

KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS

INQUIRY-BASED CHEMISTRY EDUCATION

Szalay Luca

PhD, egyetemi adjunktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézet, Budapest,
MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport
luca.szalay@ttk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásalapú módszerek használata során a tanulási folyamat a természettudományos kutatások lépéseit modellezi. Alkalmazásukhoz világszerte és Magyarországon is sokan nagy reményeket fűztek. Azonban a szakirodalom és a jelen tanulmányban ismertetett saját tapasztalatok is arra figyelmeztetnek, hogy az eredményes bevezetésüknek számos feltétele és buktatója van. A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja keretében létrejött, és jelenleg az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja égisze alatt működő MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport munkája ezért a fent említett feltételek és buktatók azonosítására irányul. Az előző longitudinális vizsgálathoz hasonlóan, a jelen kutatási projektünkben is több mint kilencszáz hetedik osztályos diák kémiaoktatását befolyásoljuk a kötelező kémia tanulásuk négy tanéven keresztül, tanévente hat, tanulókísérletek elvégzését előíró feladatlappal. A kutatásalapú módszerek hatékonyságát kezdetben a kutatócsoportunk megalakulása előtt, 9. osztályosok körében rövid távon sikerrel alkalmazott módszerünkől kiindulva vizsgáltuk. A kutatási modellünket a részeredmények alapján szakaszosan finomítjuk.

ABSTRACT

Using inquiry-based methods the learning process models the steps in science research. Many experts around the world and in Hungary have had high hopes for their application. However, both the literature and our own experiences described in this study warn that there are a number of conditions and pitfalls in their successful implementations. Therefore, the work of the MTA–ELTE Research Group on Inquiry-Based Chemistry Education, established within the framework of the Content Pedagogy Research Program of the Hungarian Academy of Sciences and currently operating under the auspices of the Research Programme for Public Education Development of the Hungarian Academy of Sciences aimed at identifying those conditions and pitfalls. Similar to the previous longitudinal study, in our present research project we influence the chemistry education of more than 900 7th graders through their four years of compulsory chemistry studies with six worksheets per academic year. The efficiency of inquiry-based teaching methods was initially investigated based on our method which had been successfully applied among 9th graders in the short term before the formation of our research group. Our research model has been refined considering the intermittent results.

Kulcsszavak: kutatásalapú tanítás, kutatásalapú tanulás, kísérlettervezés, IBSE, IBL

Keywords: inquiry-based science education, inquiry-based learning, experimental design, IBSE, IBL

I. A KUTATÁSALAPÚ TANULÁS MINT AZ OKTATÁSI MÓDSZEREK EGYIK CSOPORTJA

„Honnan tudják, mi történik egy atom belsejében?” – tette föl a kérdést Bill Bryson (2004) a méltán dicsért, *A Short History of Nearly Everything* (Majdnem minden rövid története) című könyvében. Azonban Bryson (nyilván sok sorstársával együtt) nem talált erre a kérdésre kielégítő választ azokban a könyvekben, amelyekből ők tanultak a múlt század ötvenes éveiben. „A könyv egyáltalán nem volt izgalmas. Sőt, érthetetlen volt. És főleg: egyáltalán nem válaszolta meg azokat a kérdéseket, amelyek egy átlagos kíváncsiságú olvasóban felmerülnek...” – írja Bryson gyermekkori tankönyvének szerzőjéről. Őt ugyanis nemcsak a tudósok kész válaszai érdekelték, hanem az a megismerési folyamat is, amely nyomán a letisztult, kanonizált tudás születik.

Mint a fenti példából is látható, könnyen az érdeklődés elvesztéséhez vezethet az, ha a természettudományt a diákoknak egy befejezett (bár csodálatos) épületként mutatjuk be, és nem olyanként, amely folytonosan, sok-sok ember munkájának eredményeként készül. Azonban ez nem az egyetlen negatív következmény. Ugyanis időről időre mindannyiunknak különféle, a saját vagy a kisebb-nagyobb közösségeink életét befolyásoló döntéseket kell hoznunk. Az volna a célszerű, ha ezek a döntések megalapozottak, logikusak és észszerűek lennének. Márpedig a korunkban a médiát (és különösen a közösségi médiát) elöntő téves információk és álhírek áradata miatt nagyon nehéz meghatározni azt, hogy egy tudományosnak látszó állítás valóban igaz lehet-e, vagy sem. Ehhez ugyanis értenünk kell azt, hogy a természettudományos megismerési folyamat során mi a korrekt módja egy problémával, kérdéssel kapcsolatos hipotézis vagy modell felállításának, a vizsgálatok és kísérletek megtervezésének, elvégzésének, valamint az eredmények interpretálásának és a tudományos közösség általi megvitatásának, majd elfogadásának vagy elvetésének. Ehhez pedig már a közoktatásban gyakorolni, a diákok számára könnyen befogadható formában modellezni kell ennek a folyamatnak a lépéseit. Az ezen az elképzelésen alapuló módszerek összességét kutatásalapú természettudomány-tanulásnak (inquiry-based science learning/teaching/education, IBL/IBST/IBSE) nevezik.

A vonatkozó szakirodalomban tehát mára már általánosan elfogadott, hogy a természettudományos tartalmakkal (ún. „tárgyi tudással”) együtt tanítani kell a természettudományok művelésének gyakorlatát is (például: NRC, 2012; OECD 2019). Így az egymást követő tantervi reformok a világ sok országában javasolták is a kutatásalapú módszerek beépítését a tanítási-tanulási folyamatba.

A kutatásalapú oktatási módszerek egyik lehetséges osztályozása azon alapul, hogy mekkora szabadságot biztosítanak a tanulóknak (Tafoya et al., 1980; Walker, 2007). A nyílt kutatásalapú tanulás (open inquiry) során a diákok döntenek el, mi legyen a kutatási kérdés, és hogyan szerzik meg rá a választ. Az irányított/kötött kutatásalapú tanulás (guided/bounded inquiry) esetén a tanár teszi föl a kérdést, de a diákok döntenek arról, milyen módszerrel keresik meg a választ. Strukturált kutatásalapú tanulás (structured inquiry) akkor történik, amikor a kutatási kérdés és a módszer is adott, de a diákok nem ismerik a vizsgálat eredményét. A megerősítő (confirmation) típus úgy jellemezhető, hogy a kérdésen és a módszeren kívül a végeredmény is ismert, bár a legutóbbit egyesek nem is sorolják a kutatásalapú tanulási módszerek közé (Nagy L.-né, 2010; Korom–Németh, 2020). A felsorolt típusokat az 1. táblázat a tanulói önállóság csökkenő sorrendjében mutatja.

1. táblázat. A kutatásalapú módszerek csoportosítása a tanulói önállóság csökkenő sorrendjében

Típus	A tanuló számára ismert-e...		
	...a kutatási kérdés?	...a kutatási módszer?	...az eredmény magyarázata?
Nyílt (open)	nem	nem	nem
Irányított/kötött (guided/bounded)	igen	nem	nem
Strukturált (structured)	igen	igen	nem
Megerősítő (confirmation/closed)	igen	igen	igen

II. ISMERKEDÉS A KUTATÁSALAPÚ MÓDSZEREKKEL MAGYARORSZÁGON

A PISA 2006 eredményeinek publikálása óta ismert, hogy probléma van a magyar természettudományos közoktatással (PISA, 2007). Az adatok elemzéséből arra lehetett következtetni, hogy Magyarországon a tanítási és tanulási folyamat során ritkán került szóba, hogyan gyűjtik és értékelik a tudósok a természettudományos kutatások során az empirikus bizonyítékokat. Ez a tény pedig korlátozza a megszerzett tudás alkalmazhatóságát az egészséges és környezettudatos életvitel megtervezésekor, a felelős állampolgári magatartás kialakításakor, valamint az áltudományok által állított csapdák felismerésekor. 2015-ben pedig, amikor ismét a természettudományok kerültek a PISA-vizsgálatok fókuszába, az derült ki, hogy a részt vevő hatvanegy ország tanulói közül a magyar diákok átlagteljesítménye mutatott a negyedik legnagyobb mértékű átlagos csökkenést a programban való részvétel kezdete óta (PISA, 2016).

Történt mindez annak ellenére, hogy már a 2007-ben publikált „Rocard-jelentés” (Rocard et al., 2007) nyomán a figyelem középpontjába került az Európai

Unióban a kutatásalapú tanulás mint a természettudomány-oktatásban jelentkező bajok egyik lehetséges orvoslási módja. Mivel az akkori várakozások szerint ez segítheti a természettudományos műveltség fejlődését, valamint az érdeklődés felkeltését és fenntartását is, az Európai Unió számos jelentős projektet támogatt (URL1), amelyek e módszerek kutatását és terjesztését szolgálták. Ezek közül többen magyar partnerintézmények is szerepeltek, és a jelen tanulmány szerzője is részt vett két ilyen projektben. Ezek során és nyomán elkezdődött és azóta is folytatódik hazánkban a kutatásalapú módszerek vizsgálata, illetve terjesztése (például Nagy L.-né, 2010; Korom–Németh, 2020).

Míndez és az azóta bekövetkezett országos jelentőségű változások azonban sajnos nem tudták megfordítani azt a trendet, amelyre már 2008-ban az Országos Köznevelési Tanács természettudományos közoktatás kérdéseit vizsgáló *ad hoc* bizottsága is rámutatott, miszerint a természettudományos pályákat választók aránya csökken (Kertész, 2009; Iharosi, 2019). A magyar vegyiparnak és gyógyszeriparnak viszont nyilvánvalóan továbbra is nagy szüksége lenne a jól képzett kémikusokra, kutatókra. Nagyon fontosak tehát az olyan ígéretes oktatási módszerek bizonyítékalapú tantárgy-pedagógiai kutatások során végzett bevélyvizsgálatai, mint a kutatásalapú tanulás különféle válfajai, valamint a kipróbált és hatékonyan bizonyult oktatási segédanyagok közzététele is.

Első alkalommal a TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” című projekt (URL2) keretében végeztünk egy rövid tantárgy-pedagógiai kutatást, amelybe 660 9. osztályos tanulót vontunk be. A kísérleti csoport az irányított/kötött kutatásalapú tanulás típusába sorolható kísérlettervező feladatokat kapott (azaz készen kaptak olyan kérdést, amelynek a megválaszolására nekik kellett megtervezniük a kísérleti eljárást). A kontrollcsoport feladatlapjain pedig a strukturált kutatásalapú tanulás típusába sorolható, receptszerűen leírt kísérletek voltak, amelyeket a tanulóknak csak végre kellett hajtaniuk, és meg kellett magyarázniuk. (Ez utóbbi egyébként a tanuló-kísérletek hagyományos, és a magyar iskolákban általában alkalmazott módja.) A beavatkozás előtt és után írt tesztek eredményeinek statisztikai elemzése azt mutatta, hogy mindössze két tanuló-kísérlet megtervezése is szignifikáns növekedést okozott a kísérleti csoport kísérlettervező képességében a kontrollcsoporthoz viszonyítva (Szalay–Tóth, 2016).

III. AZ MTA–ELTE KUTATÁSALAPÚ KÉMIATANÍTÁS KUTATÓCSOPORT „MEGVALÓSÍTHATÓ KUTATÁSALAPÚ KÉMIATANÍTÁS” PROJEKTJE

A következőkben a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja (URL3) keretében alapított MTA–ELTE Kutatásalapú Kémiai-tanítás Kutatócsoport (URL4) „Megvalósítható kutatásalapú kémiai-tanítás” projekt-

je (URL5) során kaptunk lehetőséget egy négy tanévre tervezett longitudinális vizsgálat megvalósítására. A projektbe 2016 szeptemberében bevont 920 tanulót tizennyolc iskolában minden évben a kutatócsoportunk huszonhárom–huszonöt kémia tanár tagja tanította. Az erre a célra készített 24 db feladatlapunk kitöltetése által a projekt kezdetekor 7. osztályos diákok négy évig tartó kötelező kémiaoktatását kívántuk befolyásolni. (Ehhez természetesen a tanulóknak mind a négy éven keresztül ugyanabban az oktatási intézményben kellett maradniuk. Így csak a legalább hatosztályos gimnáziumok diákjai kerülhettek a mintába, ami ebből következően sajnos nem reprezentatív.) A diákokat a projekt kezdetén véletlenszerűen három csoportba osztottuk. Az 1. csoport (kontrollcsoport) tanulói csak receptszerű leírás alapján végeztek csoportos tanulókísérleteket. A 2. csoport ugyanúgy végezte ugyanazokat a kísérleteket, de az 1. tanévben ezen kívül papíron megoldandó kísérlettervező feladatokat is kaptak. A 3. csoport diákjainak pedig ugyanazon kísérletek végrehajtása előtt meg kellett tervezniük azok egy vagy több lépését. Mind a négy tanévre hat-hat feladatlapot és tanári útmutatót fejlesztettünk, három változatban a három fenti csoport számára.

A módszerek hatékonyságát a minden tanév végén íratott tesztekkel mértük (a T1-tesztet írták az 1. tanév végén, a T2-tesztet a 2. tanév végén stb.). Ezek eredményeit vetettük össze a projektbe belépő 7. osztályos diákok által 2016 szeptemberében írt T0-teszten szerzett pontszámokkal. Minden teszt szerkezete azonos volt: a Bloom-taxonómia szerinti alacsonyabb rendű műveleteket (ismeret, megértés, alkalmazás) igénylő, diszciplináris (tárgyi) tudást mérő feladatokat tartalmazó alteszten, és a magasabb rendű műveleteket mérő, kísérlettervező feladatokat tartalmazó alteszten ugyanannyi pontot lehetett szerezni. Ezen kívül háttéradatokat is gyűjtöttünk a diákokról: a tantárgyi érdemjegyeket, a tanuló nemét, az édesanyja legmagasabb fokú iskolai végzettségét (amivel az adott diák szocioökonómiai státuszát jellemeztük), és az iskolája „rangját” (a részt vevő oktatási intézményeket a legjobbiskola.hu oldalon közölt helyezéseik szerint három kategóriába sorolva). A tesztek eredményeit kovariancia-analízissel (URL6) értékeltük, amely során a tanuló T0-teszten nyújtott teljesítménye volt a kovariáns. A tesztek tartalmaztak még a fentiekén kívül arra vonatkozó attitűdkérdéseket is, hogy mennyire szereti a diák a tantárgyat, milyen mértékben tartja fontosnak a természettudományokban a kísérletek szerepét, és hogy vajon a receptszerűen leírt vagy a megtervezendő kísérleteket kedveli-e jobban.

A kutatás 1. tanévi tesztjének eredményeit elemezve az derült ki, hogy a kísérlettervező feladatok tekintetében nem volt szignifikáns különbség a kísérleti csoportok és a kontrollcsoport eredményei között, illetve a tanulók vizsgált attitűdjeit sem sikerült pozitív irányba befolyásolni (Szalay et al., 2020). Egy fejlődépszichológussal történt konzultáció alapján úgy véltük, hogy a kísérleti csoportok számára föltehetőleg főként azért nem jelentett az év közben megtervezett hat kísérlet jelentős segítséget az év végi teszt megírásakor, mert többségük valószínű-

leg még nem érte el a Piaget-féle formális gondolati műveleti szakaszt. Ezért nem sikerülhetett a konkrét kísérletekből önállóan általánosítaniuk arra vonatkozóan, hogy hogyan kell szabályosan megtervezni egy kísérletet. Másrészt, esetükben a kísérletek teljesen önálló, támogatás nélküli megtervezésekor fölléphetett a kognitív túlterhelés jelensége (Sweller, 1988). John Hattie egy 2015-ben készült videóinterjú (URL7) során pedig azt nyilatkozta, hogy a kutatásalapú tanuláshoz azért viszonylag alacsony a hatékonysága, mert azelőtt alkalmazzák, mielőtt a tanulók elég tárgyi tudással rendelkeznek az értelmes kutatásalapú tanulás megvalósításához.

Ezért nyilvánvalóvá vált, hogy az eredményesség növelése érdekében meg kellett változtatni a kutatási modellünket. A módosított kutatási modell szerint a 2. tanévtől a 2. csoport tanulói már nem kaptak kísérlettervező feladatokat, de a receptszerűen leírt kísérletek végrehajtása után a feladatlapok segítségével elmagyaráztuk nekik, hogy miért úgy kellett a vizsgálatot elvégezni, ahogy az a receptben le volt írva. A 3. csoport diákjai pedig a kísérletek megtervezése előtt kaptak hasonló iránymutatást a természettudományos vizsgálatok korrekt kivitelezésének adott esetekre vonatkozó elveiről. A kísérlettervezés következő elemeit tanítottuk a diákoknak: a változók azonosítását és kontrollját (beleértve az „egyszerre csak egy tényezőt változtatunk” elvet), az eszközök és anyagok kiválasztását, valamint a kísérlet lépései helyes sorrendjének meghatározását. Mivel a 2. tanév végén végzett mérés adatainak elemzése alapján már a 2. és a 3. kísérleti csoport is jobban teljesített a kísérlettervező feladatokból álló alteszten a kontrollcsoportnál, ezt a modellt tartottuk meg végig a kutatás során (Szalay et al., 2021).

Sajnos a Covid19-járvány miatt a 4. tanévre tervezett feladatlapok egy részének elvégzése, valamint az utolsó (T4) teszt megíratása a 2020/2021. tanévre maradt, amikor a diákoknak már nem voltak kötelező kémiaóráik. Így az eredeti mintaszám kb. a felére (461 főre) csökkent. A 2. és a 3. táblázat csak a 11. osztályra megmaradt diákoknak a projekt során íratott tesztek kísérlettervező feladatain nyújtott teljesítményét foglalja össze. Azon paraméterek hatását, amelyekről feltételeztük, hogy befolyásolták a tanulók teljesítményét, a 2. táblázatban a parciális eta négyzet (partial eta squared, PES) nevű mutatóval jellemeztük. Az egyes csoportok által elért, a statisztikai számítások által becsült átlagokat pedig a 3. táblázatban a teljes elérhető pontszám százalékában adtuk meg.

A 2. és a 3. táblázat adatainak összevetéséből azonnal szembetűnik, hogy a kutatócsoportunk által végzett fejlesztésnek az utolsó két teszten már nem volt kimutatható szignifikáns hatása a háromféle típusú feladatlapot megoldó csoportok teljesítményére. Ennek oka egyrészt lehet az, hogy a természetes érési folyamat során, a tanulók absztrakciós képességének fejlődésével a receptszerű kísérletek elvégzése esetén is megtörténhet a kísérletek tervezésével kapcsolatos szabályszerűségek felismerése. Másrészt nyilvánvaló, hogy a mért teljesítményt a tanulók tudásán kívül a tesztek kitöltésére való hajlandósága is befolyásolja. A ta-

nárok véleménye szerint a 9. osztály végére már sok esetben eldől, milyen irányban fog továbbtanulni a diák. Ha ehhez nincs szükség kémiára, akkor a tantárgyi motiváció erősen csökken. Ezekben az esetekben pedig a diákok számára „tét nélküli” teszten elért pontszámot főként a kitöltési hajlandóság határozta meg, és nem feltétlenül a diák tudása, illetve képességei. Sajnos az attitűdök tekintetében sem sikerült elérni hosszú távon áttörő pozitív változást.

2. táblázat. A feltételezett paraméterek hatása a tanulók kísérlettervező feladatokon nyújtott teljesítményére (N = 461)

Paraméter	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés (1. csoport, 2. csoport, 3. csoport)	0,043*	0,061*	0,045*	0,011	0,008
Iskola erőssége (erősebb/közepes/gyengébb)	0,036*	0,023	0,072*	0,215*	0,103*
Anya végzettsége (diplomás/nem diplomás)	0,055*	0,001	0,003	0,000	0,001
Nem (fiú/lány)	0,000	0,000	0,010	0,032*	0,008
Előteszt (T0 kísérlettervező feladatai, pontok)	–	0,000	0,083*	0,052*	0,068*

*p < 0,01

3. táblázat. A fejlesztés típusa alapján képzett csoportok becsült átlagai a kísérlettervező feladatokon az elérhető pontszám százalékában (N = 461)

Becsült átlagok	T0	T1	T2	T3	T4
1. csoport	19,5	34,6	21,3	27,9	41,5
2. csoport	27,2	41,3	34,1	33,8	36,1
3. csoport	20,1	27,2	33,4	32,6	36,5
Szignifikáns különbség a csoportok között	1.–2., 2.–3.	2.–3.	1.–2., 1.–3.	–	–

A számított adatokból kitűnik az is, hogy a projekt 2. és 3. évében az iskola már mindkét alteszten sokkal nagyobb mértékben befolyásolta a diákok teljesítményét, mint a mi beavatkozásunk. Ennek magyarázata az lehet, hogy a projektben részt vevő „magasabb rangú”, azaz „erősebb” kategóriába eső hat- vagy nyolc- (esetleg tizenkét) osztályos gimnáziumok népszerűbbek a többi ilyen intézménynél, és ezért sokkal több jelentkező közül válogathatják ki a diákjait, akiknek így az átlagteljesítménye magasabb és fejleszthetősége is jobb a többi iskola tanulóinál. A diplomás anyák (és a család) pedig a korai fejlesztő hatáson túl a motiváció terén is befolyásolhatják gyermekeik teljesítményét. Az anya iskolai végzettségének hatása az 1. tanév végén már nem volt szignifikáns,

ellentétben az iskola rangjának a hatásával, amely a 9. és a 11. osztályban is minden más vizsgált hatásnál nagyobbak mutatkoztak. Ivan Snook és munkatársai (2009) figyelmeztetnek arra, hogy milyen nehéz definiálni a diákok teljesítményét befolyásoló paramétereket. A magyar iskolarendszer szelektivitását és annak káros hatásait pedig sajnos a PISA-mérések is rendszeresen igazolják (PISA, 2007; PISA, 2016).

IV. AZ MTA–ELTE KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS KUTATÓCSOPORT „KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS ÉS RENDSZERSZEMLELÉTI GONDOLKODÁS” PROJEKTJE

Az előzőekben leírtak szerint a kutatócsoportunk eddigi tapasztalatai tehát óvatosságra intenek abban a tekintetben, hogy milyen fokú önállóság és mekkora lelkesedés várható el az ilyen korú tanulóktól a kutatásalapú módszer kémia tanítás során történő alkalmazásakor. Ezért úgy gondoltuk, hogy a jövőbeni munkánk során a diákok kognitív terhelésének további csökkentésére van szükség. Emiatt az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja (URL8) keretében 2021 őszén indított újabb, négy tanévig tartó, „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszer szemléletű gondolkodás” (URL9) című projektünkben a kísérlettervezés folyamatának tanulását egy szakirodalmi forrásban (Cothron et al., 2000) talált séma használatával könnyítjük meg a tanulók számára. Az előző projekt 2. évétől alkalmazott kutatási modellt tehát a jelen projektben csak annyiban módosítottuk, hogy a 2. számú kísérleti csoport a receptszerű kísérletek elvégzése után azonosítja a független és a függő változókat, valamint a függő változó értékeinek vizsgálati módját és azokat a paramétereket, amelyeket állandó értéken kell tartani. A 3. számú kísérleti csoportok esetében pedig a kísérletek megtervezését segítjük a fentiekre vonatkozó kérdésekkel, mielőtt a diákoknak az elvégzendő kísérletek lépéseit le kellene írniuk. Továbbá, a tanulók az előző projekthez képest egyszerűbben megfogalmazott és rövidebb idő alatt megoldható feladatokat kapnak. Mindhárom csoport összes feladatlapjához elkészítjük a távolléti oktatáshoz használható „digitális” verziókat is.

Másrészt a motiváció növelése érdekében (Parchmann et al., 2006) ebben a projektben kipróbáljuk a kutatásalapú tanulás rendszerben történő gondolkodást (Orgill et al., 2019) elősegítő módszerrel való kombinálását. Ennek során a diákoknak meg kell érteniük, hogy egy adott kémiai folyamat lefolyását milyen más folyamatok szabályozzák, és azt is, hogy önmaguk milyen más folyamatokat befolyásolnak. Így a tanulók láthatják, hogy milyen hatással van mindez az ő életükre, környezetükre, illetve ezek fenntarthatóságára. Ezért a feladatlapjaink mindegyike tartalmazni fog olyan gondolkodtató feladatokat, amelyek rámutatnak a vonatkozó tananyag más tudásterületekkel kapcsolatos, ilyen jellegű összefüggéseire is (URL9).

A jelen projekt 0. tesztjét összesen 931 hetedik osztályos tanuló írta meg, akiket huszonöt iskolában harmincegy kémiatanár tanít. A fejlesztésüket most is tanévente hat feladatlappal kívánjuk végezni. A diákok teljesítményét és attitűdjük változását pedig továbbra is a projekt elején és a minden egyes tanév végén íratott tesztek eredményeinek statisztikai módszerekkel végzett elemzésével vizsgáljuk. Azt reméljük, hogy a bevezetett változások nyomán egyértelműbb és tartósabb pozitív hatást tudunk elérni, mint ami az előző empirikus kutatás során kimutatható volt.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja támogatta.

IRODALOM

- Bryson, B. (2004): *A Short History of Nearly Everything*. London: Black Swan, 17–24., magyarul: Bryson, B. (2006, 2020): *Majdnem minden rövid története*. Budapest: Akkord Kiadó
- Cothron, J. H. – Giese, R. N. – Rezba, R. J. (2000): *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions*. 3rd ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company
- Iharosi T. (2019): Agrár- és természettudományi képzések. In: *Felsőoktatási Elemzési Jelentések*, Oktatási Hivatal Felsőoktatási Elemzések Főosztálya, https://www.felvi.hu/pub_bin/dload/felsooktatasisimuhely/Elemzesi_Jelentesek/FEJ_2019_2.pdf
- Kertész J. (2009): Összefoglaló az Országos Köznevelési Tanács természettudományos közoktatás helyzetét vizsgáló *ad hoc* bizottságának munkájáról. *Magyar Tudomány*, 170, 6, 744–747. <http://www.matud.iif.hu/2009/09jun/17.htm>
- Korom E. – Németh V. (2020): *Gondolkodtató természettudomány-tanítás – KÉMIA. Módszertani kézikönyv*. Szeged: Mozaik Kiadó
- Nagy L.-né (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 12, 31–51. <http://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/21100>
- NRC – National Research Council (2012): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press, DOI: 10.17226/13165, <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>
- OECD (2019): PISA 2018 Science Framework. In: *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, DOI: 10.1787/f30da688-en, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_f30da688-en
- Orgill, M. – York, S. – MacKellar, J. (2019): Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96, 12, 2720–2729. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Parchmann, I. – Gräsel, C. – Baer, A. et al. (2006): "Chemie im Kontext": A Symbiotic Implementation of a Context-Based Teaching and Learning Approach. *International Journal of Science Education*, 28, 1041–1062. <https://tinyurl.hu/AucB>
- PISA (2007): *Science Competences for Tomorrow's World*, Volume 1: Analysis, 63–68. Paris: OECD Publishing, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040014-en

- PISA (2016): *Results*. Volume 1. *Excellence and Equity in Education*, 93–94. Paris: OECD Publishing, <https://www.oecd.org/publications/pisa-2015-results-volume-i-9789264266490-en.htm>
- Rocard, M. et al. (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Economic and Social Committee. European Commission, Directorate-General for Research, Science, Economy and Society, <https://www.eesc.europa.eu/en/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe>
- Snook, I. – O’Neil, J. – Clark, J. et al. (2009): Invisible Learnings: A Commentary on John Hattie’s Book *Visible Learning: A Synthesis of over 800 Metaanalyses Relating to Achievement*. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 44, 1, 93–106. DOI: 10.1007/s11159-011-9198-8, tinyurl.com/4p3na9rf
- Sweller, J. (1988): Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285. DOI: 10.1207/s15516709cog1202_4, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1207/s15516709cog1202_4
- Szalay L. – Tóth Z. (2016): An Inquiry-based Approach of Traditional ‘Step-by-Step’ Experiments. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 923–961. DOI: 10.1039/C6RP00044D, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/rp/c6rp00044d#!divAbstract>
- Szalay L. – Tóth Z. – Kiss E. (2020): Introducing Students to Experimental Design Skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 331–356. DOI: 10.1039/C9RP00234K, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/rp/c9rp00234k#!divAbstract>
- Szalay L. – Tóth Z. – Borbás R. (2021): Teaching of Experimental Design Skills: Results from a Longitudinal Study. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 1054–1073. DOI: 10.1039/D0RP00338G, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/rp/d0rp00338g>
- Tafoya, E. – Sunal, D. – Knecht, P. (1980): Assessing Inquiry Potential: A Tool for Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80, 43–48. DOI: 10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x, https://www.researchgate.net/publication/228018631_Assessing_Inquiry_Potential_A_Tool_For_Curriculum_Decision_Makers
- Walker, M. (2007): *Teaching Inquiry Based Science*. LaVergne, TN: Lightning Source, https://www.researchgate.net/publication/345766130_Teaching_Inquiry-based_Science
- URL1: European Commission, FP7 (2007–2013), CORDIS, EU research results, ‘inquiry-based’, <https://tinyurl.hu/E9Ny>
- URL2: TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” című projekt keretében az ELTE TTK-n a Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum égisze alatt létrehozott honlap: <http://ttomc.elte.hu/>
- URL3: A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja: <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/szakmodszertani-palyazat-kiiras-mta-2016-106147>
- URL4: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport bemutatása az MTA honlapján: <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiatanitas-kutatocsoport-107088>
- URL5: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Megvalósítható kutatásalapú kémia tanítás” projektjének honlapja: <http://ttomc.elte.hu/publications/90>
- URL6: IBM, SPSS, ANCOVA, <https://www.spss-tutorials.com/spss-ancova-analysis-of-covariance/>
- URL7: A John Hattie-vel készült videóinterjú a kutatásalapú tanulás alkalmazásáról: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=YUooOYbgSUG>
- URL8: A Magyar Tudományos Akadémia MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja: <https://mta.hu/kozoktatasi-fejlesztesi-kutatasi-program>
- URL9: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” projektjének honlapja: <https://ttomc.elte.hu/publications/92>