



Borbás Réka–Szalay Luca

■ Szent István Gimnázium

■ ELTE Kémiai Intézet

| rborbas02@gmail.com

| luca.szalay@ttk.elte.hu

De miért?

A tanulók érvelési képességének vizsgálata egy kísérlettervezést tanító longitudinális projekt keretében

Ezzel a kérdéssel nyaggatjuk kicsiny gyermekkorunkban szüleinket, amikor épp csak kezdjük megismerni a világot, és ezzel a kérdéssel próbáljuk rávenni mi, tanárok diákjainkat az összefüggések keresésére, saját tudásuk felépítésére, tesztelésére, elmélyítésére. Ha értik, tudják, látják az összefüggéseket, akkor meg is tudják indokolni a jelenségeket. Vagy mégsem? Mitől függ, hogy hogyan és milyen sikerességgel válaszol a diák a mi „miértjeinkre”? Ehhez hasonló kérdések mentén vizsgáltuk meg és elemeztük egy longitudinális – négy éven át tartó – projekt keretében a diákok tesztjeinek válaszait.

Ma már klisé, hogy a diák információözhömbben él, ami azzal válik feldolgozhatóvá számára, ha értő módon szelektál. Ehhez érteni kell, hogy melyik információ fontos, és miért az. Mindemellett a legtöbb diák mindennapos tevékenységei között jelen van a virtuális játék, amelyben általánosan elfogadott a próbálkozás-kudarckörforgással való előrehaladás, tanulás, amely nem feltétlenül igényel problémamegoldó gondolkodást, és ritkán jár együtt tudatos ok-okozati összefüggések keresésével, felismerésével. Így ha az iskolai keretek között a diák nem találkozik olyan feladatokkal, amelyek célja az érvelési képességének, logikus gondolkodásának fejlesztése, akkor ez nem fejlődik megfelelően. Természettudományos problémákat megoldani, önállóan információt feldolgozni és összefüggéseket felfedezni a diákok nem tudnak önmaguktól, ezt tanítani kell, ha kritikusan gondolkodik, értve tanuló diákokat szeretnénk nevelni, és ezt úgy kell tenni, hogy a természettudományok iránt való érdeklődésüket fenntartsuk. Reményeink szerint többek között ennek elősegítésére is alkalmas az MTA Kutatásalapú Kémiantanítás Kutatócsoportja által kivitelezett projekt.

A „Kutatásalapú kémiantanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” című projekt mint a kutatás háttere

A Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programjának keretében finanszírozott, négy éve futó projekt során az ország 25 iskolájában több mint 900 diák évente 6 feladatlap segítségével egy-egy modellezett kutatási kérdést válaszol meg. A diákok projektben való részvétele a 7. évfolyamon kezdődött meg, és fejlődésüket folyamatosan figyelemmel kísérjük a 10. évfolyamig. [1] A feladatlapokat a kutatócsoport tagjai készítették a következő szempontokat szem előtt tartva:

- A feladat keltse fel a diák érdeklődését valamilyen probléma iránt, amely egy alkalmas kísérlettel megválaszolható, a hipotézis cáfolható vagy helyességére bizonyíték gyűjthető.
- A kísérlet legyen egyszerű, hogy bármely magyarországi is-



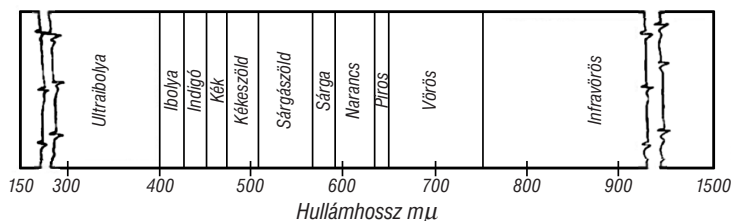
kolában vagy akár otthon is kivitelezhető legyen, és a feladatlap pontjain végighaladva a diák a tapasztalat-magyarázat-következtetés rögzítése közben megválaszolja a feladatlap bevezetőjében felvetett kérdést.

- A feladatlap utolsó része egy rendszerszemléletű gondolkodást fejlesztő, a témához kapcsolódó kérdés.
- Továbbá az is fontos szempont, hogy minden feladatlapnak három típusa készült el: egy olyan, ahol a kísérlettervezést utólag átgondolja a diák a kérdéseken keresztül az „egyszerre egy tényezőt változtatunk” elv alapján, egy olyan, ahol magát a kísérletet is a diáknak kell megtervezni az előbb leírt szemléletben, és egy, amely az előző kettőt mellőzi, csak a kísérletet kell elvégezni, egy receptszerű leírást követve.

A projekt fókuszában elsődlegesen a kísérlettervezés tanítása áll, de feladatlapjai alkalmasak a természettudományos gondolkodás, az érvelés képességének fejlesztésére és az összefüggések felismerésére, illetve elmélyítésére. A projektben részt vevő diákok tudásának tesztek által végzett mérése pedig nemcsak a kísérlettervezési képesség fejlődésének követését teszi lehetővé, hanem a válaszokat részleteiben tanulmányozva megfigyelhető a természettudományos gondolkodás többi aspektusának alakulása is. A projekt keretében a részt vevő diákok összesen öt tesztet írtak meg: egyet a projekt kezdetén, a 7. évfolyam elején (T0 teszt), majd minden tanév végén egyet (T1, T2, T3 és végül az idén júniusban befejeződött tanév végén a T4 tesztet). Jelen cikkben az első három év eredményeit tudjuk felhasználni, mivel a projekt 2025 szeptemberének végén zárul le, és a T4 teszt eredményeinek értékelése csak akkorra történik meg. A teszteket a kutatócsoport szakértői állítják össze úgy, hogy a Bloom-taxonómia szintjei [2, 3] szerint építik fel a kérdéssort. A 18 kérdésből 3 az adott tanévben elsajátítható tananyag egy-egy részletének ismeretére kérdez rá, 3 a tananyag egy-egy részének értelmezését, 3 az alkalmazását várja el, 9 pedig a kísérlettervezési képességet vizsgálja. Minden item 1 pontot ér. Az értelmezést és alkalmazást elváró kérdésekre adott válaszokat a legtöbb esetben indokolni is kell (1. táblázat).



A kérdés sorszáma	Az indoklást igénylő kérdés	A kérdés besorolása
T1.1b	Miért nem jó a kelleténél több mosószert használni (azon kívül, hogy az fölösleges pénzkidobás)?	értelmezés
T1.3	Miért jó módszer az erdőtüzek terjedésének akadályozására az, ha az erdőkben széles sávokban kivágják a fákat?	értelmezés
T1.5a	A mérsékelt égövön termesztett cukorrépa átlagosan 75% vizet és 25% szárazanyagot tartalmaz; cukortartalma 13–19% között változik. A cukornád viszont melegebb és csapadékosabb éghajlatú helyeken terem, és a világ cukortermelésének kb. 79%-át adja. A cukornád érett szára jellemzően 11–16% rostot, 12–16% oldható cukrot, 2–3% nem cukortartalmú szénhidrátot és 63–73% vizet tartalmaz. Miből állítanak elő több cukrot a világon: cukorrépából vagy cukornádból? Válaszodat a fenti szöveg alapján indokold meg!	alkalmazás
T1.6	Az uszodavíz fertőtlenítése elengedhetetlen a betegségeket okozó baktériumok és gombák elpusztítása érdekében. A medencevíz legelterjedtebb hagyományos fertőtlenítési módja a hipóval történő klóros kezelés. Miért nem haladhatja meg a víz klórtartalma az előírt értéket?	alkalmazás
T1.7	Ha valaki a fürdőszobában befújja magát dezodorral, az illatot csak egy idő után érezzük meg a szobában. Szerinted (zárt ablakok mellett) a nyári hőségben vagy a hűvösebb őszi időben telik el rövidebb idő addig, amíg az illat a szobában is érezhető lesz? Miért? (Indokold is meg a válaszodat!)	alkalmazás
T2.1b	Miért nem alkalmas a szódabikarbóna vízlágyításra?	értelmezés
T2.3b	Miért zavarosodik meg a meszes víz, ha belefújunk egy csövön keresztül?	értelmezés
T2.4a	Az ereszcatornák többsége horganyzott bádogból, vagyis cinkréteggel (Zn) bevont vaslemezről (Fe) készül. Az alábbi redukálósorban a redukálóképesség balról jobbra csökken. Ennek alapján melyik oxidálódik először, a cink vagy a vas, ha megsérül a lemez? Miért? K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Sn, H, Cu, Hg, Ag	értelmezés
T2.4b	A tengerjáró hajók vízbe merülő hajótestét vaslemezek borítják. Vajon miért védhető meg a vas (Fe) a rozsdásodástól úgy, hogy egy fémvezetékkel magnéziumrudat (Mg) kötnek mellé? Válaszodat a 4.a) kérdésben szereplő redukálósor segítségével magyarázd meg!	alkalmazás
T2.5	Miért lesz szomjas az ember a sok sós csipsz fogyasztása után?	alkalmazás
T2.7	A glükóz a szőlőcukor kémiai neve. Az egyik weboldalon [4] ez az állítás olvasható: „Glükóz – Vércukorszint meghatározására szolgál, emelkedett szintje cukorbetegséget jelez. A normálértéke 0 mmol/l.” Mi a hiba ebben az állításban? Válaszodat indokold is meg!	alkalmazás
T3.1b	A hangyasav (HCOOH) a következő redoxireakcióban szinteleníti el a sárgásbarna brómos vizet: $\text{Br}_2 + \text{HCOOH} = 2 \text{HBr} + \text{CO}_2$. Két azonos térfogatú és hőmérsékletű hangyasavoldatunk van, de az egyik 5 tömegszázalékos, a másik 10 tömegszázalékos. Ha ugyanakkorra térfogatú, ugyanolyan töménységű és hőmérsékletű brómos vízzel reagáltatjuk őket, melyik hangyasavoldat szinteleníti el hamarabb a brómos vizet és miért? (Mindkét hangyasavoldatban van annyi hangyasav, amely elegendő a brómos víz teljes elszíntelenítésére.)	értelmezés
T3.3	Lehet, hogy hallottad már azt a tanácsot, hogy a maradék pezsgő üvegét nem kell bedugaszolni, hanem elegendő a hűtőbe helyezés előtt egy kiskanalat a nyelével lefelé az üveg szájába tenni, mert akkor nem szökik el belőle a szén-dioxid-gáz. Szerinted hatásos lehet-e ez a módszer? Válaszod csak indoklással együtt érvényes.	alkalmazás
T3.5	A molnárka a víz felszínén szaladgálva szerzi a zsákmányát. Szerinted tudna-e futkározni a molnárka a benzin felszínén is? (A benzin apoláris molekulákat tartalmazó folyadék. Tegyük föl, hogy a kísérlet idején a benzinnel nincs számottevő élettani hatása a molnárkára és szép tavaszi idő van.) Válaszod csak indoklással együtt érvényes.	alkalmazás
T3.7	Minél nagyobb a fény hullámhossza, annál kisebb a fény fotonjainak energiája. Magyarázd meg az ábra alapján, hogy a lítium vörös lángfestése vagy a kálium ibolyaszínű lángfestése jelez-e nagyobb gerjesztési energiát!	értelmezés



1. táblázat. Az indoklást igénylő kérdések tesztekben szereplő sorszáma és besorolása a Bloom-taxonómia szerint

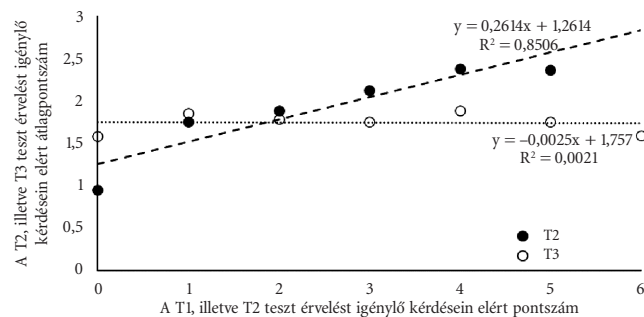
Az indoklások változása

A diákok tesztkérdéseken elért átlagos eredménye a teljes teszt és annak indoklást igénylő kérdésre vonatkozóan a 7. évfolyam végén mindkét esetben 51% volt, ugyanakkor a diákok 5–6%-a indoklás nélküli helyes választ adott. A 8. év végére az indoklással elért teljesítmény aránya visszaesett (41%, míg a teljes teszt átlagos eredménye 52%), majd ez a szignifikáns különbség a 9. év végére

újra kiegyenlítődött (47% és 45%). Mivel a kérdések minden évfolyamon mások voltak (így nehézségük a gondos tervezés ellenére szükségképpen eltérő), a százalékban mért átlagos teljesítmény változását az egyes évfolyamok között nem érdemes összehasonlítani. Változik a diákok attitűdje is: ahogy korosodnak, csökkenhet válaszdási hajlandóságuk. Ezek is eredményezhették, hogy a 8. év végén teljes tesztben elért eredmény és az érvelési kérdésekben elért eredmény aránya megváltozott. (Nem a gyerekek „butultak el”.)

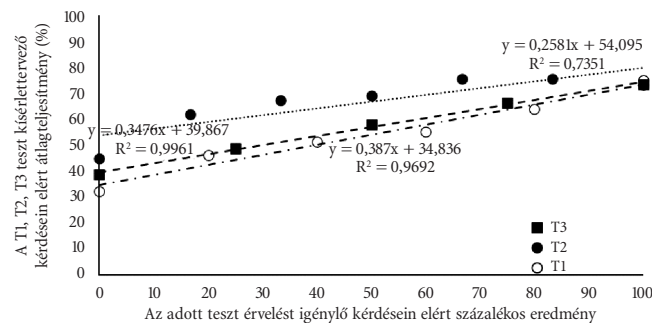


Ha az eredményeket a korábbi teljesítmény függvényében nézzük, akkor a 8. év végén az indoklást igénylő kérdéseken nyújtott teljesítmény erős korrelációt mutat a korábbi évben elért eredménnyel (1. ábra), de a 9. év végére már nem ilyen erős az összefüggés. A fentiekből az a következtetés vonható le, hogy úgy tűnik, fiatalabb korban (a Piaget által definiált absztrakt gondolkodási szakasz kezdetén) a korábbi év(ek) teljesítménye még jobban meghatározza a fejlődés mértékét (azaz aki 7. év végén jobban értelt, az a 8. év végén is várhatóan jobb teljesítményt nyújt indoklást igénylő kérdésekben), de 9. év végén ez már nem mondható el. Tehát mindenki tud fejlődni, de a fejlődés üteme nem feltétlenül egyenletes.



1. ábra. A T2, illetve T3 teszt érvelést igénylő kérdéseiben elért átlagpontszám a megelőző év T1 és T2 teszt hasonló kérdéseiben elért pontszám függvényében (● T1–T2, ○ T2–T3, a szaggatott vonalak a függvényértékekre illesztett egyenesek)

Az MTA projekt fókuszja a kísérlettervezési képesség fejlesztési lehetőségeinek kutatása volt, amely a Bloom-taxonómia legmagasabb szintjét képviseli, így érdekes összevetni az érvelési képességekkel. A magasabb szintű gondolkodási műveleteket, képességeket igénylő és fejlesztő kísérlettervezést különféle módon tanuló diákok érvelési kérdésekben nyújtott teljesítménye között szignifikáns eltérés nem mutatkozott (Kruskal–Wallis-teszt, $p > 0,090$). Ezzel szemben a teszteken belül a diákok kísérlettervező kérdéseken nyújtott átlagos teljesítménye és az érvelési kérdésekben való eredményessége között már közepesen erős az összefüggés (a Spearman-féle korrelációs együttható 0,350, 0,316 és 0,362 a három év végi teszt esetében, $p < 0,001$ szignifikanciaszint mellett). Az érvelési kérdésekben elért pontszámok szerint csoportosítva a diákokat, és ezeken a csoportokon belül számítva a kísérlettervező feladatban elért pontszámok átlagát, az átlagok szignifikáns eltérést mutattak (Kruskal–Wallis-teszt, $p < 0,001$), amely átlagokra egyenes is illeszthető (2. ábra).



2. ábra. Az indoklást igénylő kérdéseken nyújtott eredmény szerint csoportosított diákok kísérlettervező kérdésre adott átlagos százalékban kifejezett teljesítménye az indoklási eredmény függvényében T1 (○), T2 (●), T3 (■) tesztek esetében.

Az ábrán a lineáris regresszió adatai is fel vannak tüntetve

Tehát minél jobban tud érvelni a diák, annál jobb teljesítmény várható tőle a magasabb szintű gondolkodási műveletekben is.

A háttértudás

A kutatás során sikerült igazolni, hogy az érvelési képesség és az elsajátított ismeretek között szoros az összefüggés. Ha a tényanyag elsajátítása szempontjából az ismeretekre kapott pontszám alapján négy szintre osztottuk fel a diákokat, és a szinteken külön átlagoltuk az indoklást igénylő kérdésekre adott eredményüket, akkor azt figyeltük meg, hogy minél többet tud a diák, annál jobban tud érvelni (2. táblázat). A nagyon erős korreláció azt bizonyítja, hogy ha a diákok nem rendelkeznek elegendő kémiai ismerettel, akkor az érvelési kérdésekre is kisebb hatékonysággal tudnak válaszolni.

A három ismeretre kérdező kérdésből helyesen megválaszoltak száma	Indoklást igénylő kérdéseken elért átlageredmény százalékban		
	T1	T2	T3
0	42,0%	32,7%	37,3%
1	47,2%	40,0%	44,3%
2	60,6%	48,6%	55,5%
3	67,2%	60,5%	58,2%
Az illesztett egyenesek R értékei	0,985	0,994	0,978
és egyenletei	$T_{\text{érv}} = 8,9T_{\text{ism}} + 40,9$	$T_{\text{érv}} = 9,2T_{\text{ism}} + 31,6$	$T_{\text{érv}} = 7,4T_{\text{ism}} + 37,7$

2. táblázat. Egyazon évben az indoklást igénylő kérdéseken elért eredmény az ismeretekre kérdező kérdéseken elért eredmény szerinti csoportokban átlagolva. Az átlagértékek közötti különbségek 0,001 szignifikanciaszint mellett jelentősek

A 2. táblázat adataira illesztett egyenesek egyenletei, különösen a nemnulla tengelymetszet értékek elgondolkodtatóak, hiszen azt mutatják, hogy azok a diákok, akik a teszteken nem tudtak egyetlen ismeretet sem konkrétan felidézni, az indoklást igénylő és érvelést vagy ismeret alkalmazását elváró kérdésekre várhatóan 31–41 százalékban helyesen válaszoltak. A tesztekben volt olyan kérdés (T1.5a, T2.4a, T2.4b, T3.7), amelyhez a tényeket, ismereteket a feladat szövege megadta, ezzel is mérve a diákok értelmezési és alkalmazási képességét függetlenül az ismeretek meglététől, ahogy az célszerű a változók elkülönítése

3. táblázat. Egyazon évben az indoklást igénylő, de az ismereteket megadó kérdésekre helyesen válaszoló aránya az ismeretekre kérdező kérdéseken elért eredmény szerinti kategóriákban.

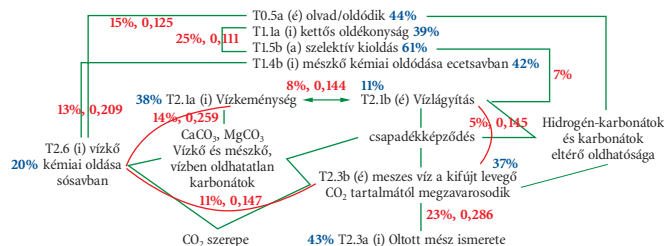
Az egyes kérdések ismeretek szerinti kategóriájában elért átlageredmények a T1.5a, T2.4a, T2.4b esetében szignifikánsak ($p < 0,05$), de a T3.7 kérdés esetében nem ($p = 0,137$)

A három ismeretre kérdező kérdésből helyesen megválaszoltak száma	Indoklást igénylő, az ismereteket megadó kérdéseken elért eredmény			
	T1.5a	T2.4a	T2.4b	T3.7
0	34%	34%	45%	42%
1	45%	41%	48%	52%
2	51%	55%	56%	45%
3	56%	58%	66%	57%
átlageredmény	45%	42%	50%	47%
Spearman-féle korrelációs együttható	0,144 ($p < 0,001$)	0,179 ($p < 0,001$)	0,110 ($p = 0,009$)	0,065 ($p = 0,125$)

ól. [5] Így ezekkel a kérdésekkel azt mérhettük, hogy ismeretekből és tényekből kiindulva hogyan tud logikálkodni. Az indoklást igénylő, de ismereteket megadó válaszok eredményei és az ismereteket mérő kért pontszámok (**3. táblázat**) közötti összefüggések két is érdekesek. Egyrészt az ismeretek leggyengébb ká helyesen válaszolóak százaléka ugyan nem egyezik **3. táblázat**ban feltüntetett tengelymetszetekkel, de értéke másrészt az eredmények az első három „indoklás” on kismértékű, de szignifikáns korrelációt mutatnak. Ilyen szinten mégis számít, hogy mennyi háttértudás- tik a diák még az olyan esetekben is, amelyekben ezt vés módjával szeretnénk lecsatolni.

A fentieket összegezve elmondható, hogy a több ismeret magabiztosabb érveléshez vezet, és a háttértudásnak jelentős hatása van a gondolkodási kompetenciák eredményes használatára.

A T0–2 tesztek fogalmi hálója is egy mutatója lehet a háttértudásnak (3. ábra). A hálóban 4 kérdés szerepel, amely ismeretre kérdez rá, és 2 olyan kérdést tartalmaz (T2.1b és T2.3b), amelyek indoklást igényelnek, ismeretek, jelenségek értelmezését várják el. A fogalmi háló minőségét a négy ismereti kérdésre adott összpontszámmal jellemezhetjük. A korábbiak tükrében nem meglepő, hogy ha a fogalmi háló minősége szerint csoportosítjuk a diákokat, akkor a nagyobb pontszámú hálójával rendelkező diákok átlagosan jobb eredményt érnek el a fenti két érvelést is mérő kérdésein. Ha a másik nézőpontból elemezzük a válaszokat, akkor elmondható, hogy a T2.1b kérdésre helytelen választ adók átlagosan 1,30 pontos, a helyes választ adók 2,58 pontos fogalmi hálójával rendelkeztek, míg a T2.3b kérdés esetében ezek az értékek 1,11 és 1,91 (mely különbségek szignifikánsak $p < 0,001$ szinten). Az első kérdés nehéznek bizonyult (11% tudta helyesen megválaszolni), jobb fogalmi háló kellett a helyes válaszadáshoz. A második kérdés könnyebb (37% adott helyes választ), és az is megfigyelhető, hogy egy gyengébb fogalmi háló mellett is érveltek a diákok sikeresen.



3. ábra. A T0, T1, T2 teszt fogalmi hálója a Bloom szerinti típusbesorolásokkal (i: ismeret, é: értelmezés, a: alkalmazás).

A vonalakra írt értékek: 1. a két kérdésre egyaránt jó választ adók aránya a teljes mintára vonatkozóan, 2. a két kérdés eredményei közötti Spearman-féle korrelációs együttható ($p < 0,05$)

Kis ugrás – nagy ugrás

A longitudinális vizsgálat érvelést elváró kérdéseit kategorizáltuk az információegységek száma, a megoldáshoz vezető gondolati lépések száma (azaz a transzfer távolsága), LOTS/HOTS (lower/higher order thinking skills, alacsonyabb/magasabb szintű gondolkodási műveleteket igénylő feladatok) [6] besorolása szerint. LOTS kategóriába a közeli transzfer kérdéseket soroltuk, ahol legfeljebb egy további gondolati lépést kell végrehajtani a probléma megoldásához, illetve ahol nincs újszerű, ismeretlen elem. HOTS kérdésnek minősítettük a távoli transzfer kérdéseket, ahol

2-3 gondolati lépés vezet a megoldáshoz, vagy szokatlan, új a probléma környezete.

Összesítettük a diákok egy-egy kategóriához tartozó kérdés-csoportra adott válaszainak eredményeit. A LOTS típusú érvelős kérdéseken a diákok átlagosan 43,0%-ot értek el, míg a HOTS típusú kérdéseken átlagosan 47,8%-ot. Az átlagok $p < 0,001$ szignifikancia szinten különböznek. Meglepő, hogy az összetettebb kérdéseken értek el magasabb pontszámot a diákok, ugyanakkor a LOTS kérdések jelentős korrelációban vannak a fogalmi térkép jóságával (a korrelációs együttható 0,469, $p < 0,001$), míg a HOTS kérdések és a fogalmi térkép közötti kapcsolat gyengébb: a korrelációs együttható 0,217 ($p < 0,001$). Ez azt jelenti, hogy ugyan fontos az érvelés sikerességéhez háttértudás, ahogy ezt a korábban is megállapítottuk, de a közeli transzfer példákban ennek markánsabban van jelentősége, mint a magasabb kognitív tevékenységet igénylő problémáknál, ahol a kreativitásnak lehet nagyobb szerepe.

A háttérváltozók hatása

A kutatás során több háttérváltozó adatait is gyűjtöttük, mint például a diák anyjának iskolai végzettsége, az iskola erőssége, a motiváció. Az érvelési kérdésekben nyújtott teljesítmény és a háttérváltozók közötti kapcsolatot vizsgálva elmondható, hogy az anya magasabb végzettsége 7. osztályban még előnyt jelent, de ez 8. osztályra kiegyenlítődik. Ezzel szemben a diák iskolájának erőssége (legjobbiskola.hu alapján) meghatározza a teljesítményt **(4. táblázat)**. Bár a 8. évfolyam végén az érvelést igénylő kérdések eredményei valamennyi csoport esetében visszaestek (erről már esett szó egy korábbi fejezetben), érdekes módon a gyengébbnek minősített iskolákban a visszaesés mértéke kisebb volt, ugyanakkor a fejlődés mértéke a 9. évfolyam végére a legerősebb

	T1	T2	T3
gyengébb	40,6%	35,4%	40,8%
közepes	50,8%	43,0%	41,5%
erős	58,4%	41,0%	49,8%

4. táblázat. Az iskola erősségének hatása az indoklást igénylő kérdésekben nyújtott teljesítményre

gimnáziumokban átlagosan jobban nőtt. Megfigyelhető, hogy a középmезőny diákjai tovább rontottak eredményeiken. Az átlagok különbsége minden esetben szignifikáns ($p < 0,01$).

A motiváció jelentősen befolyásolja az érvelési feladatokban nyújtott teljesítményt. A diákoknak egy 1-től 5-ig terjedő rangskálán kellett megjelölni, hogy mennyire kedveli a kémiát. A motiváció és az érvelési kérdéseken elért eredmény a 7–9. évfolyam év végi mérések alapján szignifikáns ($p < 0,001$), közepesen erős korrelációt mutatott: a T1 teszt esetében a korrelációs együttható 0,187, T2 esetében 0,301, és a T3 esetében 0,228.

Az érvelési képesség szintjei és minősége

A gondolatmenetek komplexitásában Bernholt és Parchmann [7, 8] szerint öt hierarchikus szintet határozhatunk meg. A hétköznapi tapasztalatokra épülő szintet a tényeket közlő megállapítások szintje követi. A harmadik szint a folyamatleírások, szekvenciakövetések szintje, ahol már a modellhasználat is megjelenik. Az indoklások a negyedik szinttől kezdődnek, ez a lineáris ok-okozat szintje (pl. több savhoz több bázisra van szükség a kö-



zömbösítéshez), és végül a többváltozós kölcsönös összefüggések (pl. különböző folyadékok cseppmérete, felületi feszültsége és a folyadékokat alkotó részecskék közti kölcsönhatás erőssége közti összefüggés értelmezése). A projektben résztvevő diákok minden feladatlapban találkoztak a lineáris ok-okozatokkal, hiszen a tapasztalatok magyarázata, a megfigyelésekből következtetések levonása ide tartozik (a fenti példák a feladatlapokból származnak), és ez alapvetően fontos a természettudományos megismeréshez, valamint a gondolkodás fejlődéséhez. Több feladatlapon a legmagasabb szinten is kellett gondolkodni, összefüggéseket keresni.

A tesztekben a „miért” kérdésekre leggyakrabban egy lineáris ok-okozat összefüggés felhasználásával lehet válaszolni. A diák a „ha (ok), akkor (okozat)” reláció ismeretében a *miért* (okozat)?” kérdésre a „*mert* (ok)” válasszal érvelhet, még akkor is, ha az okozat az eredeti reláció egy speciális esete. Ha tehát megfigyeljük a tesztek nyílt végű, indoklást igénylő kérdéseire adott válaszokat, akkor képet kaphatunk arról, hogy a diák az érvelés mely szintjét használja magabiztosan. Elmondható, hogy a vizsgált mintában a 12–13 évesek 95%-a legalább egyszer helyesen használta érvelésében az ok-okozat lineáris egymásra épülését, átlagosan 51%-os teljesítményt nyújtva. Ugyanakkor még gyakori, hogy a diák felcseréli az ok-okozatot (pl. T1.3 kérdés esetében 24%), illetve 5%-ánál megjelenik a „miért?” kérdésre válaszként az okozat megismétlése. A többváltozós kölcsönös összefüggés szintjén már a diákok 30%-a tudott érvelni (T1.7). A 9. évfolyam végére ez utóbbi adat szignifikánsan nem változott (29%) ($p = 0,059$ mellett), és az okozat ismétlése is gyakori még (T3.1b kérdésnél 44%).

Az érvelések minőségében az is fontos mutató, hogy milyen bizonyítékot, tény választ a diák az indokláshoz. A hibásan megválasztott (esetleg hibás) tény magabiztos, ámde félrevezető indokláshoz, akár áltudományossághoz vezethet. Például a T3.5 kérdés esetében – tudna-e járni a molnárka a benzin felszínén – a válaszok 18,3%-ában a sűrűség alapján próbáltak érvelni a felületi feszültség vagy a kölcsönhatások erősségére való támaszkodás helyett, illetve 18,9% elegendő magyarázatnak érezte egyszerűen a benzin apoláris voltát. A kérdést teljes indoklással helyesen egyébként a diákok 33,8%-a tudta, és csak 0,8% adott indoklás nélküli helyes választ. Ez az indoklás igényét már biztatón jelzi a 14–15 éves korosztályban, ugyanakkor a téves ok felhasználása még ad lehetőséget a fejlesztésre. Ezt a T3.3 kérdés is felveti, mert a diákok 21,6%-a szerint a pezsgősüvegbe dugott kanál esetén a szén-dioxid nem tud eltávozni a palackból, és indoklásai az áltudományosság és hiszékenységi jeleit mutatják (pl. „nem használnák, ha nem működne”, „az alumínium odavonzza”, „a fém visszaveri/megköti” a szén-dioxidot).

Összefoglalás

A három év tanulságai alapján elmondhatjuk, hogy a diákok érvelési képessége nem fejlődik egységes ütemben, de szorosan összefügg az elsajátított ismeretek mennyiségével, mennél több ismerettel rendelkezik a diák, annál hatékonyabban tud indokolni, annál magabiztosabb és strukturáltabb módon képes érvelni. Még olyan esetekben is, amikor a kérdésfeltevés kifejezetten azt célozza, hogy leválassza az érvelési képességet a tartalmi tudásról, megfigyelhető, hogy a háttértudás megléte előnyt jelent. A háttértudás sokszor nem is tudatosul, hanem látens módon járul hozzá a sikeres problémamegoldáshoz, érveléshez. Az ismeretek megléte különösen a közeli transzfert igénylő feladatoknál hangsúlyos. Az érvelést segíti, ha a diák jól felépített, strukturált fo-



galmi hálóval rendelkezik. Összességében úgy tűnik, hogy a háttérváltozók (anyag iskolai végzettsége, diák iskolájának erőssége, motiváció), hatása lényegesen kisebb, mint a háttérismeretek hatása. A 7–9. évfolyamon a lineáris kauzalitás, mint érvelési módszer már aktívan jelen van: a vizsgált korosztályban a diákok jelentős hányada többször sikeresen használja az ok-okozati összefüggést, de a legmagasabb szintű összetett érvelésre csak kevesebb, mint a harmaduk képes.

A kutatás eredményei korlátozottan általánosíthatók, mivel a vizsgált diákok nem átlagos magyar diákok, hanem tanulmányi eredmények és képességek szempontjából föltehetően az átlag felett vannak, mivel mindannyian legalább hatévfolyamos gimnáziumok tanulói, akiket szigorú felvételi vizsgán választottak ki az iskoláik a sok jelentkező közül. Ugyanakkor a longitudinális vizsgálat adataiból levont következtetések pedagógiai, módszertani fejlesztésekhez alkalmazhatók.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatásfejlesztési Kutatási Programja támogatta (SZKF-6/2021). Hálsak vagyunk az MTA vezetésének és a Közoktatási elnöki Bizottságnak, hogy megteremtették a lehetőséget a kutatás elvégzésére. Köszönjük a kutatócsoportban dolgozó kémiantárolók és diákjaik, valamint egyetemi oktató kollégáink munkáját.

IRODALOM

A projekt során készült feladatlapok és tesztek elérhetők a kutatócsoport honlapján: <https://ttomc.elte.hu/publications/92>

- [1] Szalay, L., Borbás, R., Füzesi, I., Tóth, Z. (2024): Kutatásalapú kémiantanulás az általános iskolákban? Magyar Kémikusok Lapja, 79(9), 254–261.
- [2] Krathwohl, D. R. (2002): A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory into Practice, 41(4), 212–218.
- [3] Jensen, J. L., McDaniel, M. A., Woodard, S. M., Kummer, T. A. (2014): Teaching to the Test... or Testing to Teach: Exams Requiring Higher Order Thinking Skills Encourage Greater Conceptual Understanding. Educational Psychology Review, 26, 307–329.
- [4] https://dietless.hu/laborvizsgalati-eredmenyek/#15_Glukoz (2022. október 4.)
- [5] Adey, Ph., Csapó B. (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 17–58.
- [6] Tsaparis, G. (2020): Higher and lower-order thinking skills: The case of chemistry revisited. Journal of Baltic Science Education, 19 (3), 467–483.
- [7] Bernholt, S., Parchmann, I. (2008): Lösungsstrategien bei der Bearbeitung von Aufgaben [Problem solving strategies in the processing of tasks]. In: Höttercke, D. (szerk.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Münster, LIT Verlag, 215–217.
- [8] Bernholt, S., Parchmann I. (2011): Assessing the complexity of students' knowledge in chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 12, 167–173.