Szalay Luca – Kiss Edina
ELTE TTK Kémiai Intézet
luca.szalay@ttk.elte.hu | edina.kiss@ttk.elte.hu

Mivel járul hozzá az acaSTEMy projekt a magyar természettudományos tanárképzéshez?

A *Trans-national STEM teacher education focussing on transversal competence and sustainability education* (Transznacionális STEM-tanárképzés, amelynek középpontjában a transzverzális kompetenciák és a fenntarthatósági oktatás áll, rövid név: acaSTEMy, ahol a STEM jelentése: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, azaz természettudományok, technológia, mérnöki tudományok és matematika) című projekt az Európai Bizottság felhívására és anyagi támogatásával létrejött, *Partnership for Excellence – Erasmus+ Teacher Academies* (A kiválóság érdekében kialakított partnerség – Erasmus+ tanári akadémiák) [1] program keretében jött létre. Az ELTE Kémiai Intézetének szakmódszertanos oktatói (e cikk szerzői) egy 2022 júliusában Izraelben tartott, a kémiaoktatás kutatásával foglalkozó konferencián kaptak meghívást a pályázatban való részvételre a projekt észt konzorciumvezetőjétől, akit korábbi konferenciákról és a *European Chemical Society Division of Chemical Education* (az Európai Kémiai Társaság Kémiaoktatási Szakosztálya) [2] tanácsának összejöveteleiről is ismertek.

A megvalósítás a 2023. június 1. és 2026. szeptember 30. közötti időszakban történik (mivel az eredeti, 2026. május 31-i határidőt a nyári szünetet is figyelembe véve négy hónappal meghosszabbították).

A projekt céljai

Következzék néhány gondolat a pályázat küldetésnyilatkozatként is értelmezhető összefoglalójából! A tanárok kulcsszerepet játszanak a jövő generációinak sokoldalú és transzverzális készségekkel is rendelkező szakemberekké való képzésében. Ezért az ő tudásuk és képességeik döntő jelentőségűek a zöld és a digitális átállás szempontjából is. Ennek ellenére a tanárok gyakran a megfelelő szakmai továbbképzési lehetőségek hiányáról számolnak be, különösen a digitális készségek, a mobilitás és a tapasztaltabb kollégák által végzett mentorálás terén. Az acaSTEMy célja egy olyan szisztematikus támogatási struktúra kialakítása, amely a magas színvonalú, kutatásalapú STEM-tanárképzést segíti a tanári pályára lépés előtti képzéstől a folyamatos szakmai fejlődésig (*Continuing Professional Development*, röviden CPD), és amelynek alapvető eleme a mobilitás. A projekt transzverzális kompetenciákkal rendelkező és motivált STEM-tanárokat képzel el, akik megfelelő felkészültséggel rendelkeznek ahhoz, hogy diákjaikat olyan jövőbeli karrierutakra készítsék fel, amelyeknek ívét és jellegét nehéz előre látni.

A korábbi kutatások bizonyították, hogy a természettudományok oktatása során alkalmazott kontextusalapú megközelítések javítják a diákok természettudományok tanulásához való hozzáállását [3], és fokozzák az érdeklődést a természettudományos pályák iránt [4]. Kember és McNaught [5] eredményei szerint a diákok számára releváns helyzetek és a tudományos ismeretek összekapcsolása segíti a diákok értelmes tanulását, és fokozza az adott témához fűződő érdeklődésüket is [6]. Holbrook és Rannikmäe [7] szerint a természettudományokkal kapcsolatos társadalmi kérdéseken alapuló kezdeti kontextus motivációs hatású bevezetést nyújthat a STEM-tanulási folyamathoz, amelyet tudományos problémamegoldási helyzet követhet, és ez a transzdiszciplináris módon történő összekapcsolás egy további társadalomtudományi döntéshozatallal kiszélesítheti a STEM-tanulás perspektíváját, rámutatva annak relevanciájára. A kontextusalapú tanítást gyakran alkalmazzák a kutatásalapú oktatási módszereket alkalmazó tevékenységekkel együtt is [8].

A fentiek miatt a projekt kezdetekor az alábbi célokat jelöltük meg:

1. különféle távoktatási és vegyes tanulási modellek kidolgozása, kipróbálása és népszerűsítése, nemzetközi mobilitási programokkal és mentorálással összekapcsolva;
2. a STEM-tanárok digitális kompetenciáinak fejlesztése a hatékony pedagógiai gyakorlatok terjesztése érdekében;
3. a STEM-tanárok kompetenciáinak és jó pedagógiai gyakorlatainak támogatása a fenntartható és naprakész természettudományoktatás érdekében olyan továbbképzési kurzusok kidolgozásával, amelyek a következő jelentős kihívásokkal foglalkoznak: a környezeti fenntarthatóság, a zöld megállapodás, a globális egészségügy és a bevándorlás, valamint olyan módszertani szempontokat is mérlegelnek, mint a sokféle háttérrel rendelkező tanulók inkluzív tanítása, a természettudományoktól való félelem leküzdése és a nemek közötti egyenlőséget is figyelembe vevő oktatás előmozdítása.

Projektpartnerek

A projektet az alább felsorolt kilenc partnerintézményből álló konzorcium valósítja meg, amelynek vezetője a lista első helyén álló Tartui Egyetem:

1. University of Tartu (Észtország)

1. ábra. A projektpartnerek képviselői, a vendégek és a házigazdák az ELTE-n, a 2025. október 7-én tartott projekttalálkozón

2. University of Eastern Finland (Finnország)
3. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa (Portugália)
4. Dokuz Eylul University (Törökország)
5. University of Latvia (Lettország)
6. The Institute of Social Sciences Ivo Pilar (Horvátország)
7. Eötvös Loránd University (Magyarország)
8. Ludwig-Maximilians-Universität München (Németország)
9. Concept Mapping Academy (Észtország)

A partnerintézmények képviselőiről, a vendégekről és a vendéglátókról készült 2025. október 7-én az **1. ábrán** bemutatott fénykép. Az ELTE-n dolgozó kollégák és hallgatók munkáját pedig a következő négy magyar társult partnerintézmény segíti:

1. Richter Gedeon Nyrt.
2. Egis Gyógyszergyár Zrt.
3. Magyar Kémikusok Egyesülete, Kémiatanári Szakosztály
4. ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium

Kérdőív

A projekt első szakaszában a természettudomány tanári szakos hallgatók és gyakorló tanárok saját képzésükkel, illetve továbbképzésükkel kapcsolatos igényeinek felmérése történt. Ennek érdekében a partnerintézmények által közösen, angol nyelven fejlesztett kérdőívet lefordítottuk a projekt minden nyelvére, amelyeket aztán országonként mintegy 80–100 tanár, illetve hallgató töltött ki. A kapott válaszok statisztikai elemzése alapján országonként, majd projektszinten is összefoglalókat készítettünk. A kérdőív magyar változatát 89 fő töltötte ki, akiknek majdnem a fele legalább 15 éve tanít a közoktatás különböző szintjein. Túlnyomó többségüknek (91%) kémiatanári szakja (is) van vagy képzését kémiatanári szakon (is) végzi, hiszen mi kémia módszertanos oktatókként őket értük el a legkönnyebben. Érdekes, hogy a megkérdezettek az önértékelés során összességében a saját transzverzális képességeik közül az adaptivitásnak és a kollaborációnak adtak a legmagasabb pontszámokat, a kritikus gondolkodásnak és a kommunikációnak kevesebbet, és a kreativitáshoz rendeltek a legalacsonyabb értékeket. Az utóbbi eredmények persze származhatnak a szükségesnél alacsonyabb önbecsülésből és/vagy (tévesen felfogott) szerénységből is. Az egészség és orvostudomány témában föltett kérdések közül a válaszadók a mesterséges intelligencia e területen való alkalmazása, a gyógyszergyártás minőségbiztosítása, valamint a biotechnológia és a génterápia újabb eredményei tekintetében ítélték a leghiányosabbnak a saját tudásukat. A fenntarthatóság szekcióból az derült ki, hogy a tanárok és hallgatók főként a körforgásos gazdaságról szeretnének új információkat szerezni. Az a mai viszonyok között talán nem is meglepő, hogy a digitális technológiák kapcsán is a mesterséges intelligencia oktatásban való felhasználása iránt érdeklődnek a legtöbben. A magyar sajátosságok miatt a tanárok és a hallgatók a különböző képességű tanulók együttes oktatását érzik a legnagyobb nehézségnek, és ritkábban szembesülnek problémákkal a nyelvi, illetve kulturális háttér okozta eltérések miatt. A kérdőívekre adott válaszok feldolgozása nyomán több tudományos publikáció is készül.

Modulok

A projekt megvalósítása során a partnerintézmények összesen hat, a természettudományos tanárképzésben és tanártovábbképzésben használható modult dolgoztak ki, amelyeknek alább az angol és a magyar nevét is megadjuk. A fejlesztések során természetesen figyelembe vettük a fentebb említett kérdőívre adott válaszok elemzése során kapott eredményeket is.

1. *Health and Medicine* (Egészség és orvostudomány)
2. *The Role of Energy in Sustainability* (Az energia szerepe a fenntarthatóságban)
3. *Green competencies* (Zöld kompetenciák)
4. *Inclusive science education* (Inkluzív / befogadó természettudományoktatás)
5. *Educational Psychology in STEM fields* (Oktatáspszichológia a STEM területeken)
6. *Systems thinking and concept mapping* (Rendszerszintű gondolkodás és fogalomtérképek)

Az Egészség és orvostudomány témájú modul magyar fejlesztésű. A munkában az ELTE Kémiai intézetének hat oktatóján kívül a Richter és az Egis gyógyszergyárakban dolgozó kollégák, valamint két, kémiatanár szakos szakdolgozónk is részt vett. Érdekességként megemlíthető, hogy a digitális tananyagot a finn kollégák által ajánlott ThingLink programban [9] fejlesztettük, és

az oktató videók létrehozásakor is használtuk a mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségeket. A modulok angol nyelvű változata a finn DigiCampus [10] portálon érhető el. A modulokat magyar nyelven a kipróbáláshoz Canvas platformon helyeztük el, de hosszabb távon (a közben az ELTE-n megszületett döntés miatt) Moodle környezetben lesznek. Minden országban két modult kellett kipróbálni, ami nálunk 2025 novemberi és decemberi szombatokon történt. A saját, Egészség és orvostudomány témájú modulunk jelenléti alkalmain összesen 35 fő, a Zöld kompetenciák modul kipróbálásában pedig 25 fő vett részt. Egy modul elvégzésének becsült ideje 32 tanórányi időt vesz igénybe. A kipróbálási szakasz hibrid formában történt, ami 16 óra otthoni, aszinkron munkát és 16 óra jelenléti foglalkozást jelentett. A projekt végétől kezdve azonban minden modul online, aszinkron formában végezhető majd el. Tervbe van véve a modulok tanártovábbképzési rendszerben történő akkreditációja, és meg kell fontolni a továbbképzések anyagi vonatkozásait is. (A kipróbálás a résztvevőknek ingyenes volt, mivel a projekt költségvetésének terhére történt.)

Az ELTE-n fejlesztett Egészség és orvostudomány modul 12 témaköre a következő:

1. Az emberi testet alkotó molekuláris struktúrákban bekövetkező (szerzett vagy örökletes) változások, amelyek egészségügyi rendellenességeket okozhatnak
2. Az energia átalakulása / átalakítása az emberi testben
3. Az emberi immunrendszer működése és rendellenességei
4. Különböző sugárzások alkalmazása a betegségek diagnosztizálásában
5. Az egészségtudatos magatartás szerepe az emberi test biokémiai folyamataiban fellépő rendellenességek enyhítésében
6. Az egészséges életmód fontossága
7. Az öregedés mint változások természetes sorozata, az öregedés biokémiai folyamatai
8. Az emberi test biokémiai folyamataiban fellépő (örökletes és szerzett) rendellenességek
9. A gyógyszertervezés és -gyártás, valamint a minőségellenőrzés szerepe ezekben
10. A biotechnológia alkalmazása a gyógyszerek és vakcinák gyártásában
11. A génterápiás beavatkozások alkalmazása és helyes megközelítése, a hatékonyság és a mellékhatások nyomon követése alapján)
12. A mesterséges intelligencián alapuló technológiák lehetséges alkalmazási területei és az egészségügyi rendszerre gyakorolt veszélyek / kockázatok)

Mint látható, a fenti témák között szerepelnek olyanok, amelyek a biokémiai alapokat nyújtják a többi téma megértéséhez azoknak a STEM tanároknak, akik nem kémia és/vagy biológia szakosak. Erre azért van szükség, mert úgy gondoljuk, hogy meggyőzően csak akkor érvelhetnek a tanárok egyes egészségmegőrzési és betegségkezelési módszerek mellett vagy ellen, ha maguk is értik, és diákjaik számára elmagyarázni is képesek a biomolekulák szerkezetének, tulajdonságainak és funkcióinak összefüggéseit. A modulok kipróbálásának eredményeiről beszámoltak egymásnak a partnerek. Az Egészség és orvostudomány modul kapcsán általunk kapott visszajelzések közül a legfontosabb az volt, hogy a ThingLink programban lévő, mesterséges intelligenciát használó funkció, amelynek segítségével a projekt mind a nyolc nyelvére lefordítható az angol nyelven fejlesztett digitális tananyag, sajnos a szaknyelv területén még nem képes jó minőségű eredményt adni. Ezért a modulokat más nyelven használó partnereknek „kézzel” kell kijavítani a fordítási hibákat. Ez elég nagy munka, de mi 2026 januárjában (oktatók és hallgatók bevonásával) a magyar fordítás vonatkozásában elvégeztük. Hasznosnak bizonyultak még a jelenléti kipróbálások során a szerzők és a tanárok által az adott témák tanításához fejlesztett feladatlapok szerepjátékszerű használata kapcsán folytatott beszélgetések is. Ekkor a modul szerzői által készített feladatlapok esetében a szakmódszertanos oktatók, a résztvevő tanárok által írt feladatlapok esetében pedig maguk a kollégák játszották a tanár szerepét, a diákokét pedig a többi jelenlévő résztvevő. Különösen hasznosnak bizonyultak a Zöld kompetenciák esetében a természettudomány tárgyat tanítók észrevételei, valamint a biológiából emelt szinten érettségiztetők Egészség és orvostudomány modulhoz fűzött javaslatai.

Mikrotanúsítványok

A mikrotanúsítványok létrehozását az Európai Unió kezdeményezte, de a magyar jogrendszerbe is hamar bevezették, így most már Magyarországon is elismerik őket. Az acaSTEMy ERASMUS+ projektünk keretében ilyen mikrotanúsítványokat is fejlesztettünk, amelyek célja az, hogy az egyetemi, többéves képzésekhez képest kisebb egységekben és időtartamok alatt juttassák új ismeretanyag birtokába az azokat elvégzőket. A résztvevők ezáltal olyan szakértelemre, illetve az adott területeken több tudásra, fejlettebb képességekre tehetnek szert, amelyet a munkáltatójuk is hasznosnak tarthat. A STEM tanárok a saját tanítási gyakorlatukat aktualizálhatják és színesíthetik vele, mivel a projektben fejlesztett mikrotanúsítványos képzések számos olyan időszerű ismeretet és készségfejlesztési lehetőséget tartalmaznak, amelyek elsajátítása, illetve alkalmazása a 21. században szükséges.

A projektpartnerek által közösen fejlesztett mikrotanúsítványt adó képzések szerkezete a következő. Minden mikrotanúsítvány tartalmazza az alábbi öt tanulási egységet, egyenként 1 kreditért (ami megfeleltethető a *European Credit Transfer and Accumulation System*, rövidítve ECTS 1 kreditjének):

1. Digitalizáció 1.
2. Transzverzális készségek 1.
3. Sokszínűség (diverzitás) és befogadás (inklúzió) 1.
4. Zöld Megállapodás (*Green Deal*) 1.
5. Egészség és gyógyszerek 1.

Ezeken kívül minden mikrotanúsítvány tartalmazza még a fenti témakörök közül egyiknek a 2. tanulási egységét is, attól függően, hogy melyik témáról szeretne a jelentkező többet tanulni. Minden tanulási egység 26 tanórányi elfoglaltságot jelent, a résztvevő számára legkedvezőbb időbeosztás szerint („*self paced*” mód), tehát mindenki a saját tempójában tudja elvégezni online, az otthonában. Egy mikrotanúsítvány tehát összesen 6 tanulási egységből áll, ami 6 kreditet ér, és a becslések szerint ez $6 \times 26 = 156$ tanórányi elfoglaltságot jelent, de ez csak egy közelítő időtartam, általában kevesebb idő alatt is meg lehet oldani a feladatokat. Az Egészség és gyógyszerek mikrotanúsítványos képzésbe beszámítjuk azt, ha a kolléga korábban már elvégezte az Egészség és orvostudomány modult. A két képzés közötti különbséget az jelenti, hogy a mikrotanúsítvány megszerzéséhez a modul kipróbálásának jelenléti napjain felvett videókat is meg kell nézni, és visszajelzéseket kell adni a szerzők, valamint a résztvevők által készített feladatlapok saját tanítási gyakorlatban való felhasználhatóságáról.

A mikrotanúsítványos képzéseink kipróbálása a 2026 áprilisa és augusztusa közötti időszakban történt, a modulokhoz hasonlóan a Canvas rendszerben elhelyezett digitális tananyagok online és aszinkron típusú elvégzésével. Az egyes kurzusokhoz tantárgyakat is létrehoztunk, amelyeket a résztvevőknek fel kellett venni az ELTE Neptun elektronikus tanulmányi rendszerében. Minden résztvevő kap egy, az ELTE által kiállított hiteles tanúsítványt az adott mikrotanúsítványos képzés elvégzéséről, és a kipróbálás végén az építő jellegű kritikák nyomán a szükséges javításokat is el tudjuk végezni a projekt végéig. A mikrotanúsítványos képzések kipróbálását is a projekt költségvetéséből finanszíroztuk, de a továbbiakban ezek is önköltséges módon folyhatnak majd.

Mobilitás

Az acaSTEMy projekt fontos összetevői a tanárok és oktatók hazai, illetve külföldi utazásai során megvalósuló szakmai programok. Az eredeti tervek „*job shadowing*” jellegű látogatásokról szóltak, de ezek szervezése ipari környezetben (az ipari titkok és munkabiztonsági, továbbá egyéb szempontok miatt) nagyon nehéz, így ott többnyire előadások, bemutatók, labor- és üzemlátogatások, illetve beszélgetések folytak. A nemzetközi mobilitás négy országban (Észtország, Finnország, Magyarország és Németország) valósult meg a 2025. év folyamán. Mind a négy partnerintézmény nyolc-nyolc külföldi kollégát fogadott, és számukra szervezett három-három munkanapnyi programot. Ezek olyan iskolákban, egyetemeken, kutatóintézetekben, gyárakban, üzemekben és tudománynépszerűsítő intézményekben zajlottak, ahol a STEM tárgyakat oktatják, vagy a STEM tárgykörébe tartozó tudást alkalmazzák, illetve propagálják. Két magyar kolléga (Bánóczi Zoltán és Sági István) a Tartui Egyetem, a másik két magyar résztvevő (Molnár István és Vasanits Anikó) pedig a Kelet-Finnországi Egyetem szervezésében töltött (a beszámolóik szerint nagyon érdekes és tanulságos) három-három napot külföldön. A hazai mobilitás is három napnyi programot jelentett: a résztvevők egy-egy tartalmas munkanapot töltöttek a Richterben, az Egisben és az ELTE Kémiai Intézetében.

Az utazások előtt mindenki felkészítést kapott a projektben (a szakirodalom tanulmányozása után) létrehozott kézikönyv iránymutatásai alapján. A tapasztalatokat pedig dokumentálni is kellett. Az így kitöltött, projektszinten egységes „ellenőrzési listák” („*check lists*”) és tanulási naplók („*learning diaries*”), valamint a külföldi látogatások résztvevőivel készített interjúk tapasztalataiból leszűrt tanulságokról nemzetközi folyóiratokban publikálandó tanulmányok is készülnek.

Szakdolgozatok közös témavezetése

A projektben részt vevő oktatók a STEM tanárszakos hallgatóik külföldi kollégákkal közös szakdolgozati témavezetéseit is vállalták. Ennek viszonylag könnyen, a szakdolgozó hallgató, a témavezető és a külföldi oktató(k) részvételével megvalósítható online formáját választottuk. Az ilyen találkozások célja lehetett a témaválasztással kapcsolatos szakirodalmi háttérről, a szakdolgozati munka lényegét jelentő empirikus akciókutatás megtervezéséről, kivitelezéséről, az eredmények értékeléséről és prezentációjáról, vagy ezek bármely kombinációjáról folyó beszélgetés. Projektszinten 29 tanárjelölt szakdolgozati munkáját segítettük ilyen formában. Ez minden résztvevő számára új szakmai tapasztalatokat jelentett, amelyekről egy kérdőív kitöltése formájában adtunk visszajelzéseket. Különösen a hallgatók számoltak be arról, hogy milyen sokat jelentett számukra az őket érdeklő témáról folytatott angol nyelvű diskurzus, az általuk készített prezentációk bemutatása és megvitatása. Az oktatók számára pedig érdekes az, hogy hogyan történik a szakdolgozatok témavezetése és készítése más országokban, mert erről a szakirodalomban, a konferenciákon és az egyéb alkalmakkal a külföldi kollégákkal folytatott beszélgetések során ritkán esik szó. Az ilyen online megbeszélések során viszont lehet tanulni jó gyakorlatokat és el lehet lesni jó ötleteket egymástól. Oktatóként az arra vonatkozó interjú kérdésekre is válaszolnunk kellett, hogy milyen nehézségekkel találtuk magunkat szembe a folyamat során, milyen hozzáadott értéket jelentett ez a lehetőség tudományos és pedagógiai szempontból, illetve mit csinálnánk másképp a jövőben. A legtöbben arról számoltunk be, hogy a szervezés során a legnagyobb nehézséget az időhiány jelentette. Mind az oktatóknak, mind a hallgatóknak rengeteg elfoglaltsága van, így nehéz volt egyeztetni az online megbeszélésekre alkalmas időpontokat. Ezért érdemes a külföldi kollégá(ka)t már a szakdolgozat készítésének legelején bevonni a munkába. Az ezen a téren összegyűjtött tanulságokat is nemzetközi folyóiratban publikáljuk.

A projekt eredményeinek elérhetősége

Az acaSTEMy projektben zajló fejlesztések eredményeiről a nyilvános beszámolókon és a tudományos publikációkon túl elsősorban a projekt honlapjáról [11] lehet tájékozódni. Az elmúlt években számos nemzetközi és hazai konferencia, műhelyfoglalkozás, online és személyes találkozó alkalmával beszéltünk ezekről. A továbbképzési lehetőségek terjesztésébe bevonjuk a szakmai szervezeteket, és dolgozunk a felelős hatóságok általi hivatalos elismertetésükön is. Az érdeklődők kérdéseire pedig szívesen válaszolunk emailben.

Köszönetnyilvánítás. Jelen cikk elkészítését az Európai Bizottság „Partnership for Excellence – Erasmus+ Teacher Academies” programja támogatta (Grant Agreement – GAP-101104631). Köszönjük a konzorcium által végzett tevékenységekben részt vevő hazai és külföldi oktatók, kutatók, valamint a projekt eredményeihez hozzájáruló együttműködő partnerek, tanárok és hallgatók munkáját.

IRODALOM

[1] Partnership for Excellence – Erasmus+ Teacher Academies: Call: [ERASMUS-EDU-2022-PEX-TEACH-ACA]; EU Grants: Application form (ERASMUS BB and LS Type II): V1.0 – 25.02.2021, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/erasmus-edu-2022-pex-teach-aca
[2] European Chemical Society Division of Chemical Education (az Európai Kémiai Társaság Kémiai Oktatási Szakosztálya), https://www.euchems.eu/divisions/chemical-education-2/
[3] J. K. Gilbert, A. M. W. Bulte, A. Pilot: Concept development and transfer in context-based science education, International Journal of Science Education (2011) 33(6), 817–837.
[4] N. Reid, E. Skryabina: Gender and physics, International Journal of Science Education (2003) 25(4), 509–536.
[5] D. Kember, C. McNaught: Enhancing University Teaching: Lessons from Research into Award-Winning Teachers. Abingdon, Oxfordshire: Routledge, 2007.
[6] A. Krapp, M. Prenzel: Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. International Journal of Science Education (2011) 33(1), 27–50.
[7] J. Holbrook, J., M. Rannikmae: Contextualisation, de-contextualisation, re-contextualisation – A science teaching approach to enhance meaningful learning for scientific literacy. In I. Eilks, B. Ralle (szerk.), Contemporary science education, Aachen: Shaker Verlag, 2010, 69–82.
[8] L. Szalay, Z. Tóth, R. Borbás, I. Füzesi: Scaffolding of experimental design skills, Chem. Educ. Res. Pract. (2023) 24, 599–623.
[9] ThingLink: https://www.thinglink.com/login
[10] DigiCampus: https://digicampus.fi/?lang=en
[11] Az acaSTEMy projekt honlapja: https://www.acastemy.eu/
(Az internetes források utolsó látogatása: 2026. április 5.)