Počítačově generované 3D modelování v paleontologii – výhody nové metodiky

The PC-generated 3D modelling in the palaeontology – an advantage of the new approach

Martin Lisec [1] – Petr Budil [2] – Oldřich Fatka [3]

[1] RED CREW LIMITED, 6 Bexley Square, Salford Manchester M3 6BZ, England; martin@redcrew.co.uk
[2] Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; petr.budil@geology.cz
[3] Geologický a paleontologický ústav Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2; fatka@natur.cuni.cz

Key words: *PC-generated 3D modelling, palaeontology, functional morphology, palaeoecology*

Abstract: The possibilities of the Computer 3D modelling in the palaeontology, comparing to the classical methods of painting and modelling are substantially wider. The Computer 3D modelling makes possible much more precise reconstructions in virtual 3D form, including more precise 3D space arrangement and rotation of the animals and plants, using of cloning of already finished objects, and, especially, an interactive environment enabling the animated "making alive" the fossil taxa, a selection of the reconstructed fossil, opening it in several layers and orientation, voice explanations surrounding the pictures and text, etc. The newly used, quite revolutionary method developed by the first author presents a substantial skip in the display methods to compare with previous solutions. All reconstructions, however, have to be carefully discussed and consulted with specialists. The main disadvantage of the new method is its temporal demanding and, especially, the financial challenge. On the other hand, the results belong to the best, which is available now for the promotion of the palaeontology but also for the palaeoecological reconstructions and analyses.

Počítačové modelování, užívané ve velkém měřítku již od počátku devadesátých let dvacátého století, nabírá na významu ve všech vědních odvětvích. Ani paleontologie není výjimkou. V zahraničí je tato metoda již rozsáhle využívána při tvorbě filmových trikových záběrů, 3D filmů, statických rekonstrukcí a interaktivní zábavy. Mezi nejčastější postupy patří tvorba low-polygonových a hi-polygonových 3D modelů, jejich následné namapování, otexturování a případná animace. V České republice však s využitím této metodiky pro vědecké rekonstrukce až dosud chyběly větší zkušenosti. Nová, prvním autorem vyvinutá a firmou Red Crew Limited využívaná metoda 3D rekonstrukcí má proti klasickým výtvarným technikám především tyto výhody:

1. Díky možnosti reálného nasvětlení a širokým možnostem nastavení vlastností modelů, materiálů, kamery a celé 3D scény je možno s vynaložením přiměřeného času dosáhnout realistického vzhledu výsledné rekonstrukce. Toto se projeví zejména v reálném vykreslení perspektivy modelu a jeho nasvětlení/vystínování včetně těch nejmenších detailů.
2. Přes poněkud vyšší prvotní náklady na zhotovení 3D modelu se následně otevírá cesta pro jeho použití nejen pro tvorbu nových statických záběrů a scén, ale také například jeho následné rozpohybování a zakomponování do filmových záběrů, případně se nabízí možnost jeho vložení do interaktivních aplikací.
3. Použité technologie a 3D software umožňují zpracování takové míry detailu (setiny milimetru), že u některých paleontologických rekonstrukcí je limitující především nedostatečné zachování zkamenělin.

Nová metoda využívá zejména modelovací a animační software 3D studio Max a Z-Brush.

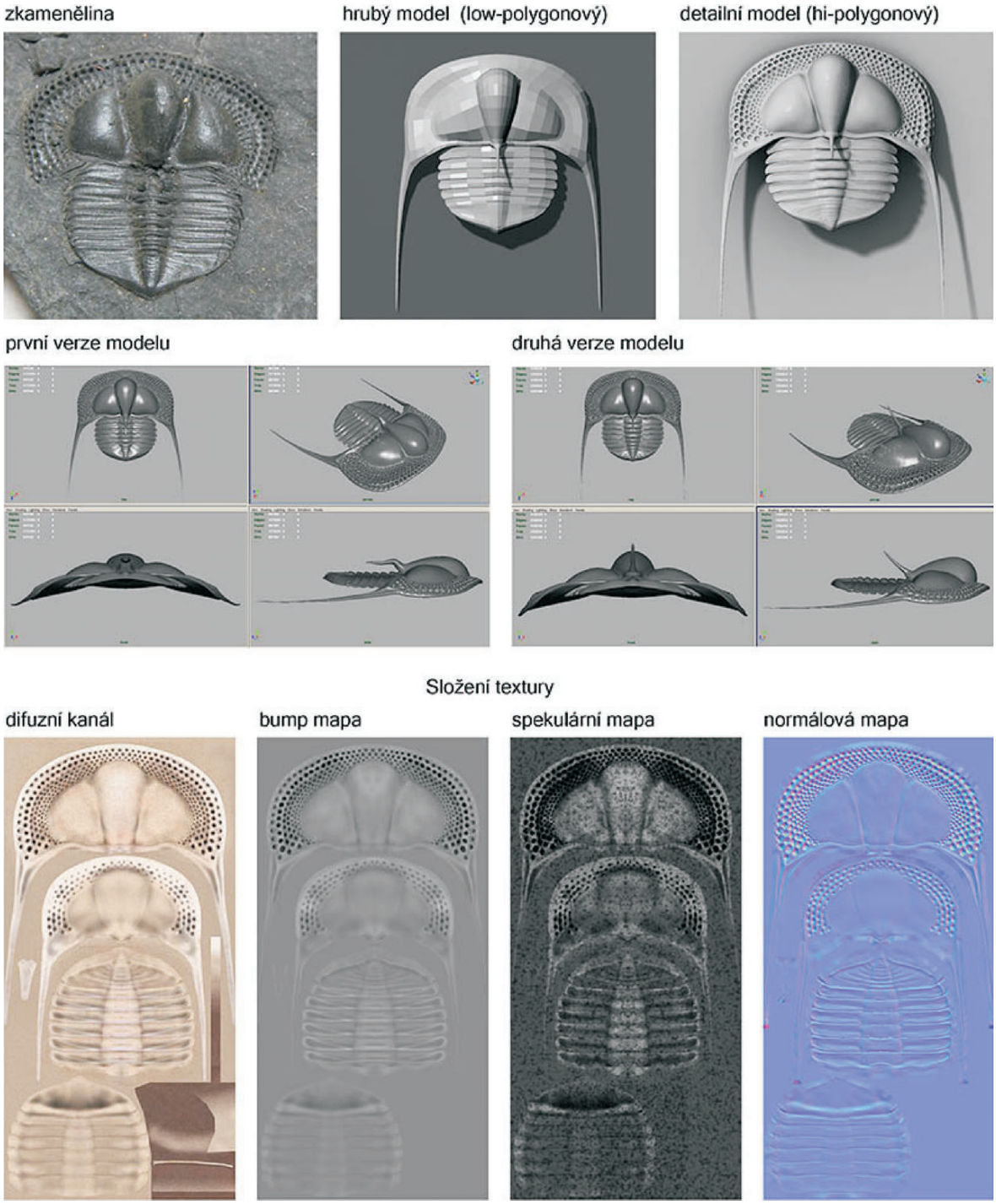
Postup tvorby paleontologické rekonstrukce

Paleontologické rekonstrukce mají oproti popisu a zobrazení recentních objektů několik nevýhod. Jde vždy o rekonstrukce zatížené subjektivním názorem, neboť zejména u již vymřelých forem musíme na vzhled jejich kdysi živých zástupců usuzovat na základě funkčně morfologické analýzy v kombinaci s recentními analogiemi. Jen vzácně totiž nacházíme tak dobře zachovalé fosilní zbytky, že mají zachované i nemineralizované, nebo dokonce i měkké části (Fatka et al. 2011). Při rekonstrukci fosilních ekosystémů pak jde ještě o další vrstvu interpretací, při kterých se rekonstruované organismy pokoušíme zasadit do reálného prostředí. I zde, kromě vzácných případů zachovaných interakcí mezi organismy a prostředím (stopy, vrtby) a mezi organismy navzájem (různé případy zachovalých stop symbiózy, komenzalismu, parazitismu, predace apod.) musíme usuzovat na základě analogických recentních ekosystémů.

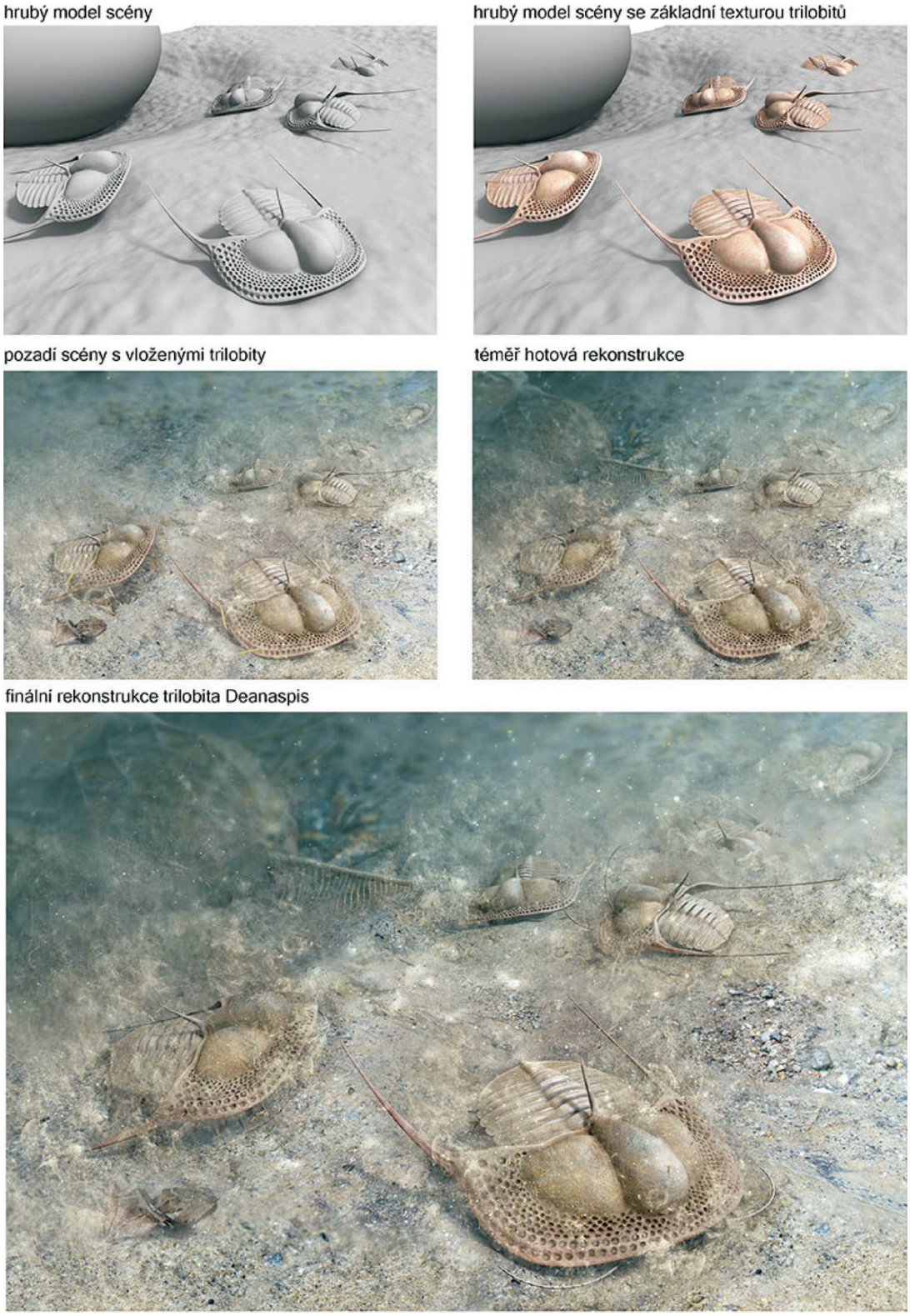
Základem rekonstrukce každého organismu je nejprve důkladné studium fosilního materiálu, pokud možno nedeformovaného, a dále pak vyhodnocení fotografické dokumentace a již publikovaných vědeckých rekonstrukcí (viz také Budil et al. 2011).

Konkrétní postup tvorby počítačově generovaného 3D modelu

Základem pro vytvoření špičkové 3D rekonstrukce (3D modelu) je dostatek kvalitních podkladů, zejména ostrých a detailních fotografií zkamenělin z různých úhlů



Obr. 1. Vytvoření 3D modelu trilobita na příkladu druhu *Deanaspis goldfussi* (Barrande, 1846) z letenského souvrství (svrchní ordovik, sandbian) pražské pánve. a – zkamenělina trilobita *Deanaspis goldfussi* (Barrande, 1846) použitá jako hlavní obrazový podklad při tvorbě 3D modelu; b – hrubý model (low-polygonový) trilobita, který následně slouží jako základ pro tvorbu detailního modelu a zároveň po drobných úpravách také jako 3D model pro animaci a interaktivní aplikace. Tento model je vytvořen přibližně ze 2000 polygonů; c – detailní model (hi-polygonový) trilobita. Tento model slouží jako základ pro vytvoření detailních 2D rekonstrukcí a zároveň se z něho vypočítávají detailní mapy (viz f–i), které jsou následně aplikovány na hrubý (low-polygonový) model. Tento model je vytvořen přibližně ze čtyř milionů polygonů; d – první verze modelu vytvořená na základě dostupných zkamenělin a výtvarných rekonstrukcí (posuzoval P. Budil). Na základně komentářů a připomínek byl model upraven; e – druhá verze 3D modelu. Model byl na základě připomínek upraven. A to zejména celkové vyklenutí a obrys krunýře, tvar okcipitálního trnu; e až i – jednotlivé mapy sloužící k vytvoření textury a materiálu povrchu trilobita. Základ těchto map je vypočítán z hi-polygonového modelu (viz c). Následně jsou mapy dotvořeny ručně grafikem v programu Adobe Photoshop; f – tzv. difuzní kanál textury obsahuje informace o barvě povrchu; g – tzv. bump mapa určuje nerovnosti povrchu – čím je barva světlejší, tím více povrch vystupuje; h – tzv. spekulární mapa určuje „lesklost" povrchu: čím světlejší barva, tím se povrch více leskne. Slouží také k zvýraznění povrchových nerovností (vystouplé části jsou více lesklé); i – tzv. normálová mapa je obdoba bump mapy (nerovnosti povrchu), ale používá se zejména u interaktivních aplikací, které zobrazují modely v reálném čase. Zjednodušeně lze říci, že jde o povrch hi-polygonového modelu, nasvětlený různými světly pod různým úhlem.



Obr. 2. Zasazení rekonstruovaného trilobita *Deanaspis goldfussi* (Barrande, 1846) do „reálného prostředí". a – hrubý model scény slouží hlavně k ověření nasvětlení, úhlu kamery a kompozici celé scény. Modely se z důvodu úspory času při renderování scény používají bez textur a materiálů; b – hrubý model scény se základní texturou slouží k vyladění základní barevnosti, jasu a kontrastu; c – pozadí scény se většinou vytváří zvlášť zejména z důvodu úspory času při renderování a také se s ním dá následně pracovat nezávisle na modelech, které jsou do scény vloženy. Pozadí se vytváří kombinací 3D modelů a klasické „výtvarné" práce v programu Adobe Photoshop; d – téměř hotová rekonstrukce – do pozadí jsou zasazeny 3D modely a je sladěna celková barevnost a přidány detaily jako plankton, zvířený písek kolem hrabajících trilobitů. Dále se zvýrazní hloubka scény a přidá hloubka ostrosti (rozostření popředí a pozadí); e – výsledná 2D rekonstrukce ve vysokém rozlišení (formát A3/300dpi), určená pro elektronické publikování i pro tisk.
Modely byly zhotoveny za pomoci softwaru 3D studio Max a Z-Brush firmou Red Crew Limited.

pohledu (nasvětlení). Velkou výhodou, zejména v počáteční fázi tvorby 3D modelu, je použití již existujících schematických rekonstrukcí (pérovek), které celý model vykreslují ve zjednodušené formě bez zbytečných detailů a rušivých elementů. Většinou by již také neměly obsahovat různé deformace. Velkým přínosem při zpracování modelu je možnost si jej reálně osahat, kdy grafik získá jasnou představu o hmotě a vztazích mezi jednotlivými částmi zkameněliny, což z fotografií není vždy patrné.

Následně je vybráno několik podkladů, které jsou pro vytvoření 3D modelu nejvhodnější.

První fází vlastní tvorby 3D objektu je vytvoření hrubého modelu, který má správnou velikost, proporce a objem. Prozatím má pouze základní členění. Tento hrubý model vyrenderovaný z několika různých úhlů se předá k prvnímu posouzení. Po odstranění nedostatků na hrubém modelu se začne s tvorbou detailů a základních rysů těla. Po následné konzultaci a odstranění nedostatků započnou práce na detailním modelu – zpracování povrchu a struktury.

Po odsouhlasení finální verze modelu rozloží 3D grafik model tak (tzv. UV mapping), aby na něj šla nanést textura, většinou však několik textur, které určují různé vlastnosti povrchu, jako je např. barva, lesk, průhlednost, průsvitnost, nerovnosti.

Následně 2D grafik vytvoří sadu těchto textur, které jsou zpětně naneseny na již hotový 3D model. V této fázi je většinou velmi důležitá inspirace recentními živočichy, zejména co se týče celkové barevnosti živočicha (barevné schéma) a barevnosti detailů jako jsou různá žebra, výstupky a hrbolky.

Poslední fází při tvorbě statických rekonstrukcí pomocí 3D modelovacích programů je napózování modelů, vytvoření celé 3D scény, její nastavení a nasvětlení. Následuje tvorba reálného obrazu – renderování scény, většinou opět v několika vrstvách, které jsou následně složeny a doladěny v 2D programu (Adobe Photoshop); tím vznikne finální statická rekonstrukce.

Výsledky každého kroku je nutno průběžně konzultovat s příslušným specialistou. Jde o série postupného přibližování k optimu, kdy grafik vytvoří návrh, paleontolog navrhne úpravy, grafik je zapracuje a paleontolog se k nim opět vyjadřuje.

Diskuse

Výsledná rekonstrukce fosilního ekosystému promítnutá do 2D prostředí a vytištěná na kvalitní tiskárně snese v současné době již zcela jednoznačně srovnání i s nejlepšími uměleckými kresbami a malbami. Hlavním potenciálem nové metodiky je však prezentace možných „rozpohybovaných“ výstupů ve virtuálním prostředí, ve 3D (např. za použití 3D brýlí). Velkou výhodou je zde především interaktivnost prostředí, které svou věrností již téměř smazává rozdíl mezi virtuální realitou a skutečným prostředím.

Nabízí se tedy jako velmi vhodné využití nové metodiky při výstavách, při tvorbě filmů a také při výuce paleontologie. Ač finančně náročná, neměla by zapadnout a neměli bychom o její výsledky přijít, např. podceněním jejích přínosů kvůli již zmíněné finanční náročnosti. Naprosto reálně totiž hrozí, že v Čechách vzniklá, ale nedoceněná metoda se dočká masivní podpory v zahraničí (zájem o ni by měla mít především prestižní muzea – o několik řádů totiž předstihuje zatím prezentované obdobné produkce).

Poděkování. Děkujeme Dr. J. Kvačkovi z Národního muzea v Praze za laskavé poskytnutí práv zveřejnit dílčí výsledky rozsáhlého projektu digitální expozice Národního muzea. Příspěvek byl podpořen interním projektem ČGS č. 334600.

Literatura

BUDIL, P. – MERGL, M. – FATKA, O. – LISEC, M. (2011): Několik poznámek k funkční morfologii trinukleoidních trilobitů. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2010, 97–99.

FATKA, O. – BUDIL, P. – KRAFT, P. – MERGL, M., MIKULÁŠ, R. – VALENT, M. – LAJBLOVÁ, K. – RAK, Š. – STEINOVÁ, M. – SZABAD, M. – MICKA, V. – AUBRECHTOVÁ, K. – LAJBL, L. – NOHEJLOVÁ, M. – VODIČKA, J. (2011): Cambrian and Ordovician Fossil-Lagerstätten in the Barrandian area. – Geol. Výzk. Mor. Slez. v Roce 2011, 1, 22–25.