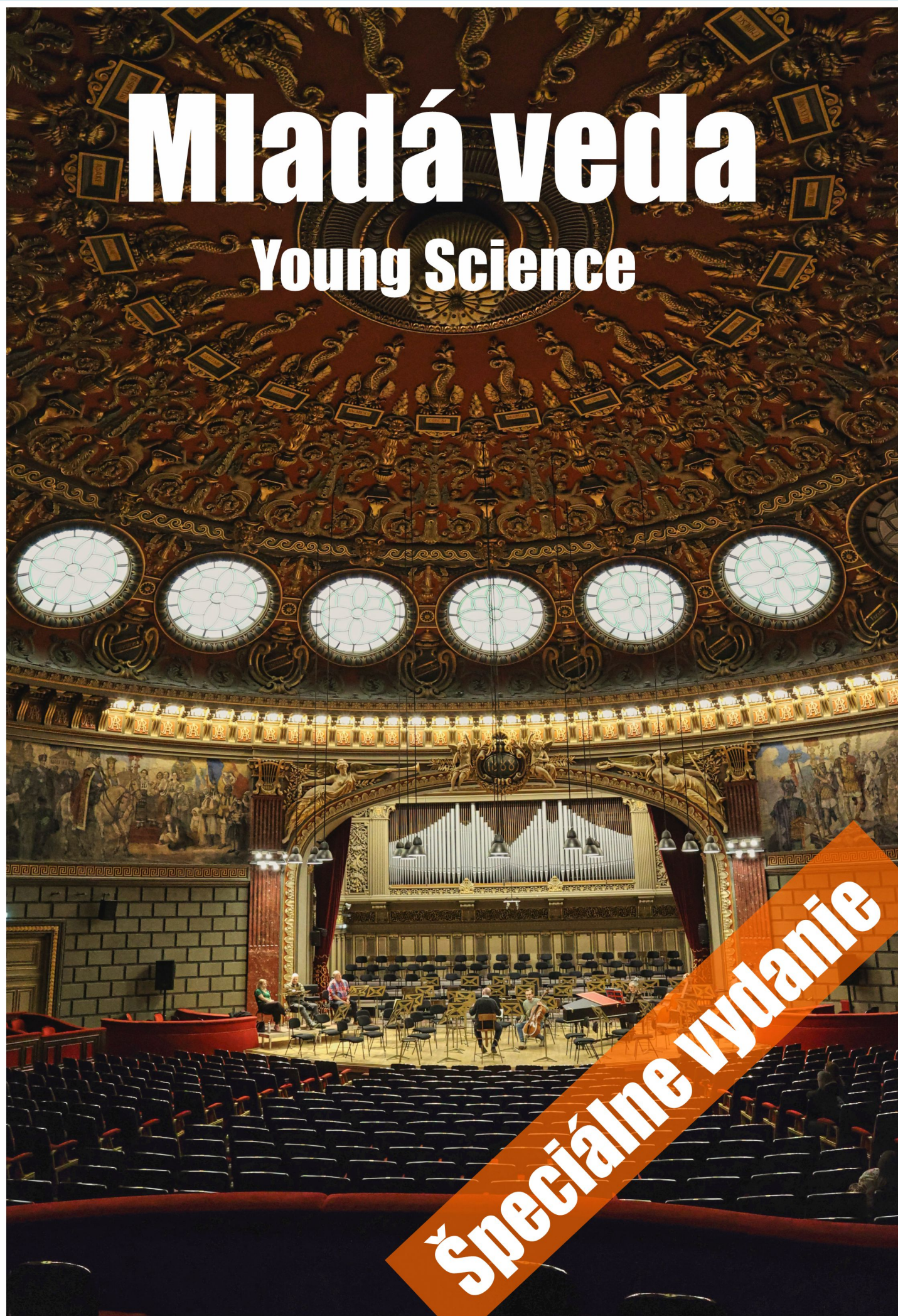


Mladá veda

Young Science



Špeciálne vydanie

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 2, ročník 14., špeciálne číslo vydané v máji 2026

ISSN 1339-3189, EV 167/23/EPP

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Ateneul Român, Bukurešť. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

prof. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

PhDr. Veronika Kmetóny Gazdová, PhD. (Inštitút edukológie a sociálnej práce, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

Mgr. Monika Šavelová, PhD. (Katedra translitológie, Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

doc. Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Trnava)

REDAKCIA

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSS UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

ANALÝZA POTENCIÁLU VČELAŘSTVÍ PRO ROZVOJ KOMPETENCÍ V RÁMCI STEM: PERSPEKTIVA INTEGRATIVNÍ PEDAGOGIKY

ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF BEEKEEPING FOR THE DEVELOPMENT OF
STEM COMPETENCES: AN INTEGRATIVE PEDAGOGY PERSPECTIVE

Jiří Dostál ¹

Autor se zaměřuje na výzkum v oblasti badatelsky orientovaného učení a STEM. Na Pedagogické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci vyučuje technologicky orientované kurzy a přednáší didaktiku technických předmětů v rámci přípravy budoucích učitelů základních a středních škol. Je dlouholetým včelařem, na univerzitě také přednáší včelařství a vede zážitkové vzdělávací kurzy pro žáky mateřských a základních škol. Na univerzitě založil a provozuje školní včelnicu.

The author focuses on research in the field of inquiry-based learning and STEM. At the Faculty of Education of Palacký University in Olomouc, he teaches technology-oriented courses and lectures on the didactics of technical subjects in the training of future primary and secondary school teachers. He is a long-time beekeeper, and also lectures on beekeeping at the university and leads experiential educational courses for kindergarten and primary school students. He founded and runs a school apiary at the university.

Abstract

The article analyzes beekeeping (apiculture) as a holistic educational tool within the STEM concept (Science, Technology, Engineering, Mathematics). It is based on the assumption that the bee colony as a "superorganism" provides a unique platform for the integration of technical knowledge and practices, knowledge from the natural sciences and mathematical modeling. The study focuses on both cognitive and affective components of learning and proposes a framework for the implementation of school apiaries as living laboratories. The aim is to demonstrate that beekeeping in the pedagogical process stimulates critical thinking, algorithmization of processes, technical thinking and a deep understanding of complex ecosystem relationships. It also contributes to the development of manual dexterity.

Key words: STEM, integrative pedagogy, beekeeping, *Apis mellifera*, environmental education, inquiry-based education (IBSE)

¹ Adresa pracoviška: prof. PaedDr. PhDr. Jiří Dostál, Ph.D., Katedra technické a informační výchovy, Pedagogická fakulta Univerzity Palackého, Žižkovo nám. 5, 779 00 Olomouc, Česká republika
E-mail: j.dostal@upol.cz

Abstrakt

Článek analyzuje včelařství (apikulturu) jako holistický edukační nástroj v rámci konceptu STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Vychází z předpokladu, že včelstvo jako „superorganismus“ poskytuje unikátní platformu pro integraci technických znalostí a postupů, poznatků z oblasti přírodních věd a matematického modelování. Studie se zaměřuje na kognitivní i afektivní složky učení a navrhuje rámec pro implementaci školních včelínů jako živých laboratoří. Cílem je poukázat na skutečnost, že včelařství v pedagogickém procesu stimuluje kritické myšlení, algoritmizaci procesů, technické myšlení a hluboké porozumění komplexním ekosystémovým vazbám. Rovněž přispívá k rozvoji zručnosti.

Klíčová slova: STEM, integrativní pedagogika, včelařství, *Apis mellifera*, environmentální výchova, badatelsky orientovaná výuka (IBSE)

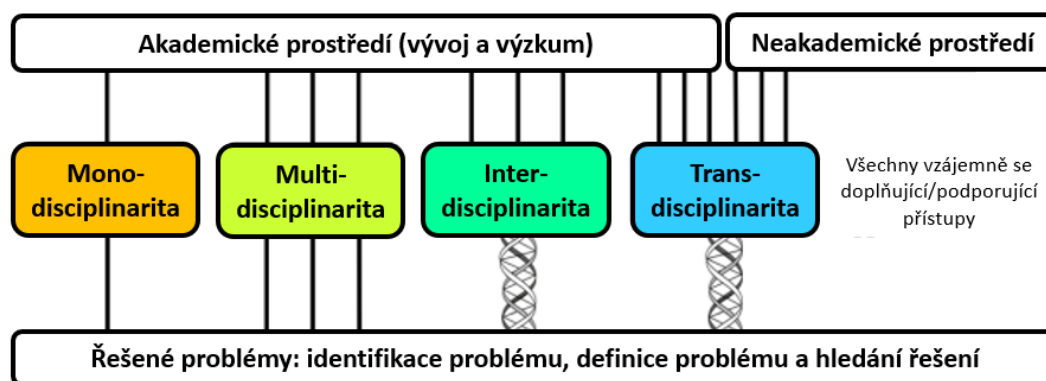
Úvod

Současný vzdělávací systém čelí problémům v souvislosti s přílišnou fragmentací poznatků. Tradiční model oddělených vyučovacích předmětů často selhává v přípravě žáků na řešení komplexních problémů. Dříve na tuto skutečnost již upozornili J. Slavík, T. Janík, P. Najvar a P. Knecht (2017), H. Kasíková (2010), E. Petlák (2004) či M. Zelina (1996). Uvedení autoři nahlíží na tradiční vyučovací hodinu jako uzavřenou jednotku, která brání mezipředmětovým vztahům. Model, kde učitel pouze „předává látku“ v izolovaných hodinách je podrobován kritice. J. Sanders (2009) ve své práci upozorňuje, že reálné problémy nejsou „předmětově čisté“. Je zřetelný rozpor mezi atomizovaným školním kurikulem a provázanou povahou reality. Striktním oddělení disciplín vytváří v myslích žáků kognitivní bariéry, které se projevují jako překážky při řešení komplexních, tzv. „špatně strukturovaných“ problémů moderního světa. Cílem není pouhé mechanické spojení oborů, ale hluboká syntéza poznatků skrze praktické projekty. Je nezbytné přehodnotit dosavadní způsob organizace znalostí. To znamená prolomit tradiční bariéry mezi obory a navrhnout nové způsoby, jak znovu propojit to, co bylo oddělené. Jak uvádí E. Morin (1999), musíme přepracovat naše vzdělávací politiky a programy. A když tyto reformy uvádíme do praxe, je nezbytné se zaměřit na dlouhodobý horizont a cítit naši odpovědnost za budoucí generace. Tuto skutečnost reflektují tvůrci kurikula při návrzích inovativních změn. Slovensko v současnosti prochází zásadní kurikulární reformou, jejímž hlavním cílem je právě odstranění fragmentace. Zavádí se vzdělávací oblasti místo pevných předmětů, což školám umožňuje učit v blocích nebo integrovaných cyklech (Porubský, 2025). Podobně v České republice dokument *Hlavní směry revize RVP ZV* (2022) přímo pojmenovává nutnost propojení vzdělávacího obsahu do širších tematických celků (např. spojení fyziky, chemie a biologie do oblasti „Příroda“).

Současná vzdělávací paradigmatata procházejí zásadní transformací, která reaguje na narůstající komplexitu problémů 21. století. Jak jsme již naznačili, tradiční model školy, postavený na striktní lineární separaci vědních disciplín, se ukazuje jako rigidní a nedostatečný pro přípravu generace, která bude čelit globálním výzvám v oblastech technologií, ekologie a etiky. Koncept STEM reaguje na tuto fragmentaci snahou překročit rámec izolovaných oborů. Jeho cílem není pouze rozšíření znalostí v jednotlivých disciplínách, ale rozvoj způsobu myšlení, který umožňuje jejich smysluplné propojení při

řešení reálných problémů. V tomto pojetí nejsou jednotlivé disciplíny chápány jako cíle samy o sobě, ale jako funkční nástroje, jejichž propojením lze lépe porozumět zákonitostem světa. Tato integrativní snaha je dále akcentována přechodem k modelu STEAM², který do technického a vědeckého základu včleňuje uměleckou složku – Arts. Inkluze humanitních věd a designového myšlení přináší do exaktního vzdělávání nezbytnou kreativitu, estetickou intuici a etickou reflexi, čímž humanizuje technologický pokrok a činí jej přístupnějším. Vzdělávání v duchu STEAM tak překračuje hranice akademických teorií a skrze projekty reálného světa stimuluje u žáků schopnost kritické analýzy, inovativního navrhování a systémového řešení problémů. Tím se vytváří synergický prostor, kde se vědecká preciznost potkává s uměleckou imaginací, což žákům umožňuje konstruovat komplexní a funkční modely reality.

I když se jeví, že klíčovým zdrojem učiva jsou vědní obory, oblasti umění, techniky či sportu (srov. Janík & Slavík, 2009), nelze učivo chápat jako jejich „zjednodušenou“ kopii, ať se již jedná o oborové poznatky, typické metody a přístupy. Vyučovací předměty a akademické disciplíny nejsou identické (Deng, 2007), nicméně z hlediska integračních tendencí lze sledovat paralely (srov. Block et al., 2022; Gibbons, 1999; Gibbons et al., 1994; Nowotny et al., 2005), viz obr. č. 1.



Obr. 1 – Od monodisciplinarity k multidisciplinaritě

Zdroj: T. Block et al., 2022

Obory vždy byly a budou klíčovým zdrojem učiva, jelikož mají enkulturační funkci, která přichází k žákům zvnějšku, ze systému oborového myšlení, jednání a oborové komunikace. Je však třeba brát v potaz nejen obsahy, ale též personalizační stránku, přirozenou jednotu myšlení, prožívání a jednání žáka založené na integritě jeho běžné zkušenosti ze života, která není oborově systematická, ale tematická a situačně-aplikační (Janík & Slavík, 2009). Konkrétní podoba diferenciac učiva do jednotlivých předmětů vychází z historických souvislostí a je ovlivňována konkrétními školami v rámci procesu utváření vlastních školních vzdělávacích programů. Kompetenčně pojaté kurikulum nepracuje prioritně s předměty a

² Již dříve jsme upozornili na skutečnost, že integrace humanitních a společenských věd (HASS) s přírodovědným, technologickým, inženýrským a matematickým (STEM) vzděláváním je zásadní pro řešení problémů udržitelného rozvoje, srov. J. Dostál (2024). A. Hašková, M. Bílek a G. Cakmakci (2024) uvádějí, že se stále častěji objevuje otázka, zda by písmeno S, které je ve zkratce určeno přednostně pro přírodní vědy, nemělo být vnímáno jako ostatní vědní obory, např. humanitní nebo společenské vědy.

konkrétním učivem, ale očekávanými výstupy učení, kterých je v procesu vzdělávání možné dosahovat různými způsoby a cestami. Zvláštní zřetel pak vyžaduje existence průřezových témat, která je možné realizovat několika způsoby, např. integrací do stávajících vyučovacích předmětů, zavedením samostatného vyučovacího předmětu nebo formou projektového vyučování.

Včelařství³ se v tomto kontextu jeví jako vhodný vzdělávací obsah, neboť v sobě přirozeně propojuje biologické zákonitosti s technologickými postupy a matematickou precizností. Od žáka se vyžaduje schopnost vnímat biometrická data v souvislostech, od geometrické dokonalosti včelího díla, přes chemické procesy zrání medu, až po inženýrské myšlení při konstrukci úlových systémů a využití moderních IoT technologií pro monitoring včelstev. Díky tomuto propojení se včelařství stává edukačním obsahem, na němž lze názorně ukázat souvislosti mezi vědou, technikou a přírodou.

Na druhou stranu, problematika začleňování včelařství do výuky budí otázky a obavy současně, z nichž vybíráme alespoň některé: Je přínosné seznamovat žáky ve školách se životem včel? Existuje spojitost s běžným životem? Není to nebezpečné? Bude to žáky bavit? Snaha o zodpovězení uvedených otázek není zcela nová. Zabývali se jí mnozí autoři již v minulosti, proto se dosažené výsledky budeme v této studii snažit systematizovat a dále zasazovat do kontextu STEM vzdělávání.

Analýza současného stavu poznání

Hmyz, jako jsou včely, bohužel často vzbuzuje zděšení a lidé jsou názoru, že je třeba se ho obávat, je spojován s nebezpečím. Tato negativní emoce může bránit úspěšnému procesu učení. Jakákoli vzdělávací iniciativa proto musí tuto překážku překonat a podporovat znalosti o ochraně přírody, na což se zaměřili autoři L. Schönfelder a F. X. Bogner (2017). Pomocí kvaziexperimentálního výzkumného designu vyhodnocovali účinnost vzdělávacího programu s využitím dvou přístupů k učení zaměřených na žáky – jeden setkáním s živými včelami medonosnými v úlu (N=162), druhý pomocí e-learningového nástroje připojeného ke vzdálenému úlu (N=192). Cílem bylo zjistit, jak tyto vzdělávací přístupy ovlivňují kognitivní výsledky (znalosti) a afektivní faktory (postoje k přírodě). Zásadním zjištěním je, že jak přímý kontakt se zvířaty, tak kvalitně zpracovaný digitální nástroj vedou k měřitelnému nárůstu znalostí. Digitální technologie se tedy ukázaly jako „vynikající alternativa“ pro školy, které si z bezpečnostních, logistických či finančních důvodů nemohou dovézt vlastní úl. Přestože znalostní testy dopadly v obou skupinách srovnatelně, přímá zkušenost s živými včelami je nezastupitelná v budování dlouhodobého vztahu k přírodě. Autoři zdůrazňují, že přímý kontakt s organismem (včelou) aktivuje u žáků silnější afektivní vazbu, což je klíčové pro tzv. *environmental citizenship* (environmentální občanství). Autoři se nesnaží říct, že „digitální je negativní“ a „živé je jediné pozitivní“. Naopak, nejlepších výsledků dosahují školy, které kombinují přímou zkušenost (např. exkurze ke včelám, školní včelín) s digitální podporou (např. senzory v úlu, sledování videí, analýza dat v PC). Studie ukazuje, že interakce se

³ Na problematiku včelařství je možné nahlížet z různých úhlů pohledu, např. z pohledu ekologie – J. Dvorský (2012), práva – P. Pumpr (2017), zdraví – J. Novák (2010), T. Netík, E. Cézová & T. Kellner (2022), vzdělávání – K. Voska (2024), historie – M. Hřebenářová (2024), cukrovarnictví – M. Svato (2019), jazykovědy – M. Daňková (2014), muzejnictví – M. Plisková (2016).

včelami, i ta digitální, je výborným nástrojem pro odbourávání přirozeného strachu z hmyzu. Pokud je žák veden k pochopení včely jako užitečného a fascinujícího tvora, strach klesá a zájem o biologii roste.

Teorie transformativního učení (Mezirow, 2018) klade důraz na aktivity, při kterých lidé kriticky přehodnocují své zažité předpoklady, postoje a interpretace světa, což vede k hluboké změně jejich perspektivy. V této souvislosti studie od autorů J. N. Bueddefeld a kol. (2022) představuje velmi důležitý posun v environmentální pedagogice. Autoři se v ní nesnaží jen zjistit, co žáky baví více, ale jakým způsobem tyto aktivity vedou k tzv. transformativnímu učení – tedy procesu, při kterém se mění samotné vnímání světa a identita žáka. Základní myšlenkou je, že vzdělávání v oblasti životního prostředí nesmí být jen o předávání informací (kognitivní složka), ale musí vyvolat změnu v postoji a osobní angažovanosti.

Autoři definovali dvě odlišné cesty, kterými se tato změna může odehrát, jednak *afektivní cesta*, tedy přímý, emocionální kontakt se živým organismem, dále pak *konstrukčně-tvořivá cesta* v podobě praktické, řešitelsky zaměřené činnosti, která vede k pochopení ekologických potřeb. Na výzkumném základě se podařilo prokázat, že přímý kontakt funguje jako emoční spouštěč. U žáků okamžitě odbourává bariéru strachu a vytváří empatii. Samotný kontakt ale nestačí k dlouhodobé změně chování. Po odeznění emoce se bez další akce zájem žáků rychle vrací na původní úroveň.

Stavba včelích domků⁴ (konstrukčně-tvořivá cesta) dává žákům pocit vlastní účinnosti. Žáci se necítí jako pozorovatelé, ale jako aktivní ochránci přírody. Tato aktivita upevňuje znalosti. Žák se učí principy (např. v jakém prostředí včely žijí, jaké materiály potřebují), což vede k hlubšímu pochopení ekosystémových služeb. Autoři J. N. Bueddefeld a kol. (2022) zdůrazňují, že nejúčinnější transformační učení nastává při kombinaci obou přístupů. Pokud žák zažije „úžas“ z přímého kontaktu a následně dostane možnost „konat“ (stavět), dochází k propojení emocí s vědomostmi. To je moment, kdy se z žáka stává environmentálně odpovědný jedinec. Autoři na základě svých zjištění formulovali doporučení pro učitele a tvůrce vzdělávacích programů:

- sekvencování – nejprve je třeba vzbudit zájem a odbourat strach (emoční kontakt/pozorování), a teprve poté přejít k praktické tvorbě (budování úlů a hmyzích hotelů/boxů); opačné pořadí (stavění něčeho, k čemu žáci nemají vztah) může vést k menší motivaci,
- odklon od „biocentrického“ k „akčnímu“ pojetí – učitelé by se neměli zaměřovat pouze na to, aby děti „měly rády včely“, ale na to, aby děti věděly, jak včelám prakticky pomoci.

Zásadním zjištěním je, že samotná aktivita (stavba nebo pozorování) nestačí. Musí následovat řízená reflexe, kde učitel pomůže žákům verbalizovat, co při práci cítili a co se naučili. Bez reflexe je transformační efekt v podobě změny osobnosti/postojů minimální.

⁴ Čtenáře v případě hlubšího zájmu odkazujeme na publikaci B. Petra (2019). V rámci školního vzdělávání jsou ke stavbám využívány různé technické materiály, viz D. Kučerka, M. Mrázek, Č. Serafín, P. Částková, H. Bučková a M. Sedláček (2024).

Studie autorů I. Jensvoll, V. Bergan a S. T. Killengreen (2025) představuje zásadní posun v pedagogickém výzkumu. Autoři se v ní nezaměřují na to, co se děti naučily, ale na to, jaký vliv mají tyto znalosti na jejich okolí. Jde o výzkum tzv. *reverzní socializace*, kdy děti nepřebírají názory od dospělých, ale naopak – dospělí přebírají environmentální návyky od dětí. Byl využit pedagogický rámec 3H (Head, Heart, Hands), který je pro vzdělávání o biodiverzitě velmi účinný. Head (hlava): žáci se učili faktické znalosti o čmelácích a opylovačích, o jejich bohatství druhů a globálních/lokálních hrozbách. Heart (srdce): cílem bylo vybudovat emocionální pouto a empatii k přírodě. Hands (ruce): žáci dostali praktické úkoly, které zahrnovaly domácí přípravu a realizaci „hmyzích“ opatření na zahradách (sázení medonosných rostlin). Autoři potvrzují, že děti nejsou v environmentální výchově jen „cílovou skupinou“, ale stávají se ambasadory. Studie ukazuje, že včelařské projekty ve školách mají silnější dopad na komunitu než osvětové kampaně pro dospělé. Děti jsou v komunikaci s rodiči autentičtější a emotivnější. Když dítě přijde ze školy a s nadšením vypráví o včelách (a o hrozbě jejich úhynu), rodiče to vnímají jako osobní apel, nikoliv jako obecnou „ekologickou přednášku“. Studie dospěla k následujícím závěrům:

- děti (ve věku 8–9 let) se staly velmi efektivními šířiteli informací; s nadšením sdílely znalosti nejen s rodiči, ale i s prarodiči, přáteli a sousedy,
- rodiče v rozhovorech (provedených 5 měsíců po projektu) potvrdili, že na základě nadšení a naléhání svých dětí skutečně změnili chování na svých zahradách – začali vysazovat květiny podporující opylovače (Haragsim & Haragsimová, 2013).

Obdobně zaměřených studií by bylo možné analyzovat celou řadu, proto v případě zájmu čtenáře odkazujeme na práce autorů M. L. Schönfelder a F. X. Bogner (2018) nebo Casavecchia, S. a kol. (2026).

Integrativní pedagogika a konstruktivismus

Tradiční vzdělávací modely jsou historicky postaveny na encyklopedickém shromažďování izolovaných faktů v rámci přísně oddělených disciplín, což v kognitivním vývoji studenta vytváří bariéry bránící pochopení světa jako propojeného systému. Integrativní pedagogika naproti tomu usiluje o zrušení těchto „silových čar“ a nabízí holistický rámec, kde je poznání chápáno jako síť vzájemně se ovlivňujících vztahů. V tomto paradigmatu přestávají být jednotlivé předměty cílem samy o sobě a stávají se nástroji k řešení komplexních, reálných problémů, které svou povahou vždy přesahují rámec jedné vědní oblasti, viz např. práce H. H. Jacobs (1989) a E. Morin (1999).

Základním epistemologickým východiskem je zde konstruktivismus, který popírá představu o žákovi jako o „tabula rasa“, do níž pedagog vkládá hotové pravdy. Podle J. Piageta (1970) je učení procesem aktivní adaptace, při němž si jedinec buduje vnitřní mentální modely světa. Pokud je žák konfrontován s komplexním problémem, dochází k procesu akomodace – stávající kognitivní schémata jsou narušena a student je nucen je reorganizovat a rozšířit o nové souvislosti. Integrativní přístup tento proces maximalizuje tím, že nenabízí předem připravené odpovědi, ale vytváří edukační prostředí, které je bohaté na podněty vyžadující multidisciplinární syntézu. Znalost získaná tímto způsobem není pouze uloženou informací, ale funkčním nástrojem, který je pevně ukotven v kognitivní struktuře žáka díky jeho vlastní intelektuální práci.

V praxi se tento přístup opírá o J. Deweyho (2004) pragmatickou koncepci „Learning by doing“, která zdůrazňuje, že zkušenost je primárním zdrojem veškerého pravdivého poznání. V integrativně pojaté výuce se třída postupně mění v badatelské prostředí⁵, v němž se teoretické poznatky přirozeně propojují s praktickou činností. Žák zde nevystupuje jako pasivní příjemce, ale jako aktivní subjekt, který skrze praktickou činnost odkrývá hlubší teoretické principy. Tento pohyb od konkrétního k abstraktnímu je popsán Kolbovým cyklem zkušenostního učení (Kolb, 1984).

Jedním z klíčových přínosů integrativní pedagogiky v konstruktivistickém duchu je rozvoj systémového a kritického myšlení. L. S. Vygotskij (2004) zdůrazňuje roli sociálního konstruktivismu a zóny nejbližšího vývoje, kde učení probíhá skrze interakci a spolupráci na úkolech, které jsou mírně nad aktuálními schopnostmi jednotlivce. V integrativním prostředí jsou žáci nuceni komunikovat napříč různými diskurzí – musí například propojit etické aspekty vědeckého pokroku s jeho ekonomickými dopady a technologickou proveditelností. Tím se vzdělávání stává procesem kultivace komplexní osobnosti, která je schopna orientovat se v informačně nasyceném prostředí a kriticky vyhodnocovat kauzální vazby mezi jevy, jež se na první pohled zdají být nesouvisející.

Integrativní pedagogika a konstruktivismus tvoří neoddělitelný celek, který reaguje na potřeby společnosti 21. století. Schopnost integrace poznatků je základní gramotností v době, kdy největší výzvy lidstva – od klimatických změn po sociální nerovnosti – nelze vyřešit v rámci jediné vědní disciplíny. Tento pedagogický přístup podporuje rozvoj kritického myšlení a schopnosti orientovat se v komplexních problémech světa, s nimiž se žáci budou v občanském i profesním životě setkávat.

Analýza STEM potenciálu včelařství

V kontextu moderní integrativní pedagogiky (Sanders, 2009) nepředstavuje včelstvo pouze biologický objekt, ale komplexní vědecký systém, který umožňuje žákům aktivně konstruovat poznatky v oblastech biologie, chemie a ekologie skrze autentické badatelské situace. *Biologie* včely medonosné nabízí v rámci STEM vzdělávání unikátní vertikální průřez živou přírodou – od mikroskopické úrovně až po studium sociálního chování. Zásadní posun v kognitivním rozvoji žáka však nastává při studiu včelstva jako superorganismu. Zde se biologie prolíná s teorií systémů:

- reprodukční biologie – studium polyandrie a následné genetické diverzity včelstva jako mechanismu odolnosti proti chorobám,
- etologie a neurovědy – analýza komunikačních tanců jako kódovaného přenosu informací o poloze zdroje snůšky, což představuje přirozený model pro studium abstrakce a symbolického myšlení,
- patologie – monitoring životního cyklu parazita *Varroa destructor* v korelaci s vývojovými stadii včelího plodu, což vyžaduje precizní mikroskopickou práci a pochopení vztahu hostitel–parazit.

⁵ Čtenáře odkazujeme na práce M. Papáček (2013), J. Dostál (2015), J. Dostál, P. Nuangchalerm, J. Stebila a B. Bal (2016).

Včelí úl je v edukačním smyslu kontinuálně běžící biochemickou laboratoří. Integrace *chemie* do včelařského kurikula umožňuje studentům pochopit procesy látkové přeměny a enzymatické aktivity v reálném čase. Klíčovou oblastí je enzymatická transformace nektaru v med, viz E. Crane (1975) a S. Bogdanov (2014). Žáci analyzují roli invertázy a glukózooxidázy, přičemž zkoumají chemické vlastnosti výsledného produktu, jako je hygroskopičnost, pH stabilita a antibakteriální účinky (peroxid vodíku). Lze provádět studium titrace a měření obsahu vody refraktometrem (index lomu světla) a analýzu včelího vosku jako směsi esterů, mastných kyselin a uhlovodíků. Žáci se učí chápat vztah mezi chemickou strukturou a fyzikálními vlastnostmi (bod tání, plasticita).

Environmentální výchova již není chápána pouze jako podoblast přírodopisu, ale jako oblast, která v sobě integruje humanitní i přírodovědnou složku (Činčera, 2017). Environmentální senzitivita není v tomto kontextu chápána jako pouhá empatie k přírodě, ale jako kognitivní schopnost vnímat jemné změny v prostředí. Včelstvo funguje jako biologický zesilovač environmentálních signálů. Žák se díky včelařství stává citlivým na kvetení jednotlivých druhů rostlin, intenzitu srážek a směr větru. Tato fenologická všímavost vytváří hlubokou environmentální gramotnost, která je základem pro udržitelné inženýrství (Green Engineering). Konfrontace s fenomény, jako je úhyn včelstev (CCD – Colony Collapse Disorder), vede žáky k analýze antropogenních vlivů (pesticidy, monokultury, klimatická změna).

Z tohoto pohledu slouží včelařství jako vhodný model pro pochopení trofických řetězců a ekosystémových služeb. Integrativní pedagogika zde akcentuje včelu jako klíčový bioindikátor stavu životního prostředí. V rámci environmentální analýzy se výzkumné aktivity žáků mohou zaměřit na tři klíčové pilíře, které integrují praktickou terénní zkušenost s vědeckou metodologií. Prvním z nich je kvantifikace opylovacích služeb, v jejímž rámci je posuzován ekonomický i biologický přínos opylování pro udržení biodiverzity krajiny a zajištění globální i lokální potravinové bezpečnosti (Goulson, 2015). Druhý okruh výzkumu tvoří fenologie, kde žáci analyzují časovou koincidenci mezi fenofázemi kvetení entomofilních rostlin a populační dynamikou včelstev. V kontextu probíhajících klimatických změn představuje toto studium biologické synchronicity náročný úkol, vyžadující systematický sběr dlouhodobých dat a následné pokročilé statistické vyhodnocení. Významnou část výzkumu představuje environmentální toxikologie, která se soustředí na analýzu vlivu pesticidů, zejména neonicotinoidů, na fyziologický stav včel, s důrazem na narušení jejich orientačního smyslu a oslabení imunitního systému. Včelstvo je v tomto projektu využíváno jako bioindikační prvek, fungující jako sběrná stanice pro kontinuální monitoring reziduí antropogenních látek v lokálním ekosystému. Chov včel bývá za všech okolností vnímán jako přínosný pro přírodu. Žáky je třeba upozorňovat, že včela je z pohledu zemědělství hospodářské zvíře. Vysoké počty včel medonosných v ČR mohou ohrožovat biodiverzitu, zejména v chráněných krajinných oblastech a na lokalitách s výskytem vzácných rostlin a specializovaného hmyzu (Včelí stráž, 2025). Skutečná ochrana spočívá v sázení nektarodárných rostlin, omezování sečení travníků a vytváření hnízdních příležitostí pro divoký hmyz, nikoliv v navyšování počtu včelstev.

V kontextu integrativní pedagogiky 21. století se včelařství transformuje z tradičního řemesla na high-tech doménu, která poskytuje ideální platformu pro rozvoj *digitální*

gramotnosti, algoritmického myšlení a inženýrského⁶ navrhování. Inženýrský aspekt včelařství v rámci STEM vzdělávání spočívá v návrhu a optimalizaci umělého prostředí pro včelstvo. Žák v roli inženýra nahlíží na včelí úl nikoli jako na statický objekt, ale jako na komplexní termodynamický systém. Tento postup reflektuje konstruktivistický přístup, který definoval Sanders (2009), v němž se praktická činnost stává základem pro hlubší analytické pochopení fyzikálních principů a inženýrských výzev. Klíčovou oblastí je materiálové inženýrství, kde žáci provádějí analýzu tepelně-izolačních vlastností různých konstrukčních prvků. V rámci těchto aktivit porovnávají součinitele prostupu tepla u tradičních materiálů, jako je dřevo, ve srovnání se syntetickými variantami (polystyren) či moderními biokompozity. Tato komparace žákům umožňuje kvantitativně vyhodnotit, jakým způsobem zvolený materiál ovlivňuje energetickou bilanci včelstva, což je kritický faktor zejména během zimního období a jarního rozvoje. Dalším rozměrem je aplikovaná mechanika tekutin, na niž žáci narážejí při návrhu ventilačních systémů úlu. Studium proudění vzduchu a tzv. komínového efektu představuje praktické cvičení v řešení inženýrského konfliktu, konkrétně pak jak zajistit efektivní odvod vlhkosti, a přitom minimalizovat nežádoucí tepelné ztráty systému. Integrace principů bioniky pak završuje inženýrský pohled na biologickou strukturu. Geometrické uspořádání včelího díla, konkrétně princip šestibokého hranolu, slouží jako modelový příklad optimalizace strukturální pevnosti při minimální spotřebě materiálu.

Integrace moderních digitálních technologií do včelařství, často označovaná jako *Smart Beekeeping*, představuje završení technologického pilíře STEM vzdělávání. V tomto pojetí se včelí úl transformuje v autonomní uzel tzv. internetu věcí (IoT), což umožňuje kontinuální a objektivní sběr environmentálních dat v reálném čase, a to při zachování minimální invazivity vůči včelstvu. V rámci vzdělávacího procesu získávají žáci praktické kompetence v práci s elektronikou, přičemž využívají vývojové platformy jako Arduino⁷, Raspberry Pi či ESP32. Implementace těchto systémů zahrnuje multivariabilní monitoring, který je klíčový pro pochopení vnitřního stavu úlu:

- digitální váhy slouží k preciznímu sledování dynamiky snůšky, vývoje hmotnosti zásob a identifikaci kritických fází v sezóně,
- teplotní a vlhkostní senzory umožňují detailní monitoring mikroklimatu v plodovém tělese, což poskytuje cenná data o termoregulačních schopnostech včelstva,
- akustická analýza využívá citlivé mikrofony pro detekci specifických frekvenčních vzorců včelího bzúčení, které slouží jako prediktivní indikátor nadcházejícího rojení.

Zásadní součástí inženýrské přípravy je rovněž řešení energetické autonomie. Návrh napájecích sestav pro provoz sensorových polí v terénu, zahrnující integraci fotovoltaických panelů a systémů správy baterií, nutí žáky aplikovat teoretické znalosti z oblasti obnovitelných zdrojů energie a energetické efektivity v reálných podmínkách. Tento technologický přesah nejen zvyšuje technickou gramotnost žáků, ale zároveň poskytuje vědecký aparát pro studium ekologie včel na zcela nové úrovni přesnosti.

⁶ Používáme slova „inženýrského“, „inženýrský“, „inženýra“ i přes neobvyklost v rámci základního a středoškolského vzdělávání v českém prostředí. Vycházíme z akronymu STEAM, kde „E“ znamená engineering.

⁷ Problematikou se zabývají M. Šebo, E. Krajínčák a D. Lukáčová (2025), E. Krajínčák, M. Šebo a J. Depešová, (2022), M. Šebo a E. Krajínčák (2025).

Informatická složka včelařského STEM modelu přesahuje rámec prostého sběru dat a soustředí se na jejich transformaci v prediktivní modely skrze pokročilou algoritmizaci. Tento přístup umožňuje přetvořit surová data generovaná IoT infrastrukturou v užitečné informace, které včelstvo definují jako komplexní, dynamický informační systém. Typickým příkladem je analýza časových řad hmotnosti úlu, kde detekce prudkých výkyvů umožňuje včasnou identifikaci událostí, jako je loupež či vyrojení, srov. W. G. Meikle a N. Holst (2015) nebo A. Kviesis, V. Komasilovs, O. Komasilova, a A. Zacepins (2020). Algoritmizace následně umožňuje automatizaci reakcí; žáci navrhují logické systémy, které na základě překročení definovaných prahových hodnot (např. kritický pokles teploty v zimním období) aktivují automatizované notifikační mechanismy.

Včelařství představuje v edukačním procesu unikátní platformu pro aplikaci *matematiky*, která v kontextu školní výuky často působí jako abstraktní a izolovaná. Integrace včelařství do STEM modelu umožňuje žákům nahlížet na přírodní řád jako na systém definovatelný skrze planimetrii, stereometrii, statistiku a pokročilé modelování. Jedním z nejvýznamnějších matematických fenoménů ve včelařství je konstrukce plástu, která poskytuje ideální model pro studium geometrických principů. Analýza pravidelného šestiúhelníku jako řešení tzv. „problému pláste“, matematicky validovaného T. C. Halesem (2001), otevírá prostor pro diskusi o efektivitě přírodních systémů. Žáci při zkoumání šestiúhelníkové struktury prostřednictvím výpočtů obvodů a obsahů zjišťují, že tento tvar minimalizuje spotřebu vosku při současné maximalizaci úložného prostoru, což je princip, který by v případě čtverců či trojúhelníků nebyl energeticky udržitelný. Prostorová geometrie je dále prohloubena studiem dna buňky, které tvoří tři shodné kosočtverce.

Včelstvo jako superorganismus (srov. Tautz, 2009) vykazuje predikovatelné vzorce růstu, které slouží jako vynikající podklad pro studium algebry a matematické analýzy. Klasickým příkladem, propojujícím biologii s aritmetickou posloupností, je rodokmen trubce. Vzhledem k partenogenezi, kdy trubec vzniká z neoplozeného vajíčka, odpovídá počet jeho předků v jednotlivých generacích Fibonacciho posloupnosti.

Sledování jarního rozvoje včelstva dále umožňuje žákům modelovat exponenciální a následně logistický růst populace. Práce s proměnnými, jako je denní výkon kladení matky (až 2000 vajíček za den) v korelaci s délkou života dělnice, vede ke konstrukci růstových křivek (DeGrandi-Hoffman, Hoopingarner & Pulley, 1989). Žáci zde intuitivně chápou koncept limitů prostředí, tzv. nosné kapacity ekosystému, která definuje horní hranici populace v daném čase. Pravděpodobnostní modely, jako je výpočet rizika přežití včelstva v závislosti na míře napadení parazitem *Varroa destructor* (Morfin, Goodwin & Guzman-Novoa, 2023), učí žáky metodologii vzorkování (např. metoda smyvu) a následné interpretaci statistické významnosti při rozhodování o intervenčních opatřeních.

Z této syntézy vyplývá, že včelařství navrácí matematice její původní, aplikovaný charakter. V tomto edukačním modelu matematika přestává být izolovaným oborem a stává se nezbytnou metodou pro pochopení řádu přírody.

Rozvoj měkkých kompetencí, environmentální senzitivity a zručnosti

Kromě rozvoje technických a přírodovědných kompetencí hraje včelařství v rámci STEM modelu klíčovou roli také v kultivaci socio-emočních dovedností a charakterových rysů (srov.

Duckworth, 2016), které jsou pro úspěšnou badatelskou činnost nezbytné. Včelařský proces tak funguje jako specifické výchovné prostředí, v němž se žák učí odpovědnosti, seberegulaci a efektivní spolupráci. Včelařství staví žáka do role správce živého systému. Na rozdíl od simulací na obrazovce počítače přináší péče o včely přímou a nezprostředkovanou zodpovědnost za přežití tisíců organismů.

Prvním pilířem je rozvoj *trpělivosti a emoční seberegulace*, k nimž je žák veden skrze tzv. biosemiotickou zpětnou vazbu. Interakce se včelstvem vyžaduje specifické nastavení mysli; jakákoli známka nervozity či neuvážené prudké pohyby jsou včelstvem okamžitě detekovány a korigovány bezprostřední obrannou reakcí. Tento biologický „zrcadlový efekt“ nutí žáka k vědomé regulaci vlastních emocí, k rozvoji klidu a hlubokého soustředění. Schopnost zachovat chladnou hlavu a eliminovat afektivní reakce je přitom přenositelnou kompetencí, zásadní pro jakoukoli laboratorní či terénní badatelskou činnost.

Další nezbytnou dovedností, kterou včelařství systematicky formuje, je dlouhodobé plánování a vytrvalost. Včelařský rok je inherentně cyklický a neodpustí vynechání kritických intervenčních kroků, jako je včasné podzimní krmení nebo letní ošetření proti parazitům. Tato přísná pravidla vedou žáka k rozvoji organizačních schopností a k osvojení schopnosti strategického myšlení. Žák se tak učí překonávat tendenci k okamžitému uspokojení a osvojuje si disciplínu nutnou pro dlouhodobé vědecké projekty.

V neposlední řadě včelařství akcentuje týmovou kooperaci a sociální interakci. Úkoly, jako je vytáčení medu nebo logisticky náročné přesuny včelstev, vyžadují efektivní komunikaci, přesnou dělbu rolí a vzájemnou důvěru mezi členy integračních týmů. Tento proces plně naplňuje cíle sociálního konstruktivismu (Vygotskij, 2004), kde se poznání a dovednosti formují v rámci sociální interakce. Práce v týmu tak žáky nevede pouze k osvojení technických postupů, ale skrze kooperativní řešení problémů buduje jejich sociální inteligenci a schopnost fungovat v rámci badatelského kolektivu.

Analýza STEM potenciálu včelařství by byla neúplná bez započtení těchto nehmamatelných přínosů. Integrativní pedagogika ve včelařství dokazuje, že rozvoj přírodovědného a technického myšlení a matematické preciznosti nemusí být v rozporu s rozvojem empatie a environmentální zodpovědnosti. Naopak, včelařství humanizuje exaktní vědy.

V současném pedagogickém diskurzu je zřejmý silný akcent na rozvoj digitální gramotnosti, který však často probíhá na úkor zručnosti a schopnosti aplikovat teoretické fyzikální principy v reálném, fyzikálním světě. Integrované pojetí výuky včelařství tento deficit překonává tím, že transformuje biologický objekt (včelstvo) v komplexní inženýrskou výzvu. V tomto rámci je žák nucen uvažovat v intencích funkčního designu, termodynamiky a aplikované mechaniky. Včelí úl v tomto pojetí přestává být pouhým příbytkem hmyzu a stává se sofistikovaným technickým zařízením, jehož funkčnost je podmíněna dodržáním přísných parametrů pro udržení vnitřního mikroklimatu.

V souladu s konstruktivistickým principem „learning by doing“, nabývá práce v dílně – výroba rámků, příprava mezistěn či kompletace úlových sestav – charakteru hluboké kognitivní aktivity. Žák se skrze manipulaci s materiálem učí transformovat dvourozměrnou technickou dokumentaci v trojrozměrný funkční objekt. Tato činnost nevyžaduje pouze osvojení základních dovedností při práci s ručním či elektrickým nářadím, ale představuje

proces, v němž se abstraktní technické myšlení střetává s materiální realitou. Integrovaná výuka včelařství poskytuje unikátní prostor pro syntézu manuální práce, technické invence a vědeckého bádání. Na rozdíl od izolovaných hodin dílen či technické výchovy nabízí včelařství kontext, v němž má technická zručnost jasný etický a biologický smysl. Žák, který projde tímto vzdělávacím procesem, nedisponuje pouze izolovanou dovedností zatlouct hřebík nebo naprogramovat senzor, avšak disponuje schopností integrovat tyto dovednosti do funkčních celků schopných řešit komplexní problémy reálného světa, což je primárním cílem integrativní pedagogiky v 21. století.

Závěry a doporučení

Analýza potvrdila, že včelařství představuje mimořádně efektivní nástroj pro realizaci integrované pedagogiky v rámci konceptu STEM/STEAM. Včelstvo jako „superorganismus“ funguje jako komplexní, živý model, který přirozeně propojuje biologické zákonitosti, chemické procesy, inženýrské výzvy a matematické modelování, čímž eliminuje umělou fragmentaci školního kurikula. Klíčovým zjištěním je, že vzdělávací hodnota včelařství přesahuje pouhé osvojení faktografických znalostí a zasahuje do kognitivní i afektivní složky učení. V prvé řadě dochází k rozvoji systémového myšlení, kdy se žák učí vnímat ekosystém jako provázanou síť vztahů, nikoliv jako soubor izolovaných jevů. V rovině afektivní je pak přímý kontakt s živým organismem nezastupitelný při odbourávání přirozeného strachu z hmyzu a při budování dlouhodobé environmentální odpovědnosti.

V kontextu moderního vzdělávání se navíc včelařství transformuje v tzv. „Smart Beekeeping“, které díky integraci IoT technologií, senzorů a algoritmizace dat posouvá tradiční řemeslo do roviny pokročilé inženýrské a infromatické praxe. Žáci zde přejímají roli výzkumníků a inženýrů, kteří pracují s reálnými daty v autentickém prostředí. V neposlední řadě vykazují školní včelařské projekty významný společenský dopad skrze fenomén reverzní socializace. V rámci tohoto procesu se žáci stávají ambasadory environmentálních opatření, přičemž prostřednictvím svého nadšení a autentické komunikace efektivně ovlivňují environmentální návyky svých rodičů i širší komunity.

Na základě syntézy poznatků vyplývají pro učitele a tvůrce vzdělávacích programů následující doporučení:

- prioritizace emočního kontaktu – před zahájením technicky náročných aktivit je nezbytné nejprve vzbudit u žáků zájem a odbourat případný strach skrze řízenou, bezpečnou interakci,
- kombinace přístupů – pro dosažení nejlepších výsledků je vhodné kombinovat „afektivní cestu“ (přímé pozorování) s „konstrukčně-tvořivou cestou“ (budování úlů, hotelů pro hmyz),
- nezbytnost reflexe – samotná činnost nestačí; učitel musí po každé aktivitě zařadit řízenou reflexi, aby žáci dokázali verbalizovat své prožitky a propojit je s teoretickými poznatky,
- využití moderních nástrojů – pro školy bez možnosti vlastního chovu včel jsou digitální nástroje (vzdálený přístup k datům z úlů, senzory) plnohodnotnou alternativou, která umožňuje kvalitní badatelskou výuku,

- práce s reálnými daty – včelařství by mělo být využíváno k tréninku matematických kompetencí, od práce se statistikou (např. riziko přežití včelstev) až po modelování růstových křivek populace, což činí abstraktní matematiku pochopitelnější,
- od akčního pojetí k ekologickému občanství – učitelé by se neměli zaměřovat pouze na to, aby děti „měly rády včely“, ale vést je k praktickému „akčnímu“ pojetí (např. sázení nektarodárných rostlin, ochrana habitatů), které má hmatatelný dopad na lokální biodiverzitu,
- transdisciplinární spolupráce – včelařství by nemělo zůstat doménou pouze přírodopisu; doporučujeme jeho začlenění do projektů napříč předměty (např. fyzika při studiu termodynamiky úlu, informatika při analýze IoT dat), čímž se reflektuje provázanost reality 21. století.

Implementace těchto doporučení umožní školám transformovat včelařství z volnočasové aktivity v ucelený vzdělávací systém, který připravuje žáky na řešení komplexních výzev současného světa.

*Tento článek doporučila k publikování ve vědeckém časopise Mladá veda:
prof. PaedDr. Alena Hašková, CSc.*

*Podpořeno projektem GFD_PdF_2025_001 Komparace koncepční analýzy řešených
učebních úloh a kvantitativní analýzy dosažené úrovně znalostí žáků
v kontextu vzdělávání a výuky STEM*

Použitá literatura

1. BLOCK, T., C. PROVÉ, M. DEHAENE et al., 2022. *Understanding urban sustainability from Mode 2 Science and transdisciplinary education: how Master Thesis Ateliers of the Ghent Stadsacademie tackle wicked issues*. In: *Environment, Development and Sustainability*.
2. BOGDANOV, S., 2014. *Honey: Science and technology*. Bee Product Science.
3. BUEDDEFELD, J. N. et al., 2022. *Petting bees or building bee boxes? Strategies for transformative learning*. In: *Journal of Environmental Education*.
4. CASAVECCHIA, S. et al., 2026. *Teaching the pollinator crisis: Evaluating a two-year educational experience in Central Italy*. In: *The Journal of Environmental Education*.
5. CRANE, E., ed., 1975. *Honey: A comprehensive survey*. Heinemann.
6. ČINČERA, J., 2017. *Environmentální výchova jako průřezové téma: Podkladová studie*. Praha: NÚV.
7. DAŇKOVÁ, M., 2014. *Lingvistická a translatická analýza odborné terminologie z oblasti včelařství*. Diplomová práce.
8. DEGRANDI-HOFFMAN, G., R. HOOPINGARNER a G. PULLEY, 1989. *A model for simulating honey bee colony population dynamics*. In: *Ecological Modelling*. Roč. 28, č. 4, s. 188–195.
9. DENG, Z., 2007. *Transforming the Subject Matter: Examining the Intellectual Roots of Pedagogical Content Knowledge*. In: *Curriculum Inquiry*. Roč. 37, č. 3, s. 279–295.
10. DEWEY, J., 2004. *Zkušenost a vzdělání* (J. Čapek, přel.). Praha: Karolinum. (Původní dílo vydáno 1938).
11. DOSTÁL, J., 2015. *Badatelsky orientovaná výuka: Kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
12. DOSTÁL, J., P. NUANGCHALERM, J. STEBILA a B. BAL, 2016. *Possibilities of inducing pupils' inquiry activities during instruction*. In: *International Journal of Instruction*. Roč. 9, č. 2, s. 195–208.

13. DOSTÁL, J., 2024. *Technika, informační technologie a praktické činnosti jako integrální součást všeobecného vzdělávání v kontextu STEM*. In: K. KOLDOVÁ et al., eds. *Přístupy k integraci vzdělávacího obsahu z pohledu kurikula, výuky a učitelského vzdělávání*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, s. 1–184.
14. DUCKWORTH, A., 2016. *Grit: The power of passion and perseverance*. Scribner.
15. DVORSKÝ, J., 2012. *Včelařství v ekologickém zemědělství*. In: *Zemědělec*, č. 8, s. 29.
16. GIBBONS, M., 1999. *Science's new social contract with society*. In: *Nature*, s. 81–84.
17. GIBBONS, M., C. LIMOGE a H. NOWOTNY et al., 1994. *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Sage Publications.
18. HALES, T. C., 2001. *The honeycomb conjecture*. In: *Discrete & Computational Geometry*. Roč. 25, č. 1, s. 1–22.
19. HARAGSIM, O a L. HARAGSIMOVÁ, 2013. *Včelařské dřeviny a byliny*. 2. upr. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4647-0.
20. HAŠKOVÁ, A., M. BÍLEK a G. CAKMAKCI, 2024. *Integration of STEM education into the undergraduate teacher training*. In: *R&E-SOURCE*. Roč. 1, č. s1, s. 108–116.
21. HLAVNÍ SMĚRY REVIZE RVP ZV, 2022. Praha: MŠMT.
22. HŘEBENÁŘOVÁ, M., 2024. *Včelařství v Čechách a na Moravě v 16.–18. století ve světle tištěných příruček*. In: *Český Lid*. Roč. 111, č. 1, s. 77–112.
23. JACOBS, H. H., ed., 1989. *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation*. ASCD.
24. JENSVOOLL, I., V. BERGAN a S. T. KILLENGREEN, 2025. *Let it Bee: children as agents of biodiversity through intergenerational learning*. In: *Environmental Education Research* [online]. [cit. 18. dubna 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2562468>
25. KASÍKOVÁ, H., 2010. *Kooperativní učení, kooperativní škola*. Praha: Portál.
26. KOLB, D. A., 1984. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
27. KRAJINČÁK, E., M. ŠEBO a J. DEPEŠOVÁ, 2022. *The STEAM approach in industrial education 4.0*. In: *2022 20th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. IEEE, s. 314–319.
28. KUČERKA, D., M. MRÁZEK, Č. SERAFÍN, P. ČÁSTKOVÁ, H. BUČKOVÁ a M. SEDLÁČEK, 2024. *Development of pupils' key competencies in the subject of technology in Slovakia and the Czech Republic*. In: *WSEAS Transactions on Environment and Development*. Roč. 20, s. 735–744.
29. KVIESIS, A., V. KOMASILOVS, O. KOMASILOVA a A. ZACEPINS, 2020. *Application of fuzzy logic for honey bee colony state detection based on temperature data*. In: *Biosystems Engineering*. Roč. 193, s. 90–100.
30. MEIKLE, W. G. a N. HOLST, 2015. *Application of continuous monitoring of honey bee colonies*. In: *Apidologie*. Roč. 46, č. 1, s. 10–22.
31. MEZIROW, J., 2018. *Transformative learning theory*. In: *Contemporary theories of learning*. London: Routledge, s. 114–128.
32. MORFIN, N., P. H. GOODWIN a E. GUZMAN-NOVOA, 2023. *The impact of honey bee (Apis mellifera) density on wild bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity*. In: *Frontiers in Bee Science*. Roč. 1.
33. MORIN, E., 1999. *Seven complex lessons in education for the future*. UNESCO Publishing.
34. NETÍK, T., E. CÉZOVÁ a T. KELLNER, 2022. *Ergonomie ve včelařství*. In: *Ergonomie a moderní životní styl*, s. 8–13.
35. PORUBSKÝ, Š. 2025. *Koncepčné zmeny v štátnom vzdelávacom programe* [online]. Bratislava. NIVAM. Dostupné z: https://vzdelavanie21.sk/wp-content/uploads/2025/03/NIVAM_Koncepcne_zmeny_SVP.pdf
36. NOVÁK, J., 2010. *Analýza výukových metod na základní škole* [Bakalářská práce]. Brno: Masarykova univerzita.
37. NOVÁK, P., 2024. *Analýza logistických procesů v podniku* [Bakalářská práce]. Pardubice: Univerzita Pardubice.
38. NOWOTNY, H., P. SCOTT a M. GIBBONS, 2005. *Rethinking Science: Mode 2 in Societal Context*. In: E. G. CARAYANNIS a D. F. G. CAMPBELL, eds. *Knowledge Creation, Difusion, and Use in Innovation Networks and Knowledge Clusters*. Westport, CT: Praeger.

39. PAPÁČEK, M., 2013. *Badatelsky orientovaná výuka biologie: Potenciál, rizika a limity*. In: *Biologie – Chemie – Zeměpis*. Roč. 22, č. 3, s. 115–122.
40. PETLÁK, E., 2004. *Inovácie v edukačnom procese*. Bratislava: IRIS.
41. PETR, B., 2019. *Domečky pro včely a užitečný hmyz*. Praha: Grada Publishing.
42. PIAGET, J., 1970. *Psychologie inteligence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
43. PLISOVÁ, M., 2016. *Návrh výstavy o včelařství* [Diplomová práce]. Brno: Masarykova univerzita.
44. PUMPR, P., 2017. *Vývoj právní úpravy včelařství na našem území* [Rigorózní práce]. Brno: Masarykova univerzita.
45. SANDERS, M., 2009. *STEM, STEM Education, STEMmania*. In: *The Technology Teacher*. Roč. 68, č. 4, s. 20–26.
46. SCHÖNFELDER, L. a F. X. BOGNER, 2017. *Two ways of acquiring environmental knowledge: by encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools*. In: *Environmental Education Research*.
47. SCHÖNFELDER, M. L. a F. X. BOGNER, 2018. *How to sustainably increase students' willingness to protect pollinators*. In: *Environmental Education Research*. Roč. 24, č. 3, s. 461–473.
48. SLAVÍK, J., T. JANÍK, P. NAJVAR a P. KNECHT, 2017. *Transdidaktika: o souvislostech mezi oborovými didaktikami*. Brno: Masarykova univerzita.
49. SVATO, M., 2019. *Úloha cukru ve včelařství*. In: *Listy Cukrovarnické a Reparské*, roč. 135.
50. ŠEBO, M., E. KRAJINČÁK a D. LUKÁČOVÁ, 2025. *Mikrokontroléry v interdisciplinární edukácii*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre.
51. ŠEBO, M. a E. KRAJINČÁK, 2025. *Implementation of interdisciplinary relations of the educational process in teaching PLC programming*. In: *Emerging technologies in learning*. Berlin: Springer.
52. TAUTZ, J., 2009. *Fenomén včela: Včelstvo jako superorganismus*. Praha: Brázda.
53. VČELÍ STRÁŽ: Vliv vysokých počtů včel medonosných na biodiverzitu v ČR. 2025. In: *Ekolist.cz* [online]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/vceli-straz-vliv-vysokych-poctu-vcel-medonosnych-na-biodiverzitu-v-cr>
54. VOSKA, K., 2024. *Včelařství a jeho využití na základní škole* [Diplomová práce]. Praha: Univerzita Karlova.
55. VYGOTSKIJ, L. S., 2004. *Vývoj vyšších psychických funkcí*. Praha: Karolinum.
56. ZELINA, M., 1996. *Stratégie a metody rozvoja osobnosti dieťaťa*. Bratislava: Iris.

Mladá veda

Young Science

ISSN 1339-3189