

SOUČASNÝ STAV 3D MODELOVÁNÍ A TVOŘIVOSTI NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE V ČESKÉ REPUBLICĚ A VE SVĚTĚ

CURRENT STATE OF 3D MODELING AND CREATIVITY IN PRIMARY SCHOOLS IN THE CZECH REPUBLIC AND IN THE WORLD

Tomáš Sosna

Abstract

The article aims to map the current situation of the relationship between 3D modeling and creativity and focuses on the possibility of developing creativity using that 3D modeling. It summarizes the knowledge in this direction, both within the Czech Republic and the rest of the world. 3D modeling is slowly but surely penetrating the curriculum of primary schools and appears to be a relatively good and modern means of teaching technical subjects that can develop the creativity of pupils.

Individual findings regarding 3D modeling and creativity, which are still perceived by the professional public, are confronted here. The topic of creativity itself is not clearly defined in the professional literature, probably because creativity intertwines across all disciplines, but creativity as such is explored relatively thoroughly.

Key words: technology, 3D modeling, creativity, elementary school

Abstrakt

Článek si klade za cíl zmapovat aktuální situaci vztahu 3D modelování a tvořivosti a zaměřuje se na možnost rozvoje tvořivosti pomocí onoho 3D modelování. Shrnuje poznatky v tomto směr, jak v rámci České republiky, tak zbytku světa. 3D modelování pomalu, ale jistě proniká do osnov základních škol a jeví se jako poměrně dobrý a moderní prostředek výuky technických předmětů, který může rozvíjet tvořivost žáků. Jsou zde konfrontovány jednotlivá zjištění ohledně 3D modelování a tvořivosti, která jsou zatím odbornou veřejností vnímána. Samotné téma tvořivosti není v odborné literatuře jednoznačně vymezeno, pravděpodobně proto, že tvořivost se prolíná napříč všemi obory, nicméně tvořivost jako taková je probádána poměrně důkladně.

Klíčová slova: technika, 3D modelování, tvořivost, základní škola

ÚVOD

V posledních letech můžeme vidět začátek integrace 3D modelování do vzdělávání na základních školách. Podle plánovaných revizí RVP ZV by již mělo mít 3D modelování své místo v rámci technické výchovy (Dostál, 2018), potažmo by mělo prostupovat mezi přírodovědnými předměty. Proto je na místě konstatovat, že se žáci s tímto fenoménem v budoucnosti setkají a budou sami navrhovat a konstruovat určité modely, minimálně jako část předcházející 3D tisku. Jednou z hlavních vlastností konstruktéra by měla být i tvořivost, kterou by měl v rámci vymýšlení či navrhování virtuálních modelů uplatňovat.

Téma spojitosti 3D modelování a tvořivosti na základní škole může být nejen pro žáky, ale i pro učitele velmi zajímavé. Bohužel v odborné literatuře není moc informací, jak by se tvořivost mohla v rámci výuky 3D modelování na základní škole podporovat. Přitom učitelé na základních školách jsou v dnešní době rádi za jakoukoli informaci, která jim s výukou 3D modelování pomůže.

1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Vzhledem k připravovanému integrování 3D modelování do výuky základních škol, vzniká legitimní požadavek na zmapování přístupu 3D modelování ke tvořivosti a obráceně. Abychom mohli mapovat tyto obory, je potřeba je rozdělit na klíčová slova, o kterých lze získat z odborné literatury a světových databázích, dostatečné množství informací.

Proto vznikl přehled následujících klíčových slov, v českém i anglickém jazyce, které jsou uvedeny v následující tabulce. S těmito slovy bylo pracováno v rámci mapování a jsou podrobně rozebrána v následujících kapitolách.

Klíčová slova	Key words
Tvořivost	Creativity
Tvořivý člověk	Creative person
Divergentní myšlení	Devergent thinking
3D modelování	3D modeling
3D modelování na ZŠ	3D modeling in primary school
3D modelování a tvořivost	3D modeling and creativity

Tabulka 1 Klíčová slova

2 TVOŘIVOST

Jako základní dovednost pro úspěch studentů v 21. století je označována tvořivost. Můžeme ji označit i jako důležitý či nezbytný faktor, který ovlivňuje úspěšnost studentů v reálném světě. (Eckhoff, 2011).

Pojem tvořivost nelze zcela objektivně, obecně a jednoznačně definovat. Často je za hlavní důvod označován fakt, že prostupuje všemi obory lidského života. I tak se našlo mnoho autorů, kteří se pokusili tvořivost, jako takovou, co nejjobecněji široce vymezit.

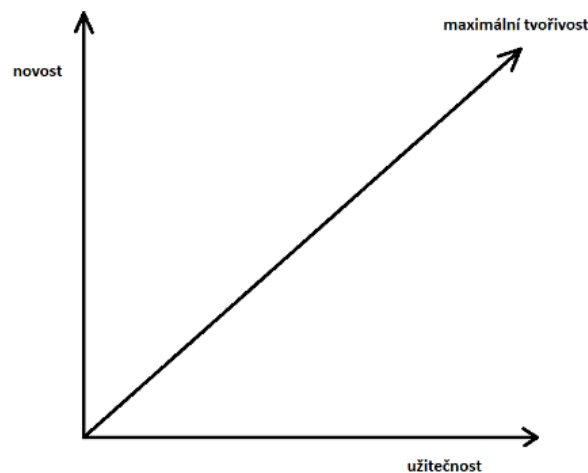
Tvořivost lze, jako součást kognitivních funkcí člověka, široce definovat jako proces produkce myšlenek, nápadů či řešení, které napomáhají k řešení nějakého problému nebo otázky, a jsou zároveň originální a kvalitní (Sternberg, 2002). Další možnost, jak lze obecně vymezit tvořivost, je snaha produkce nových a neobvyklých nápadů nebo řešení určité situace nebo problému (Ghosh, 2003).

Další autoři, kteří vědecky studovali tvořivost, jsou podobných názorů. Torrance (1969) vnímá tvořivost jako jakýsi proces vzniku nových hypotéz, které člověk dříve neslyšel nebo které do té doby nebyly, a jejich správnost. Hlavsa (1986) vidí tvořivost jako část aktivity člověka, která obsahuje novost, originalitu a zároveň je prospěšná. Podle Dacey a Lennona (2000) se tvořivost vyznačuje vytvářením dalších, neobvyklých, ale současně přijatelných a použitelných myšlenek či řešení. Honzíková a Novotný (2014) popisují tvořivost jako nevšední myšlenku, která bude nejen inovační, ale také prospěšná.

U všech takto představených širokých vymezení lze vidět dva opakující se hlediska: novost (originalitu) a užitečnost (udržitelnost).

Originalitu, nebo chcete-li novost, lze určit jako nějakou vlastnost člověka, přijít s řešením či myšlenkou, která je v konkrétní situaci nečekaná a inovativní. Užitečnost lze popsat jako eventuální společenské využití v konkrétním oboru lidské činnosti atp. (Honzíková, Novotný, 2014).

Vztah mezi originalitou a užitečností můžeme vidět na následujícím schématu:



Obrázek 1 Vztah mezi novostí a užitečností (Lókšová, Lókša 2001)

Guilford (1967), v rámci tzv. faktorové analýzy, určil šest aspektů tvořivosti: Fluence, Flexibilita, Originalita, Senzitivita, Restrukturace a Elaborace. Tyto aspekty později sám Guilford, po nějakém čase, pozměnil vzhledem k divergentnímu myšlení (o něm více později) šest aspektů na čtyři. Tyto čtyři aspekty tvořivosti dále určuje například Lewis (2008) takto:

- **Fluence** – způsobilost vytváření většího množství všemožných myšlenek, nápadů a řešení.
- **Flexibilita** – způsobilost flexibilně pozměňovat náhled na konkrétní možnosti, postupy, řešení daného problému z hlediska různých.
- **Originalita** – způsobilost vymýšlet nová, neočekávaná řešení, myšlenky či nápady, které mají základ na již dříve prokázaných, ale od aktuálního problému vzdálených připodobněních, které často doprovází vtipná vynalézavost.
- **Elaborace** – způsobilost vytříbeného dokreslování či domýšlení nejmenších detailů jednotlivých řešení, které však musí být přenositelné, a lze v nich kdykoli pokračovat a rozvíjet je dále.

I tvořivost má své stupně, můžeme ji tedy dělit na základě těchto stupňů, například Maňák (2001) interpretuje stupně tvořivosti následovně:

- **Expresivní** (spontánní) – s potřebou člověka něco realizovat, je spjat i náhlý (spontánní) návrh řešení.
- **Inovativní** – cílené generování něčeho originálního vůči ověřeným řešením.
- **Inventivní** – schopnost vynalézavosti, vymýšlení nových způsobů.
- **Emergentní** – lze považovat za projev geniality, geniálních myšlenek či řešení.

2.1 TVOŘIVÝ ČLOVĚK

Ve většině případů je tvořivost přirovnávána k inteligenci, což není zcela přesné. Tvořivost na rozdíl od inteligence, se vyazuje i dalšími směry, nejen poznávací funkcí. (Feldhusen, Goh, 1995).

Vědci, během zkoumání biologických faktorů, které ovlivňují, nebo naopak podmiňují tvořivost člověka, se zaměřili hlavně na pohlaví, pravolevé orientace atp. V rámci takového bádání u se objevovaly výsledky, které se vyskytovaly v mezích chyby. Z těchto důvodů se ani jeden z takto zkoumaných faktorů není možné označit jako biologické dispozice pro tvořivého člověka. Dále se srovnávala tvořivost člověka a jeho inteligence. Během zkoumání bylo zjištěno, že hodnoty Inteligenčního kvocientu (IQ), které jsou vyšší než 120, nejsou prokazatelné pro takovýto vztah. Z toho plyne, že člověk nemusí mít pro vyšší míru tvořivosti zároveň vyšší míru IQ. Oproti tomu může být v některých situacích vyšší IQ spíše překážkou pro tvořivost jedince (Dacey, Lennon, 2000).

Getzels a Jackson vytvořili v roce 1962 studii, která průkazně ukazuje, že i člověk s průměrnou inteligence může být velmi tvořivý. Ve studii je možné se například dozvědět, že v případě velmi inteligentního člověka (IQ vyšší než 120) není žádné spojení mezi inteligencí a tvořivostí (Getzels, Jackson, 1962).

Vzhledem k výše uvedenému vyvstává otázka, proč může být vyšší inteligence problém, když nedošlo k prokazatelným výsledkům vztahu mezi tvořivostí a inteligencí vyšší než 120? V 90. letech byly zveřejněny výzkumy, které poukazují, že dosažení vyššího vzdělání částečně ubíjí tvořivost člověka (Csikszentmihalyi, 1994; Gardner & Wolf, 1994; De Bono, 1992). Další studie prokazující či vyvracející vztah mezi tvořivostí a inteligencí zatím nejsou aktuálně publikované.

Jako tvořivého člověka můžeme označit osobu, která je způsobilá spojit obrácené a na první pohled neslučitelné vlastnosti, a to nejen u ostatních, ale hlavně i u sebe (například extroverze a introverze atp.) Tato schopnost spojování je využitelná k vyřešení problémů s maximálním potenciálem člověka (Csikszentmihalyi, 2007).

Csikszentmihalyi (2007) zároveň vymezuje vlastnosti a rysy tvořivého člověka:

- způsobilost hlubokého soustředění,
- odhodlání překonávat překážky,
- pocit bezpečí a sebejistoty,
- vášnivost vůči svým výtvorům,
- schopnost objektivně posoudit své výtvary,
- intenzivní práce prokládaná pauzami,
- umění užít si proces tvoření jako takový.

2.2 DIVERGENTNÍ MYŠLENÍ

V 50. letech dvacátého století, pojmenoval americký psycholog Joy Paul Guilford pomocí strukturálního modelu inteligence koncept konvergentního a divergentního myšlení. Tyto koncepty můžeme pojmenovat jako části, které dohromady vytváří tzv. operativní dimenzi myšlení každého člověka. Části se však odlišují, a to zejména v práci s myšlenkami (Žák, 2004). Konceptem divergentní myšlení se většinou nazývá proces myšlení, kde na výstupu je maximální výrazný počet neobvyklých, nápaditých a nových myšlenek či řešení. Takovéto myšlení se někdy také nazývá jako tzv. „rozbíhavé“ myšlení, kdy se během řešení problému nebo problémové situace myšlenky „rozběhnou“, čímž se snaží o co nejoriginálnější a atypické řešení.

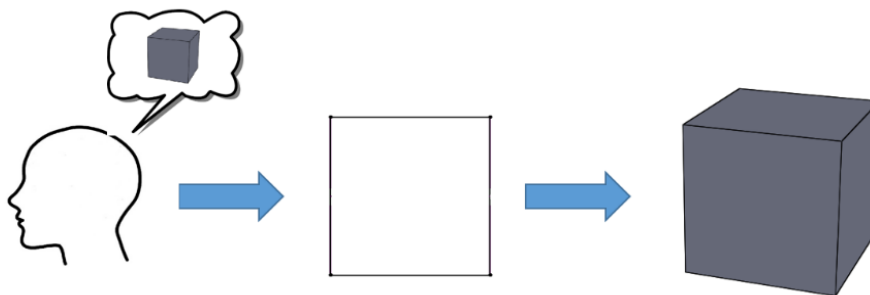
Divergentní myšlení můžeme uplatňovat pouze tehdy, když je možné daný problém vyřešit více možnostmi řešení nebo pokud k jednomu řešení lze dojít vícero cestami (Plhánková, 2004).

Divergentní myšlení bývá z velké části označováno za důležitý základ obecné tvořivosti člověka. Konvergentní myšlení je přesným opakem divergentnímu myšlení (Yoruk, Runco, 2014).

3 3D MODELOVÁNÍ

3D modelování můžeme, pro větší přehlednost, jednoduše popsat proces vytváření prostorových těles pomocí počítače a vhodného programu. Většina takovýchto programů se označuje jako tzv. CAD systémy (Computer Aided Design), což je možné zjednodušeně přeložit jako počítačem podporované projektování (Horová 2008). Goner, Kloski a Kloski (2017) vnímají 3D modelování jako postup tvoření dílů v trojdimenzionálním prostředí za pomoci CAD systémů.

Takovýto CAD systém se obvykle využívá během celé konstrukce výsledného modelu (náčrt, 3D model v prostoru, technický výkres onoho modelu atp.). Jednou z největších výhod počítačového 3D modelování je návaznost dalších technologií, jako například 3D tisk, CAM systémy atp., do reálné skutečnosti. Jako vhodný příklad lze uvést návrh, konstrukce a vytvoření skutečného komplikovaného tvaru, jako například karosérie a dalšího v automobilové výrobě (Fořt, Kletečka, 2000).



Obrázek 2 Postup modelování v CAD systémech

V dnešní době můžeme vidět v každé oblasti průmyslu výkonné CAD systémy tzv. páté generace. Tyto systémy běžně zvládají vytvářet parametrické modely, které mají výhodu, že se lze v průběhu konstrukce vracet k jednotlivým částem a upravovat je. V každém oboru mají CAD systémy navíc některé specifické nástroje a funkce, které jsou přizpůsobeny tak, aby ulehčily práci v daném oboru, jako například letecký průmysl. Na druhou stranu najdeme i CAD systémy s menším počtem nástrojů či funkcí například verze pro školy či demoverze atp. Takovéto systémy se mohou běžnému uživateli lépe ovládat (Chow, Kubota, Georgescu, 2015).

Oproti počátkům zapojení CAD systémů v 60. letech dvacátého století, kde nebyly tolik využívány, můžeme dnes vidět využívání CAD systémů při vývoji téměř jakéhokoli produktu, a to zejména v celosvětovém měřítku. Zejména v technických oborech, jako například strojírenství, elektronika či architektura, jsou díly vytvářeny a konstruovány v CAD systémech (Tornincasa, Di Manaco, 2010). I tento fakt umožňuje najít na trhu velké množství profesionálních CAD systémů, které jsou odlišné z hlediska komerčnosti, náročnosti, funkcemi atp. Mimo profesionální CAD systémy existují i tzv. open-source nebo freeware CAD softwary, které nepotřebují paměť počítače, ale pracuje se v nich pomocí prohlížeče (Junk, Kuen, 2016).

Avšak u většiny takových to freewarových CAD systémů, které byly podrobeny zkoumání, jenž prokázalo, že na rozdíl od profesionálních CAS systémů, se u nich projevuje několik nedostatků. Uživatelské rozhraní a ovládání jsou pro uživatele přívětivé, nicméně složitější součásti či sestavy nemohly být dokončeny u žádného z freewarových systémů (Jähner, 2012). CAD systémy můžeme dále rozdělit, kromě oborů, kde jsou využívány, podle dostupnosti (např. open-source nebo licencované) či podle techniky modelování (parametrické, neparаметrické). Soukromí uživatelé nebo i některé školy se radši přiklání při výběru CAS systémů k dostupnosti (Fadrhonc, Král, 2016).

3.1 3D MODELOVÁNÍ NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE U NÁS A VE SVĚTĚ

Téměř všechny odborné publikace, které se týkají 3D modelování ve školství, jsou cíleny na střední odborné školy a univerzity (většinou s výstupným titulem inženýr).

Studenti i žáci většinou velmi kladně posuzují zánik některých licencovaných nákladů (ohledně CAD systémů), díky volně přístupným CAD systémům. Nejvíce si pochvalují výhody možnosti práce ve 3D modelování z domu bez placení licence (Cheng, 2007).

Relativně příznivě studenti hodnotí komerční CAD systémy v návaznosti na 3D tisk. V rámci 3D tisku jsou studenti schopni převést své virtuální modely do praktické podoby, čímž by se mohla zlepšit jejich technická gramotnost, například porozumění konstrukčním pravidlům a možná i tvořivost (Chen, Egan, Stöckli, Shea, 2015).

V dnešní době je stále více škol, které ve své výuce využívají i 3D tisk. Stejně tomu je i a tzv experimentální škole, která existuje jako součást Národní univerzity v Tchaj-pej (Wu, Liao, Liu a kol., 2018). Autor Wu se svými spolupracovníky provádí výzkum se zapojením 3D modelování do běžné výuky, ale jen s tisknutelnými modely – 3D tisk. Ve svém bádání se orientují na definici klíčových faktorů učení žáků v oboru 3D modelování, které se týkají především prostorové představivosti a počítačového myšlení (Wu, Liao, Liu a kol., 2018).

3D modelování vytváří pozoruhodné možnosti, jak zlepšovat prostorovou představivost, a také počítačové či výpočetní myšlení. Počítačové myšlení můžeme chápat jako schopnost, která bude nezbytná v rámci Průmyslu 4.0. Ve výzkumu byl použit program Tinkercad, u kterého bylo již autory zjištěno, že lze poměrně jednoduše začlenit do výuky 3D modelování a mohl by zlepšovat určité schopnosti jihokorejských žáků na základní škole, jako například ono počítačové myšlení (Yi, Jung, Lee, 2017).

V rámci pilotního výzkumu, které proběhlo na 22 žácích základní školy ve Slovinsku, ve věkovém rozmezí 13-15 let, bylo prokázáno, že 3D modelování pravděpodobně podporuje prostorovou představivost a vizualizaci. Vzhledem k malému vzorku nemohou být výsledky statisticky průkazné (Šafhalter, Glodež, Vukman, 2012).

V České republice jsou již dnes na školách moderní technologie, včetně 3D modelování, pomalu, ale jistě implementovány do školních vzdělávacích plánů některých základních škol (Dostál, 2018). Fadrhonc (2021) v rámci své disertační práce, prozkoumal možnosti a navrhl integraci 3D modelování do osnov základních škol v České republice. Z výstupů práce je zřetelné, že pokud bude výuka správně nastavena, je možné 3D modelování úspěšně integrovat do výuky některých předmětů (např. matematika, informatika, technická výchova, ...) na 2. stupni základní školy a zároveň v ojedinělých případech i do vyšších tříd na 1. stupni. Krotký (2014) předkládá, že pouhé 3D modelování nikdy nemůže žákům nahradit pocity a zručnost, jaké získávají při manuální práci, během které si pomocí pracovních operací při obrábění hmotného tělesa mimo jiné rozvíjejí jemnou motoriku. Avšak v rámci

3D modelování můžeme vymodelovaná virtuální tělesa vytisknout na 3D tiskárně a ony pracovní operace využít při postprocesingu – broušení, barvení, kytování atp.

4 3D MODELOVÁNÍ A TVOŘIVOST

Už se podařilo prokázat, že pomocí moderních technologií, je možné ve výuce technické výchovy rozvíjet tvořivost (Kuna, Kunová, Kozík, 2017). Krotký (2014) uvádí, že 3D modelování podporuje rozvoj hned několika lidských vlastností, jako například představivost, fantazii, logické myšlení, aj. Podle Liebena a Laviczae (2019) je pravděpodobné, že pomocí spojení konkrétních a abstraktních představ, za pomoci reálného i virtuálního modelování, se může zvýšit tvořivost a učení žáků respektive studentů. Kozov, Ivanova a Ivanov (2018) se ve svém výzkumu 3D virtuálních modelů v oblasti výuky na střední škole, jako přípravu k 3D tisku, soudí, že 3D modelování by mohlo mít na studenty dobré účinky – zvýšená tvořivost, zvýšená motivace, získání relevantních dovedností, a také zvýšení sebevědomí díky dosaženým výsledkům. Pytlík a Kostolányová (2018) ve své práci upozorňují, že při vzdělávání studentů inženýrství za pomoci tvorby 3D modelů na mobilních zařízeních, může tato výuka posloužit jako vhodný nástroj pro rozvoj prostorové představivosti a tvořivosti. V rámci akademického roku 2013/2014 probíhal na univerzitě La Laguna workshop Stella 3D, který byl zaměřený na neobvyklé postupy 3D modelování. Vyhodnocení výsledků studentů na tomto workshopu poukazují na to, že takovýto typ práce může u studentů rozvíjet tvořivost a zlepšovat znalosti a kompetence studentů inženýrství, jako jsou prostorová představivost, počítačové myšlení atp. (Cantero, Saorín, Melián, Meier, 2015). Kuna, Skača a Hašková (2019) se zabývají problematikou neobvyklých výukových způsobů práce u CAD/CAE systémů. Při klasické výuce u žáků středních škol, obory Elektrotechnika a Technické liceum, se používají pro tvorbu výkresové dokumentace 3D CAD/CAE systémy, na nichž autoři neshledali nic, co by rozvíjelo tvořivost. Během neobvyklých způsobů výuky žáci produkují výkresovou dokumentaci ve 3D CAD/CAE systémech, kde mimo výkresu mají již hotový i 3D model dané součásti. Dle autorů může být takto vedená výuka tvořivější.

CAD systémy se potýkají s problémy ohledně uměleckého designu a sochařství, kde tvořivost a estetika hrají významnou roli. Důvodem je, že původně se CAD systémy zaměřovali hlavně na strojírenství a architekturu, a proto nejsou na podobné umění připraveny (Pham, 2000). Pham (2000) také pokládá otázku, je-li možné, aby stroj nebo spíše počítačový software, mohl pomoci lidem z hlediska tvořivosti a inspirovat je během tvarování či 3D modelování módních návrhů. Jedna z možností, jak s těmito módními návrhy vypomoci, může být tzv. galerie návrhů, kde je databáze různých podnětných návrhů, ze kterých si každý uživatel může vybrat takové, které se mu hodí (Cohen-Or, 2013). V Thaj-pej byl proveden výzkum, u žáků střední umělecké školy, jak může 3D modelování rozvíjet tvořivý přístup k designu návrhů. U velká částí zkoumaných studentů byl zaznamenán mírný progres v oblasti tvořivého přístupu k designu návrhu. Vzhledem k takovýmto zjištěním, autoři obecně doporučují vývojářům, aby se zaměřili na vytvoření možnosti kreslení od ruky ve 3D modelářích, což by podle nich mohlo v uživatelských podpořit rozvoj tvořivosti ještě více (Chang, Chien, Lin, Chen, Hsieh, 2016).

5 SHRnutí

Ani u nás ani ve světě není téma výuky 3D modelování na základní škole nijak rozšířené. Nejčastěji se touto výukou ve světě zabývají zejména státy v Asii, odkud je nejvíce badatelských kolektivů, jako například Wu, Liao, Liu a kol., (2018). Dle data publikování můžeme vidět, že toto téma je velice aktuální, avšak zatím téměř neprozkoumané. Většinou se badatelé v tomto směru zaměřují hlavně na rozvíjení prostorové představivosti, vizualizace a počítačového myšlení pomocí 3D modelování. V České republice se poměrně do hloubky zabýval 3D modelování na základní škole Fadrhonc (2021), který ve své disertační práci uvádí eventuality, jak je možné implementovat 3D modelování do výuky přírodovědných předmětů a informatiky, včetně návrhu zajímavých modelovacích úloh. Tyto úlohy jsou hlavně zaměřeny, podle cíle práce, na prostorovou představivost.

Ve vztahu tvořivosti a 3D modelování existují v odborné literatuře spíše pravděpodobné odhady či domněnky v tom smyslu, že 3D modelování rozvíjí tvořivost žáků a studentů (většina článků se zaměřuje na střední školy nebo univerzity). Například autoři Chang, Chien, Lin, Chen a Hsieh (2016) ve svém výzkumu sice měli poměrně velký reprezentativní vzorek, nicméně jej tvořili žáci střední umělecké školy, tudíž výsledek nelze zobecnit na všechny žáky či studenty. Podle Liebna a Leviczae (2019) propojení konkrétních a abstraktních myšlenek za pomoci 3D modelování podporuje tvořivost. Na Slovensku přišel s podobnou myšlenkou kolektiv autorů vedený Kunou (2017). Z těchto studií vyplývá, že prostřednictvím 3D modelování (bez 3D tisku) lze pravděpodobně rozvíjet tvořivost, avšak chybí reprezentativní vzorek, který by byl v tomto ohledu průkazný.

Kuna, Skača a Hašková (2019) se zajímají o neobvyklé postupy ve výuce 3D modelování u studentů inženýrství, avšak hmatatelné výstupy s výsledky zatím nebyly publikovány.

ZÁVĚR

Ze zjištěných poznatků vyplývá, že téma vztahu 3D modelování a tvořivosti ve výuce na základní škole je poměrně nové a mnoho informací o něm dosud není. V České republice je 3D modelování zatím jen zpestřením výuky (po velkých revizích RVP ZV by již mohlo být součástí většiny ŠVP), případně se dostává do povědomí žáků pouze formou technické zájmové činnosti.

Ve světě je zejména hojně využíván 3D tisk a 3D modelování slouží spíše jako nástroj pro tisknutí. Největší pokrok v problematice vztahu 3D modelování a tvořivosti vidíme v Asii, kde již byly první pokusy o zobecněné výsledky, nicméně zatím se jednalo pouze o skupiny vysokoškolských studentů inženýrství nebo středoškolských studentů umění a designu, což jsou dosti odborné a specifické skupiny. Obecné výsledky týkající se zejména základních škol, jak u nás, tak ve světě stále chybějí.

Literatura

1. Amabile, T. (1996). *Assessing the Work Environment for Creativity*. *Academy of Management Journal*, 39, 1154-1184.
2. Cantero, J., Saorín, J., Melián, D., D., Meier, C. (2015). *STELLA 3D: Introducing Art and Creativity in Engineering Graphics Education*. *International Journal of Engineering Education*. 31. 805-813.

3. Cohen-Or, D. (2013). *Inspiring Modeling*. In: International conference on Cyberworlds. Japan. doi:10.1109/CW.2013.87.
4. Csikszentmihalyi, M. (2007). *Creativity: flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Perennial.
5. Dacey, J. S., Lennon, K. H. (2000). *Kreativita*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-903-9
6. Dorotíková, S. (1998). *Filosofie hodnot*. Praha: Pedagogická fakulta. ISBN 80-86039-79- X.
7. Dostál, J. (2018). *Podkladová studie: Člověk a technika* [Online]. Praha: NUV. Retrieved from http://www.nuv.cz/file/3517_1_1/
8. Eckhoff, A. (2011). *Creativity in the Early Childhood Classroom: Perspectives of Preservice Teachers*. Journal of Early Childhood Teacher Education.
9. Fadrhonc, J. (2021). *3D modelování ve výuce na základních školách*. Disertační práce. Plzeň.
10. Feldhusen, J. - Goh, B. (1995). *Assessing and accessing creativity: An integrative review of theory, research, and development*. Creativity Reserch Journal, s. 231-247.
11. Fořt, P., Kletečka, J. (2000). *Mechanical Desktop*, Brno: Computer Press, 281 s. ISBN 80-7226-357-9
12. Getzels, J., Jackson, P. (1996). *Creativity and intelligence: Explorations with gifted students*. 1. vyd. New York: Wiley.
13. Ghosh, S. (2003). *Triggering creativity in science and engineering: reflection as a catalyst*. Journal of Intelligent and Robotic Systems.
14. Goner, J., Kloviski, L., W., Kloski, N. (2017). *Getting Started with 3D Printing*. Computer Press. ISBN: 978-80-251-4876-1
15. Guilford, J., P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. Science. doi: 10.1126%2Fscience.162.3857.990-a
16. Hlavsa, J. (1985). *Psychologické metody výchovy k tvořivosti*. Praha: SPN.
17. Honzíková, J., Novotný, J. (2014). *Technické vzdělávání a rozvoj technické tvořivosti*. UJEP. ISBN: 978-80-7414- 716-6
18. Horová, I. (2008). *3D modelování a vizualizace v AutoCADu pro verze 2009, 2008 a 2007*. Brno: Computer Press.
19. Chen, T., Egan, P., Stöckli, F., Shea, K. (2015). *Studying the Impact of Incorporating an Additive Manufacturing Based Design Exercise in a Large, First Year Technical Drawing and CAD Course*. Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference.
20. Chang, Y. -S., Chien, Y. -H., Lin, H. -C., Chen, M. Y., Hsieh, H. -H. (2016). *Effects of 3D CAD applications on the design creativity of students with different representational abilities*. Computers in Human Behavior, 65, 107-113. doi: 10.1016/j.chb.2016.08.024

21. Cheng, L. (2007). *The Use of Freeware in the Teaching of Engineering Design Graphics*. In: Proceedings of International Conference on Engineering Education – ICEE 2007, pp. 1-6.
22. Chow, P., Kubota, T., Georgescu, S. (2015). *Automatic Detection of Geometric Features in CAD models by Characteristics*. Computer-Aided Design and Applications, 12:6, pp. 784-793.
23. Jähner, M. (2012). *Open-Source-3D-CAD: Eine echte Alternative?*. CAD-CAM Report, Volume 31, Issue 1/2, pp. 40-43.
24. Junk, S., Kuen, Ch. (2016). *Review of Open Source and Freeware CAD Systems for Use with 3D-Printing*. In: 26th CIRP Design Conference, Germany. doi: 10.1016/j.procir.2016.04.174
25. Kozov, V., Ivanova, G., Ivanov, A. (2018). *Designing Methodology for the Integration of 3D Printing to the Mechanical Engineering Curriculum Using Virtual 3D Learning Environment*. 2451-2458. 10.21125/iceri.2018.1534. Bulgaria.
26. Krotký, J. (2014). *3D tisk v přípravě budoucích učitelů*. TVV. 7(1), 210-213.
27. Kuna, P., Skačan, M., Hašková, A. (2019). *Didactic Materials Supporting CAD/CAE System Teaching*. 1641-1647. 10.21125/edulearn.2019.0481.
28. Kuna, P., Kunová, S., Kozík, T. (2017). *Rozvíjanie technickej predstavivosti žiakov ZŠ s podporou virtuálnych 3D modelov*. Journal of Technology and Information Education.
29. Lewis, T. (2008). *Creativity in technology education: providing children with glimpses of their inventive potential*. International Journal of Technology and Design Education.
30. Lieban, D., Lavicza, Z. (2019). *Dissecting a Cube as a Teaching Strategy for Enhancing Students Spatial Reasoning: Combining Physical and Digital Resources*. In Bridges 2019 Conference Proceedings, 319–326.
31. Lókšová, I., Lókša, J. (2001). *Teória a prax tvorivého vyučovania*. Prešov: ManaCon.
32. Lubart, T., I. (1994). *Creativity*. In Sternberg, R., J. (ed.) *Thinking and problem solving*, New York: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-08-057299-4.50016-5
33. Maňák, J. (2001). *Stručný nástin metodiky tvorivé práce ve škole*. Brno: Paido. ISBN 80-7315-002-6
34. Nguyen, L., Shanks, G. (2009). *A framework for understanding creativity in requirements engineering*. *Information and Software Technology*.
35. Pham, B. (2000). *Aesthetic factors in geometric modelling*. The ANZIAM Journal, 42(1), 169-180. doi:10.1017/S144618110001169X.
36. Pytlík, M., Kostolányová, K. (2018). *3D technologies in education*. In: ICCMSE 2018: AIP Conference Proceedings 2018 Řecko. American Institute of Physics Inc., ISBN 978-073541766-3.
37. Plháčková, A. (2004). *Učebnice obecné psychologie*. Praha: Academia. 472 s. ISBN 80-200-1086-6.

38. Reichenberger, S., Lieban, D., Russo, C., Lichtenegger, B. (2019). *3D Printing to Address Solids of Revolution at School*. En Bridges Conference, (pp. 493-496).
39. Robinson, K., a kol. (1999). *All Our Futures: Creativity, Culture and Education*. NACCCE report, National Advisory Committee on Creative and Cultural Education: London. [cit. 2022-06-16].
40. Sternberg, J. (2002). Kognitivní psychologie. Portál. ISBN 80-7178-632-2.
41. Šafhalter, A., Glodež, S., Vukman, K., B. (2012). *Developing Spatial Visualization with 3D Modeling*. Problems of education in the 21st century. Slovenia.
42. Tornincasa, S., Di Manaco, F. (2010). *The Future and the Evolution of CAD*. In: 14th International Research Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology.
43. Wu, Y. -C., Liao, W. -H., Liu, C. -Y., Li, T. -Y., & Chi, M. -T. (2018). *Evaluation of Student's 3D Modeling Capability Based on Model Completeness and Usage Pattern in K-12 Classrooms*. IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 244-248. doi: 10.1109/ICALT.2018.00063
44. Yi, S., Jung, U., Lee, Y. (2017). *A Study on the direction of 3D Modeling Education Considering Computational Thinking Factors at Elementary School in South Korea*. In J. Dron & S. Mishra (Eds.), Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (pp. 505-508). Vancouver, British Columbia, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
45. Yoruk, S., Runco, M. A. (2014). *The Neuroscience of Divergent Thinking*. *Activitas Nervosa Superior*, 56(1/2), 1-16.
46. Žák, P. (2004). *Kreativita a její rozvoj*. Brno: Computer press, 315 s. ISBN 80-251-0457-5.

Kontakt

Mgr. Tomáš Sosna
Katedra aplikované fyziky a techniky
Fakulta pedagogická, JČU, Jeronýmova 10,
371 České Budějovice