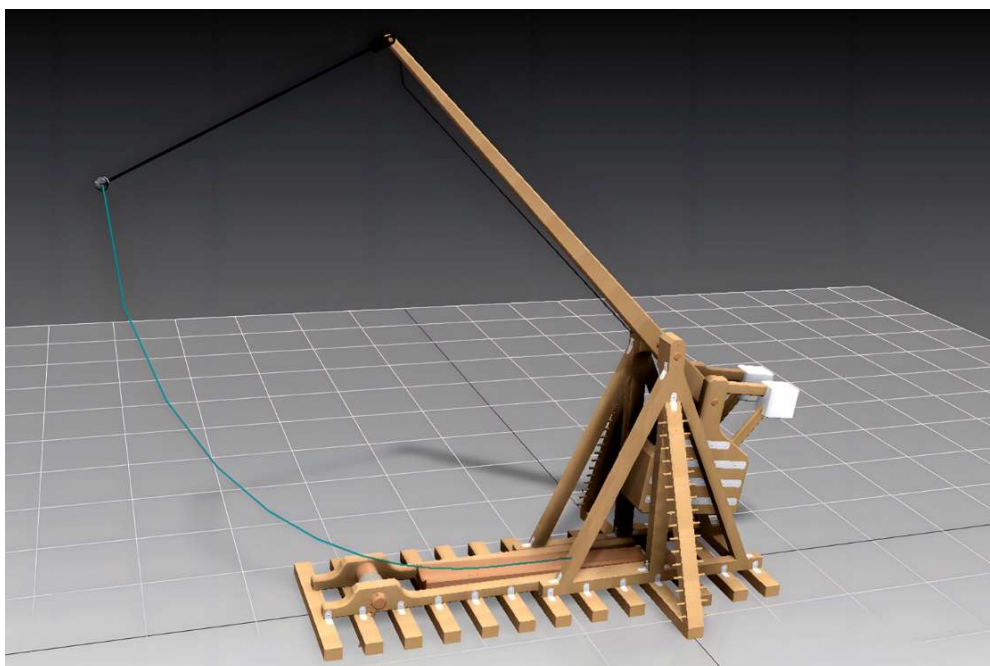
Základní mechanika trebuchetu

Základem pro vypracování konstrukčního řešení bylo několik dobových skic a náčrtů, které poukazují na důmyslné řešení dřevěné konstrukce trebuchetu. Po přípravě několika základních vstupních skic byla vlastní digitální rekonstrukce realizována v Autodesk Inventoru.



Příprava modelu na kinematickou simulaci pomocí CAE nástrojů

Zde je bezesporu jednou z výhod vstřícná licenční politika Autodesku a dostupnost prakticky všeho potřebného softwaru vybavení studentům pro jejich dlouhodobé využití. Studentské projekty mohou být díky tomu řešeny samostatněji jako rozsáhlejší dlouhodobé úkoly. Studenti si mají navíc možnost vybrat svou cestu řešení a využít vhodný nástroj ze širokého spektra produktů Autodesku.



Výsledná kinematická simulace řešená s využitím CAD/CAE nástrojů

Tomáš využil převážně produktů pro digitální projektování od Autodesku. Projekt byl díky zvolenému spektru softwaru řešen jako digitální prototyp nejen s cílem zpracovat vizuálně věrnou studii. Historická rekonstrukce se soustředila na problémy poodhalující konstrukci a mechanickou funkčnost zařízení. V první fázi byl vytvořen 3D model pomocí postupů adaptivního a funkčního navrhování.

Tato procedura je velmi příjemná svou otevřeností v možnosti práce s hybridní geometrií skic a částečně parametrického návrhu modelu. Model byl následně matematicky parametrizován až do podoby finálního 3D řešení. Konstrukce trebuchetu byla průběžně konzultována jak z hlediska konstrukčního, tak z hlediska dobových pramenů. Bylo nutné zohlednit také řadu výrobních omezení daných realizací a výrobou dřevěné konstrukce, která probíhala opravu v polních podmínkách.



Fotografie z výroby trebuchetu

Velmi dobrým vodítkem při řešení digitálního modelu byla také paralelní výroba zmenšeného funkčního prototypu. Bylo možné otestovat konstrukční řešení nejen na pracovní ploše počítače, ale také přímo na za hradě a výsledky historické rekonstrukce srovnávat v určité minimalistické podobě. Veškerá konstrukce digitálního prototypu zabrala několik týdnů zkoumání nejvhodnějších principů. Tomáš vytvořil několik alternativ tak, aby co nejlépe vyhovovaly dobovým pramenům, jak z hlediska koncepce, tak z hlediska konstrukce.

Postupy funkčního navrhování se ukázaly v průběhu řešení projektu jako velmi intuitivní i díky sofistikované obsluze softwaru. Jednotlivé funkčnosti softwaru nepřekáží při práci a jsou velmi intuitivní z hlediska nastavování jednotlivých parametrů a voleb. Příjemnou vlastností je možnost okamžité dynamické simulace řešení a asociativní transformace pohybových vazeb modelu, které jsou prakticky převzaty z původní sestavy. Postupně byly testovány některé z konstrukčních celků také pomocí FEM nástrojů. Zde je vzhledem k dřevěné konstrukci ovšem brát výsledky za orientační, protože materiály v této oblasti nejsou charakteristické příliš výraznou homogenitou mechanických vlastností, jak tomu je u jiných běžně strojírensky využívaných materiálů.



Fotografie z výroby trebuchetu

Kinematika modelu trebuchetu a její řešení vychází z podkladové sestavy, která je řešena jako skupina 3D součástí provázaných vzájemně vazbami, které omezují stupně volnosti pohybů. V našem případě byla simulována trajektorie pohybu a analyzovány zatížení kritických částí trebuchetu. Obrazové podklady byly zpracovány do podoby interaktivního vizuálního prostředí pomocí technické vizualizace. Nechtěli jsme jít záměrně cestou tradičních fotomontáží, ale Tomáš se pokusil o lehce improvizovanou studii s využitím skutečného interaktivního 3D prostředí.

Realizovaný projekt poukazuje na několik specifických problémů, které ukazují, že jistá konzervativnost v řešení studentských projektů je vhodná pouze na úrovni preciznosti realizace a integrace teoretických poznatků. Obecně se ovšem není nutné soustředit pouze na přísně strojírenská témata s dogmatickou konstrukcí ozubených kol a hřídelů. Dnešní mladá generace má v rukou vysoce sofistikované nástroje se špičkovou licenční politikou, proč ji tedy nevyužít šířeji a mezioborově. Na více zajímavých projektů můžete nahlédnout na adrese www.spszr.cz.