



GONDOLKODÁSI KÉSZSÉGEK AZONOSÍTÁSA ÉS FEJLESZTÉSE A BIOLÓGIA TANTÁRGYBAN – TANKÖNYVELEMZÉS

Veres Gábor

SZTE Neveléstudományi Doktori Iskola
MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport
veresg@poli.hu

Absztrakt

A természettudományi nevelés újradefiniálása globális trendként az ezredforduló időszakában jelent meg. A kutatás és fejlesztés iránya a tanulóközpontú, aktív tanulási módszerek alkalmazása felé fordult. Az alapvető műveletek mellett a komplex gondolkodási képességek mérése és fejlesztése is fontossá vált. Kutatási kérdésünk az volt, hogy az újraértelmezett készségkomplexum és képességrendszer hogyan jelenik meg a köznevelés számára az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet által fejlesztett kísérleti tankönyvekben. A munka első fázisában meghatároztuk a vizsgálandó készségek és képességek főbb csoportjait és azok elemeit. A komplex gondolkodási műveletek azonosítására az alapvető gondolkodási műveletekből szerveződő, rendszerelméleti alapú kategóriákat alakítottunk ki. Ebben a keretrendszerben elemeztük a tankönyvekben található feladatokat, majd a kapott adatok alapján meghatároztuk a képességek és részkészségek arányait. A tanulmány az egyik tankönyv, a 11. évfolyamos kísérleti Biológia – Egészségtan tankönyv (Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, 2015) elemzését mutatja be. A több mint ezer feladaton belül a komplex gondolkodást igénylő rendszerelemzés magas aránya részben a témakör jellegéből adódik. Ezt a kínáló tematikai lehetőséget a szerzők nem használták ki tudatos készségfejlesztésre, a feladatok inkább a közölt ismeretek ellenőrzését szolgálják. A természettudományos vizsgálati készségeket fejlesztő, a problémaalapú vagy a kutatásalapú tanulás elemei alig jelennek meg a tankönyvben. Meghatározó a szaktárgyi ismeretek átadására épülő szemlélet, mely nem ad támogatást a tanulóközpontú, aktív tanulási módszerek alkalmazásához.

Kulcsszavak: komplex gondolkodás; természettudományos műveltség; aktív tanulás

Bevezetés

A kutatás célja, relevanciája

A Magyar Tudományos Akadémia 2014-ben kutatási pályázatot hirdetett a hazai természettudományos nevelés hatékonyságának elősegítése és a további kutatások előkészítése céljából. A tanulmányban bemutatott tankönyvelemzés ennek keretében valósult meg 2015-ben, a kutatás vezetője Korom Erzsébet volt. A munka célja az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) által kidolgozott kísérleti tankönyv elemzése volt. Hipotézisünk szerint a paradigmaváltást jelentő 21. századi műveltség és tudásképzés lassan és nehézkesen épül be a pedagógiai rendszerekbe. Indikátorként a tankönyvekben található feladatokat választottuk, feltételezve, hogy ezek elemzése képet ad a tankönyvben alkalmazott tanuláselméletről és tudásképről. További célunk volt, hogy az aránytalanságok és hiányterületek azonosítását elvégezve további tantárgypedagógiai kutatást és fejlesztést alapozzunk meg – ez jelenleg is folyik az MTA-SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoportban.

Hipotéziseink szerint (1) a bevezetett tankönyvben található feladatok mindegyikéről eldönthető, hogy (elsősorban) milyen készség és képesség fejlesztésére ad lehetőséget; valamint (2) a természettudományos tudást lehetséges bizonyos gondolkodási műveletek elvégzéséhez szükséges készségek és képességek csoportjaiként meghatározni. A tankönyvi feladatok és a kialakított készség- és képességspektrum közötti kapcsolat vizsgálata alapján megválaszolhatók az alábbi kutatási kérdések: A természettudományos tudás mely elemeit fejlesztik a feladatok? Milyen hangsúlyai vannak a tankönyv tudáskonceptiójának? Milyen tanulásmódszertan tükrözik a tankönyv feladatai? Melyek azok a hiányterületek, amelyekkel kapcsolatban további kutatás és fejlesztés tervezhető?

A kutatás elméleti kerete

Gondolkodási készségek

A természettudományok fejlődésének következtében az ezredfordulóra olyan mennyiségű ismeret halmozódott fel, amelyet a tanulók képtelenek feldolgozni és megérteni. A mennyiségi probléma mellett minőségi kérdések is felmerültek. Nyilvánvalóvá vált, hogy a tananyagokat a tanulók pszichológiai, fejlődési sajátosságaihoz kell igazítani. Gondolkodási szintjüket a tanulási feladat szükségleteihez kell emelni. Ennek azért is kiemelt a jelentősége, mert a kutatások szerint a gondolkodási képességek és részkészségeik fejlesztése transzferhatást gyakorol az egyébként külön nem fejlesztett képességekre is.

Gondolkodásművelet-párok – dichotómák

A természettudományos gondolkodás igen összetett komplexum, amit különféle módon lehet részekre bontani (Adey és Csapó, 2012). Az egyik lehetőség a dichotómák mentén való elemzés. Ezekre a műveleti párokra jellemző lehet a két típus integrációja, vagy az adott helyzettől függően valamelyik alkalmazható eredményesebben.

- Kvantitatív–kvalitatív: A legösszetettebb problémák megoldásához mind a kvantitatív, mind a kvalitatív gondolkodásra szükség van.
- Konkrét–absztrakt: Elméleti modellek megalkotása, komplex összefüggések megértése nem lehetséges megfelelő absztrakció nélkül.
- Konvergens–divergens: A konvergens gondolkodás különböző kiindulási helyzetekből indulhat, de a megoldás mindig egy adott eredmény felé tart. A divergens gondolkodás a kreativitás egyik legfontosabb komponense.
- Holisztikus–analitikus: A probléma megoldásával vagy az információk megjelenítésével és feldolgozásával kapcsolatos alapvető irányultságot jellemzi.
- Deduktív–induktív: A dedukció az általánostól a specifikus felé tartó gondolkodás. Az indukción a meghatározott tényekből vagy egyedi esetekből kiindulva általános konklúzió felé vezető gondolkodás.

Egy másik lehetőség az alapvető gondolkodási műveletek azonosítása (Csapó és mtsai, 2013), amelyek a különféle feladatok megoldása során további specifikus gondolkodási mintázatokká szerveződhetnek. Ilyen lehetnek például: konzerváció (megmaradás), sorképzés, osztályozás, kombinatív gondolkodás, analogikus gondolkodás, arányossági gondolkodás, extrapolálás, korrelatív gondolkodás, változók elkülönítése és kontrollja.

Rendszerszintű komplex gondolkodás

A kutatás során komplex műveletként a rendszerszintű gondolkodást vizsgáltuk. Ebbe a csoportba soroltunk be minden olyan feladatot, amely részben vagy egészében igényli ennek a gondolkodási készségnek az alkalmazását. Ezt az indokolta, hogy a rendszerekkel kapcsolatos tudás jó alap a természettudományos műveltség építéséhez, a komplexitás megértéséhez. A rendszerszintű gondolkodás képessége egymással szinergikus viszonyban lévő analitikus készségek rendszereként értelmezhető, mely alkalmas a rendszerek azonosítására és megértésére, viselkedésük előrejelzésére, a kívánt hatásoknak megfelelő módosítások kidolgozására. Olyan közös nyelvezet és gondolkodási rendszer, amely áthidalja és közös keretbe foglalja a különféle

természettudományos témaköröket, elősegítve a természet szabályszerűségeinek megértését (Goldstone és Wilensky, 2008). A természettudományos műveltség fontos eleme, hasonlóan az oksági gondolkodáshoz, a modellek alkotásához és egyéb természettudományos gondolkodási képességhez, amelyekkel a kísérleti eredmények és megfigyelések magyarázhatók (Cheng és mtsai, 2010). Részképességei magukban foglalják a problémák részekre bontásának képességét, a megfelelő információkon alapuló megoldások tervezését és tesztelését, az ebből következő döntések meghozatalának képességét. A természettudományon belül a fizika, a földtudományok, a csillagászat és az élettudományok tanításában is alkalmazható, és érvényesíthető a társadalom és a gazdaság jelenségeinek vizsgálatában is. Segítségével a tanulók lehetőséget kapnak a természet mikro- és makroszintjeinek átfogó értelmezésére az alábbi típusú kérdések alapján (Robbins, 2011): Melyek a rendszer részei? Milyen be- és kimenetek jellemzik a rendszert? A rendszer egésze miben több, mint a részek összessége? Hogyan áramlik át a rendszeren az anyag, az energia és az információ?

Egy, a gyakorlatban jól alkalmazható szintetikus elmélet ötvözi a rendszerszintű gondolkodással kapcsolatos kutatások eredményeit (Arnold és Wade, 2015), meghatározza és az alábbi hierarchikus rendszerbe foglalja az egyes készségelemeket:

1. *A részek és kapcsolatok azonosítása:* A rendszerszemlélet alapvető készsége, de megfelelő gyakorlat nélkül nehezen fejleszthető, illetve könnyen elveszthető (Plate és Monroe, 2014).
2. *Visszacsatolások azonosítása és megértése:* Bizonyos kölcsönhatások ok-okozati visszacsatolásokat alakíthatnak ki, amelyek alapvetően befolyásolják az adott rendszer viselkedését (Hopper és Stave, 2008; Plate és Monroe, 2014).
3. *A rendszer szerkezetének megértése:* Látszólag az 1. és 2. ponttal megegyező készségeket igényel, azonban a kutatások szerint inkább azok speciális kombinációját jelenti (Ossimitz, 2000; Richmond, 1994).
4. *Állandók és változók, folyamatok azonosítása:* Állandó lehet például valamely fizikai erőforrás készlete (pl. tartalék tápanyag), vagy akár érzelmi, mint a bizalmi tőke egy kapcsolatban. A változók módosíthatják a készletek értékeit, így folyamatokat hívhatnak életre. Ez a rendszerszemlélet magasabb fokú készségeleme (Arnold és Wade, 2015).
5. *Nem lineáris folyamatok azonosítása:* Ez a készségelem a fontossága és a félreértelmezhetőség kerülése miatt került külön pontba az előzőtől (Hopper és Stave, 2008; Plate és Monroe, 2014).

6. *A dinamikus viselkedés megértése:* A kölcsönhatások és visszacsatolások befolyásolják a készleteket és a változókat, az időbeli folyamatok a rendszer dinamikus viselkedését alakítják ki. Ez a készségelem az előzőeket is feltételezi, és megfelelő gyakorlattal fejleszthető (Plate és Monroe, 2014).
7. *A komplexitás csökkentése a rendszermodell megfelelő tervezésével:* A komplexitás különféle intuitív technikákkal (pl. redukció, transzformáció, absztrakció és homogenizáció) csökkenthető a modellekben. Lényegében az adott cél szerint felesleges rendszerelemek kizárásának képességét jelenti (Wade, 2011).
8. *Egymásba épülő rendszerszintek megértése:* Ez a készségelem a rendszerek egymásba épülésével kialakuló hierarchia, a rendszer-alrendszer összefüggés megértése, az anyagi világ szerveződési szintjeinek átlátását foglalja magában (Plate és Monroe, 2014; Richmond, 1994).

A rendszerszintű komplex gondolkodás igénye a Nemzeti alaptantervben (NAT, 2012) is megjelenik. Az Ember és természet műveltségterületnél megfogalmazott fejlesztési feladatok tudás- és képességterületekre tagolódnak, melyek a rendszerszemlélet alapjait is magukban foglalják. Az „Anyag, energia, információ” tudásterület ezt a három természettudományos kulcsfogalmat nem diszciplináris alapon, hanem rendszerelméleti szempontból kapcsolja össze. A „Rendszerek” tudásterület feladatai analitikus jellegűek, az „Állandóság és változás” tudásterület feladataiban jelenik meg a rendszerdinamika. A „Felépítés és működés” tudásterület célja a szintézis, a rendszerek funkcióinak vizsgálata, az egészlegesség bemutatása.

Természettudományos műveltség

A vizsgálat során a tankönyv feladatait egy szélesebben értelmezett képességspektrum mentén helyeztük el. Az alapvető gondolkodási műveleteken túl a természettudományos műveltség más területeire is alakítottunk ki rendszerező kategóriákat. Ennek oka, hogy a korszerű természettudományos nevelés egyik legfontosabb háttértényezője, hogy a tudásalapú társadalom kialakulása egyrészt felértékeli a professzionális szaktudást, másrészt igényli a társadalom megértését és támogatását, aminek feltétele a mindenki által megszerezhető természettudományos műveltség. Ezt részben a tudomány működésének megértéseként, részben a mindennapi életben használható, tényekre, bizonyítás-cáfolat lehetőségére alapozott gondolkodásmódként határozták meg. A tudomány működésével kapcsolatos fejlesztendő tudáselemek (Osborne, 2013): A természettudományos megfigyelések, tények,

hipotézisek, modellek és elméletek jellemzői. A tudományos állítások adatokkal és magyarázatokkal való alátámasztásának szükségessége. A tudományos hipotézis tesztelhető előrejelzés kialakításában játszott szerepe. A fizikai és az absztrakt modellek szerepe, használhatóságuk és korlátaik.

A 2015-ös PISA-vizsgálatok keretrendszere meghatározza és rendszerezi a természettudományos tudás területeit és elemeit (OECD, 2013). A természettudományos műveltséget részben procedurális tudásként azonosítja, melynek az adatok szerzésére, elemzésére és értelmezésére irányuló részkészségei: kvalitatív (megfigyelés) és kvantitatív (mérés) vizsgálati eljárások ismerete, skálák, kategóriák és folytonos változók használata; a bizonytalanságok értékelése és minimalizálása; a vizsgálat megismételhetőségének és az adatok pontosságának biztosítása; az adatok megadási és bemutatási módjainak ismerete, táblázatok, grafikonok megfelelő használata. A természettudományos vizsgálatok tervezésével kapcsolatos procedurális tudás elemei: változó fogalmának ismerete, független és függő változó megkülönböztetése; a változók beállítási módjának és szerepének megértése, a véletlenszerű mintavétel elve, az oksági viszonyok azonosítása; adott természettudományos kérdés és a megfelelő vizsgálati mód (pl. kísérlet, terepi vizsgálat, mintakeresés) összekapcsolása. A tudományos megismerésre, a tudás eredetére vonatkozó episztemikus tudás elemei: a tudományos megfigyelések, tények, hipotézisek, modellek és elméletek természetének megértése; a tudományos állítások adatokkal, magyarázatokkal való alátámasztása; a mérési hiba és a tudományos elmélet megbízhatósága közötti összefüggés felismerése; fizikai, rendszer- és absztrakt modellek használata, szerepük és korlátaik megértése; az együttműködés, a kritika és a tudóstársak értékelésének a tudományos elméletek megbízhatóságára gyakorolt hatásának felismerése.

Kutatási módszerek

A kutatás munkafázisai

A kutatás során elsőként meghatároztuk a vizsgálandó készségek és képességek főbb csoportjait és azok elemeit. Ezt követően elemeztük a tankönyvekben található feladatokat, majd besorolást végeztünk a kialakított keretrendszerbe. Átfedések esetén a készségleírásokat pontosítottuk, súlypontosítottuk. Elemeztük a készségcsoportok arányait, meghatároztuk a tankönyvek gondolkodásfejlesztési spektrumát.

Adatgyűjtés és elemzés

A feladatok elemzését és a keretrendszer kategóriáiba való besorolását egy személy (e tanulmány szerzője) végezte, ami felvetheti a megismételhetőség, megbízhatóság problémáját. Ezt a bizonytalanságot azért tartottuk elfogadhatónak, mert a vizsgálat csak részben volt kvantitatív jellegű, inkább a fejlesztési hiányterületek és aránytalanságok kvalitatív azonosítása volt a célunk. A feladatok kategóriákba való besorolását követően statisztikai elemzést végeztünk, melynek során meghatároztuk az egyes típusok összes feladatszámhoz viszonyított százalékos arányát. Az adott típusokba tartozó feladatok összes számához viszonyítva meghatároztuk a részkészségek szerinti feladatszám-megoszlást. A kapott adatok alapján a kutatási kérdések megválaszolhatóak voltak.

Eredmények

A vizsgált tankönyv jellemzői

Az OFI által kiadott Biológia – Egészségtan 11. tankönyv szerzője dr. Molnár Katalin és Mándics Dezső. A kiadvány a 11. évfolyam A típusú biológia kerettanterve alapján készült. A tankönyv témakörei: Sejtek. Az ember életfenntartó működései. Az életműködések szabályozása. Szaporodás, szexualitás. A tankönyv szerkezeti elemei és azok funkciói: Olvasmány (motiváló, ráhangoló, tudásbővítő). Előzetes fogalomlista (ismétlés, előzetes tudás ellenőrzése céljából). Szövegblokkok (kevésbé strukturált, leíró jellegű, kiemelésekkel). Szemléltető elemek, adatok (ábra, grafikon, táblázat). Kísérletleírások, ajánlások (strukturált). Tudás ellenőrzése (szövegkiegészítő, lexikális). Kérdések, feladatok (vegyes típusúak).

A tankönyvet a klasszikus tanuláskoncepció jellemzi, alapvetően tudásátadó jellegű. A kerettantervi szabályozást követik a szerzők, de a hangsúlyok némileg módosultak. A tudás elmélyítését, transzferét (az eddigi hazai gyakorlatnak megfelelően) feltehetően egy külön feladatgyűjteménnyel kívánták elérni, ezért a feladatok száma és típusválasztéka viszonylag korlátozott. A tantárgy, ezen belül a téma sajátossága a struktúra-funkció típusú problémák dominanciája. Ezt alapvetően diszciplináris szemléletmóddal, leírások és szemléltetések alkalmazásával kezelik a szerzők. A szövegek tanulásának segítésére előzetes fogalomlista és ellenőrző feladat található. A mélyebb megértést és alkalmazást a fejezetek végén olvasható feladatok és kérdések szolgálják.

A vizsgálati keretrendszer

A tankönyvi feladatok elemzésére a műveletek és képességek szerint hatféle besorolási kategóriát, ezeken belül a részképességeknek (az 1–4. kategória esetében) megfelelő altípusokat határoztunk meg. A feladatok típusait néhány példával (oldalszám/feladatszám) szemléltetjük:

1. Általános gondolkodási műveletek: Konzerváció, összehasonlítás, besorolás – halmazképzés, sorképzés, osztályozás, analógiás, kombinatív, arányossági, oksági, valószínűségi, korrelatív.

Példafeladatok

28/9: Hasonlítsd össze a mitokondriumok és a zöld színtestek szerkezetét! Miben hasonlítanak és miben térnek el egymástól? – Egyszerű összehasonlító feladat, ami visszautal a tankönyv korábbi részeire, az összehasonlítási szempontokat nem differenciálja.

109/3: Készíts táblázatot, amely az agyalapi mirigy elülső lebenyének hormonjait mutatja be! Táblázatod tartalmazza a hormonok nevét, célsejtjeinek helyét (szervek) és hatását! – Összetett összehasonlítást tartalmaz, információkereséssel kombinálja, része az osztályozás, besorolás művelete is.

2. Komplex gondolkodás, rendszerelemzés: Részekre bontás, állapotleírás, változás és folyamat, rendszer és környezet kapcsolata, funkcióelemzés, hibakutatás.

Példafeladatok

28/1: Rajzold le a biológiai membrán szerkezetét, nevezd meg és jellemezd alkotórészeit!

28/4: Rajzolj le egy állati sejtet, nevezd meg és jellemezd a sejtalkotókat! – A korábban tanult ismeretek felidézését igénylő feladatok, melyek a részekre bontás képességét vizuális úton fejlesztik, de nem térnek ki a funkció kérdésére.

52/5: Mérjétek meg az osztályban mindenkinek a vérnyomását és a pulzusát! Határozzátok meg a fiúk és a lányok esetében az átlagértékeket! Értelmezzétek az adatokat (esetleges különbségeket a fiúk és a lányok között, az aktívan sportolók és a nem sportolók között)! Az adatokat ábrázoljátok oszlopdiagramon! – A vérnyomás és a pulzus mérése emberi szervezet állapotának leírására használható, ebben a feladatban méréssel, adatrögzítéssel és értelmezéssel együtt jelenik meg. A rendszerszintű gondolkodás fontos eleme az adott rendszer leírása, amely a változások (pl. normál értéktől való eltérés) észlelését teszi lehetővé.

28/6: Kövesd végig egy mirigysejtben a leadásra kerülő fehérjemolekula (pl. bélcsatornában ható emésztőenzim) útját a képződés helyétől a leadásáig! A számok sejtalkotókat jelölnek. riboszóma → 1. → membránnal határolt hólyag → 3. → 4. → sejtthártya → excitózis (leadás)

72/4: Kövesd végig egy oxigénmolekula útját a tüdő léghólyagocskáktól kiindulva a célállomásig – egy izomsejtig! Készíts folyamatábrát!

32/5: Készíts rajzot az endo- és az exocitózis folyamatáról! Rajzod alapján értelmezd a két folyamatot! – Ez a három feladat magasabb szintű, összetett rendszerdinamika értelmezését igényli. Ezért fontos lenne az egyértelmű instrukció és a megoldási mód pontosabb megadása. Előzetes tudásként feltételezi a folyamatára-szerkesztést.

58/5: Sokan azt tartják, hogy a fogmosást helyettesítheti egy alma elfogyasztása. Neked mi erről a véleményed a tanultak alapján? – A fog mint rendszer és a környezet közötti kapcsolat vizsgálatára irányuló, előzetes tudást mozgósító feladat.

38/5: A 4. ábra segítségével foglald össze a növények vízfelvételének jellemzőit! – Egy ábra alapján kell rendszer és környezet közötti kapcsolatot vizsgálni a tanulóknak, egy adott szempont (vízfelvétel) alapján. Az ábra nem része a feladatnak, de visszakereshető. A megoldás lényegében leolvasható az ábráról.

66/5: Nézz utána: miért okozhat érelmeszesedést, ha valaki rendszeresen telített zsírokban gazdag ételeket fogyaszt! – A molekuláktól a szervezet szintjéig értelmezhető hibakutatási feladat, amelyhez sok és strukturált előismeret szükséges. Rendszerhibaként inkább az érelmeszesedés következménye (pl. infarktus) lehetne jó kiindulópont.

3. Kutatási készségek: Megfigyelés, problémafelvetés, kutatási kérdés, hipotézisalkotás, előrejelzés, kísérlet, tervezése, kísérlet kivitelezése, tapasztalatok és adatok rögzítése, adatértelmezés, magyarázat, következtetés, eredmények kommunikálása.

Példafeladatok

30. oldal: Kísérletezz! Az ozmózis jelenségét egy tyúktojáson is vizsgálhatod. Tölts meg egy főzőpoharat híg, kb. 10%-os sósavval! Helyezz egy tyúktojást a főzőpohárba, figyelj arra, hogy a tojásnak csak az alsó része érintkezzen a sósavval! A sósav széndioxidfejlődés közben oldja a meszes héjat, a tojás belső hártýája (héjhártýa) viszont ép marad. Emeld ki óvatosan a meszes héjától félig megfosztott tojást a sósavból, és rakd át egy csapvízzel teli edénybe! Egy nap elteltével vizsgáld meg a tojást! Milyen változást tapasztalsz? Mivel magyarázod a jelenséget? – A hazai természettudományos oktatásban (és nem csak ott!) nem pontos a kísérlet fogalmának értelmezése. Ebben az esetben sem kísérlet, hanem demonstráció történik, azaz egy jelenséget idéznek elő és vizsgálnak a tanulók, de változók beállítása nélkül. Emiatt a feladat legfeljebb a megfigyelés és adatértelmezés készségét fejleszti.

52/5: Mérjétek meg az osztályban mindenkinek a vérnyomását és a pulzusát! Határozzátok meg a fiúk és a lányok esetében az átlagértékeket! Értelmezzétek az adatokat (esetleges különbségeket a fiúk és a lányok

között, az aktívan sportolók és a nem sportolók között). Az adatokat ábrázoljátok oszlopdiagramon! – A feladat félig strukturált, azaz nem ad meg kitöltendő adattáblázatot, de nem is szorítkozik a kutatási kérdés feltételére, ahogyan az a kutatásalapú (strukturálatlan) feladatok esetében inkább jellemző. Így a vizsgálat tervezését csak részben, inkább a kivitelezés, az adatrögzítés és értelmezés készségét fejleszti a feladat.

4. *Problémamegoldás*: Információk gyűjtése, információk szervezése, a probléma megoldása (eredmény kiszámítása), a probléma megoldása (magyarázat megadása), a probléma megoldása (megoldási javaslat kidolgozása)

Példafeladatok

38/4: A zöld növények éjszaka szén-dioxidot adnak le gázcserenyílásaikon keresztül, nappal viszont oxigént. Mivel magyarázod a jelenséget?

46/7: Osztálytársad arra panaszkodik, hogy gyorsan elfárad, sokat alszik, nem bírja a fizikai terhelést. Vérképe a következő adatokat tartalmazza: vörösvértestek száma $4,87 \text{ millió/mm}^3$, hemoglobintartalom 105 g/dm^3 . Mire utalhatnak az adatok? Mi állhat a tünetek hátterében? – E két feladat tényeken, adatokon alapuló, de mégis elméleti problémamegoldást kér. Mindkét esetben a magyarázat megadásán túl is továbbvihető lett volna valamilyen megoldási javaslat felé.

5. *Kritikai értékelés, érvelés* (egységes, nem különülnek el altípusok)

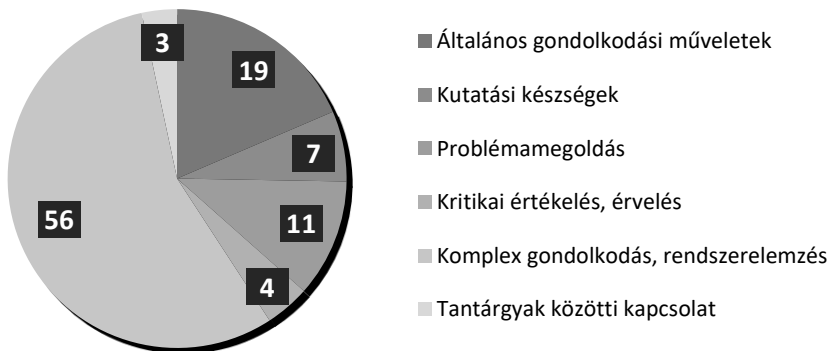
6. *Tantárgyköziség* (egységes, nem különülnek el altípusok)

Általános megállapítások

A tankönyvelemzés során összesen 1104 feladat vagy feladat jellegű kérdés volt azonosítható. A feladattípusok több mint felét a komplex gondolkodást igénylő típusba lehetett besorolni, ötödét az alapvető gondolkodást igénylő feladatok adják, míg a problémamegoldás kevesebb, mint egy tizednyi feladatban jelenik meg. A kritikai gondolkodás ennél alig valamivel nagyobb arányt képvisel, míg a legkevésbé jellemzőek a tantárgyközi szemléletre alapozó feladatok. Az elemzett feladatok típusonkénti megoszlása az 1. ábrán látható.

A komplex gondolkodást igénylő, rendszerelemzési feladatok túlsúlya részben a struktúra-funkció elemek témakörre jellemző dominanciájából következik. Másrészt az általános gondolkodási műveletek csoportjával való részbeni átfedés esetén is inkább ebbe a komplex típusba kerültek feladatok. A problémamegoldás valamely részkészségét fejlesztő feladatok száma több, mint a korábbi hasonló témát feldolgozó tankönyvekben jellemző. Ezen belül kevesebb a problémafelismerés, több a már strukturált, megoldást igénylő feladat. A kutatási készségeket fejlesztő feladatok alacsony száma mellett ezek

egyoldalúsága is megállapítható. Hiányoznak a kísérletelemzést vagy tervezést igénylő valódi kutatófeladatok. A természettudományos vizsgálatok készségelemeire nem irányul tudatos fejlesztés. Kevés a kritikai értékelést és érvelést igénylő feladat is annak ellenére, hogy az egészségnevelés területén erre kiváló lehetőségek adódnak. A tankönyv nem törekszik integrált szemléletre, az első fejezet kémiai témaköre kivételével nincsenek kapcsolódások például a fizikával (holott például a hasonló, kísérleti jellegű fizika tankönyv több ponton kínál erre kapcsolódási lehetőségeket).



1. ábra. A tankönyv feladatainak típusonkénti megoszlása (%)

Részletes eredmények

A kutatási eredmények hat gondolkodási műveleti típusra állapítják meg a hozzájuk kapcsolható feladatok arányait. Ezek a területek a következők: általános gondolkodási műveletek; komplex gondolkodás, rendszerelemzés; kutatási készségek; problémamegoldás; kritikai értékelés, érvelés; tantárgyközi kapcsolat. A típusonkénti feladatarányok rámutatnak a tankönyv készség- és képességfejlesztési hangsúlyaira, jelzik a belső aránytalanságokat, rámutatnak a paradigmaváltáshoz nélkülözhetetlen hiányterületekre.

Általános gondolkodási műveletek (előfordulási arány: 204/1104, 18,48%): A feladattípuson belül kiemelkedik az egyszerűbb gondolkodási műveletet jelentő összehasonlítás és besorolás aránya. Hasonló arányban jelenik meg az összetettebb oksági gondolkodás is. Egyáltalán nem találhatóak a természettudományos vizsgálati készségek szempontjából fontos kombinatív, valószínűségi és korrelatív gondolkodási műveleteket igénylő feladatok. Az egyes művelettípusok előfordulási arányát az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. Az általános gondolkodási műveleteket igénylő feladatok típusonkénti megoszlása

Gondolkodási típus	Feladatszám	Összes %-ában
Konzerváció	4	0,36
Összehasonlítás	64	5,80
Besorolás, halmazképzés	50	4,50
Sorképzés	1	0,001
Osztályozás	6	0,54
Analógiás	17	1,50
Kombinatív	0	0
Arányossági	1	0,001
Oksági	61	5,50
Valószínűség	0	0
Korrelatív	0	0

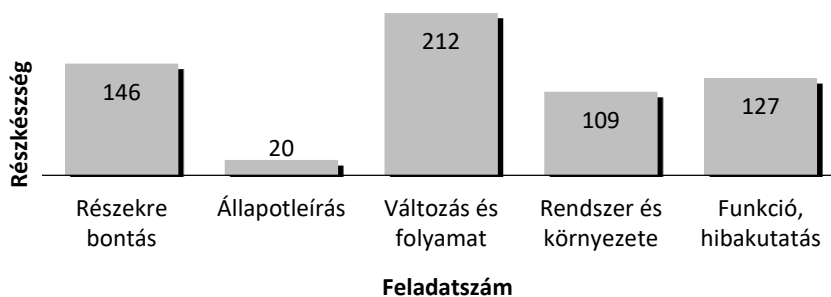
A tárgyalt biológiai struktúrákkal összefüggésben kiemelkedő a besorolás, halmazképzés típusú feladat. Ebben van némi átfedés a komplexebb rendszerelemző feladatokkal is. Az összehasonlító és oksági feladatok gyakorisága is a struktúra-funkció összefüggésekkel magyarázható. Az oksági feladatokban esetenként megjelenik az integrált szemlélet (fizikai, kémiai kapcsolódás) is.

Komplex gondolkodás, rendszerelemzés (előfordulási arány: 614/1104, 55,61%): Ez a feladattípus az elemzés során a hagyományos struktúra-funkció típusú feladatok gyűjtőkategóriája volt. Lehetőséget ad a dinamikus megközelítésre, a változások és a folyamatok elemzésére is. A hibakutató feladatok a tudás közeli transzferét is szolgálják, más összefüggésekben alkalmazva a tanult ismereteket. A komplex módon összekapcsolódó gondolkodási műveletek a természettudományos problémák vizsgálatára alkalmas metakognitív stratégiát is kialakíthatnak. A vizsgált gondolkodási készségelemeknek az alapvető gondolkodási műveletekkel való összefüggését a 2. táblázat mutatja be.

A rendszerszintű komplex gondolkodás részkészségeinek feladatokban való előfordulási arányait a 2. ábra szemlélteti. Az adatok a változás- és folyamatelemzések magas arányát mutatják, ezzel ellentmondásban áll a változások kimutatását lehetővé tevő állapotleírások alacsony száma. A részekre bontás részaránya megfelelőnek tűnik, míg a rendszer és környezet összefüggések viszonylag magas arányban történő elemzése a nyílt biológiai rendszerek sajátosságaira vezethető vissza.

2. táblázat. A rendszerszintű komplex gondolkodási típusok és az általános gondolkodási műveletek összefüggése

Komplex gondolkodás	Általános gondolkodási művelet
Részekre bontás	halmazképzés, sorképzés, osztályozás
Állapotleírás	megfigyelés, információgyűjtés, kommunikálás, tapasztalatok, adatok rögzítése, tapasztalatok kommunikálása
Változás és folyamat	összehasonlítás, analógiás gondolkodás, oksági gondolkodás
Rendszer és környezete	osztályozás (hierarchikus), korrelatív gondolkodás, modellezés
Funkció, hibakutatás	adatértelmezés, magyarázat, kritikai értékelés, érvelés, problémafelvetés



2. ábra. A rész-készségek feladattípusok szerinti megoszlása (db)

Kutatási készségek (megfigyelés, kísérlet) (előfordulási arány: 74/1104, 6,7%): Ez a feladattípus összességében is nagyon alacsony részarányt képvisel, de belső szerkezetében sem kiegyensúlyozott. Az egyes rész-készségek előfordulási arányait a 3. táblázat mutatja be. A kísérlet kivitelezésének magas aránya a strukturált feladatok miatt adódhat, erre utal a mindössze egyetlen, tervezést is igénylő feladat. Az alacsony összes feladatszámom belül gyakoribbak a strukturált kísérletek elvégzését igénylő feladatok. A kísérleti változókkal kapcsolatos tudás és képesség szinte egyáltalán nincs fejlesztve ezekkel a feladatokkal. Hiányosság a probléma felismerésének, a kutatási kérdés megfogalmazásának fejlesztése is (ezt a magyar tanulók esetében jellemző képességbeli hiányosságot a PISA-vizsgálat is feltárta). Pozitívum, hogy az adatértelmezés és magyarázat hangsúlyos, ugyanakkor a tudomány természetét jobban megvilágító előrejelzés nem fordul elő a feladatok között. Interaktív tanulási helyzetekben fontos lenne az eredmények kommunikálása is, erre sem sok feladat ad lehetőséget.

3. táblázat. A kutatási készségeket igénylő feladatok megoszlása

Készségtípus	Feladatszám	Összes %-ában
Megfigyelés	7	0,63
Problémafelvetés, kutatási kérdés	0	0
Hipotézisalkotás	3	0,27
Előrejelzés	0	0
Kísérlet tervezése	1	0,001
Kísérlet kivitelezése	17	1,5
Tapasztalatok, adatok rögzítése	8	0,72
Adatértelmezés, magyarázat	25	2,26
Következtetés	13	1,18
Eredmények kommunikálása	4	0,36

Problémamegoldás (kutatás, mérés nélkül) (előfordulási arány: 124/1104, 11,23%): A feladatok között az információszerzés gyakorisága részben az otthoni kutatófeladatok miatt lehet. A magyarázatot igénylő problémafeladatok jellemzően zártak, inkább az ismeretek reprodukcióját jelentik. A valóban összetett problémák száma viszonylag kevés, pedig ezekhez kapcsolódhatnak a megoldási javaslat kidolgozását igénylő, mélyebb gondolkodásra ösztönző feladatok.

Kritikai értékelés, érvelés (előfordulási arány: 47/1104, 4,25%): A tudásátadó és önálló tanulást támogató koncepció miatt ilyen feladat alig található, holott a csoportmunkát igénylő feladatokkal számos más készség (pl. kommunikáció, együttműködés) is fejleszthető lenne. A kísérletleírásokhoz kapcsolódóan is lehetőség lenne a kritikai gondolkodás fejlesztésére különböző feladatokkal – elsősorban az egészség/betegség jellegű témáknál jelennek meg ilyen feladatok.

Tantárgyak közötti kapcsolat (előfordulási arány: 37/1104, 3,35%): Ilyen feladatok inkább csak a sejtteni, sejt-kémiai részben találhatóak, máshol nem érezhető sem a szövegekben, sem a feladatokban integrált megközelítésre való törekvés. Az integrált szemlélet hatékonyan fejleszthetné a tudástranszfert, a tanult ismeretek rendszerbe szervezését. A tudásrendszer fejlettsége és rugalmassága kölcsönhatásban áll a gondolkodási képességekkel. A tantárgyi keretek merevsége akadályozhatja a tanulók komplexprobléma-megoldási képességének fejlesztését is.

Összegzés és további kutatási lehetőségek

A tankönyv tartalmi felépítése a diszciplináris szempontokat követi. A fejezetek a biológia tudományterületeihez kapcsolódnak, igazodva a kerettanterv

követelményeihez. A korábbi, hasonló témában megjelent tankönyvekhez képest érződik a tartalmi redukció, a tömörítés és a nyelvi egyszerűsítés, illetve a képi megjelenítés szándéka. A címben is megjelölt egészségtan a tartalmakban inkább függelék jellegű, részben a biológiai ismeretek alkalmazását szolgálja. Lehetséges alternatíva lehetett volna az egészségtani problémák felől való kiindulás, ezzel a biológiai ismeretek probléma- vagy kutatásalapú tanulással való megközelítése. Ezek a módszerek következetesen nem, legfeljebb esetenként jelennek meg, így a tankönyv tudás- és tanulás-konceptiója inkább tudásátadó, ismeret- és tanárközpontú szemlélettel jellemezhető. A feladatok típusainak kialakításában és arányaik meghatározásában nem érzékelhető differenciált és koherens tanulói készség- és képességkonceptió. Alapvetően az önálló (iskolai vagy otthoni) tanulást szolgálja, nem segíti a tanulói interakciókat, a kooperatív tudásépítést. A tankönyvre közvetlenül csak az értékelési eszközök (tesztek, dolgozatok) szűkebb választéka építhető (a probléma- és kísérletalapú feladatok nehezebben illeszthetők hozzá).

A sajátosan „tankönyvi” jelleg nehezíti egy-egy feladat önmagában való megítélését. Többnyire a tankönyvi szövegek, ábrák felidézésével működnek, magában a feladatban gyakran csak egy instrukció található valamilyen visszautalással. Így a motiváció és a végrehajtás kezdeményezése elválik egymástól, gyengítve a feladat hatékonyságát. A készség- és képességfejlesztés járulékos haszonként jelentkezik, de a feladatok elsődlegesen a szaktárgyi ismeretek gyakorlását, kontrollját szolgálják. Ez okozza a részletes eredményekben jelzett készségfejlesztési aránytalanságokat, mindenekelőtt a természettudományos vizsgálati készségek és a komplex, rendszerszintű gondolkodás esetében.

A papíralapú tankönyv, illetve általában a merev struktúrába rendezett tananyagok a digitális tanulási környezetben anakronisztikusak, fokozatosan átadják a helyüket, illetve kiegészülnek a rugalmasan szerkeszthető tananyagbázisokkal, tanulásmenedzselő rendszerekkel (learning management systems). A tankönyv ábraanyaga, bizonyos szöveg elemei és feladatötlelei beépíthetők lennének ilyen környezetbe. A tankönyvet szerkesztő és kiadó Oktatókutató és Fejlesztő Intézet a Nemzeti Köznevelési Portálon¹ jelenleg is elérhetővé tesz digitális tartalmakat, de a jövőben megjelenő „okos tankönyvek” várhatóan nagyobb tanári szabadságot és kreatív lehetőségeket adnak.

A tankönyvelemzés tapasztalatait a kutatócsoport további munkájában is hasznosítani tudjuk. A természettudományos nevelés különféle szintű készség- és képességfejlesztési folyamatainak diagnosztikus mérésére szolgáló

¹ <https://portal.nkp.hu/>

módszereket és eszközöket kívánunk fejleszteni. A megállapított hiányterületekre, a készség- és képességfejlesztés szemléletű tanulási-tanítási módszerek közoktatásban való elterjesztésére feladatokat és foglalkozásterveket dolgozunk ki. Az MTA Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja által támogatott fejlesztési folyamat további menete és produktumai a kutatócsoport honlapján is nyomon követhető².

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

Irodalom

- Adey, Philip és Csapó B. (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. online diagnosztikus értékelése. In: Csapó B. és Szabó G. (szerk): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 35–116.
- Arnold, R. D. és Wade, J. P. (2015): A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669–678.
- Cheng, B. H., Ructtinger, L., Fujii. R. és Mislevy, R. (2010): *Assessing Systems Thinking and Complexity in Science. Project: Application of Evidence-Centered Design to State Large-Scale Science Assessment*. SRI International Center for Technology in Learning. Menlo Park Ca.
- Csapó B., Csikos Cs., Korom E., B. Németh M., Black, P., Harrison, C., van Kempen, P. és Finlayson, O. (2013): *Report on the strategy for the assessment of skills and competencies suitable for IBSE*. A SAILS projekt keretében készült jelentés.
- Goldstone, R. R. és Wilensky, U. (2008): Promoting Transfer by Grounding Complex systems Principles. *Journal of the Learning Sciences*, 17(4) 465–516.
- Hopper, M. és Stave, K. A. (2008): Assessing the Effectiveness of Systems Thinking Interventions in the Classroom. In *The 26th International Conference of the System Dynamics Society* (1–26). Athens, Greece.
- Nemzeti alaptanterv (2012) – Ember és természet. *Magyar Közlöny*, 66. 10727.
- OECD (2013), PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy, *OECD Publishing*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Osborne, J. (2013): The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking skills and creativity*, 2013(10) 265-279.
- Ossimitz, G. (2000): Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany. In *The 18th International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1–17). Bergen, Norway.

² <http://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-szte-termeszettudomany-tanitasi-kutato-csoport-107231>

- Plate, R. és Monroe, M. (2014): A Structure for Assessing Systems Thinking. In: *The 2014 Creative Learning Exchange*.
- Richmond, B. (1994): Systems Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It. In *International Systems Dynamics Conference*. Sterling, Scotland.
- Robbins, K. (2011): *Teaching system thinking in science*.
<https://teachscience4all.org/2011/05/05/teaching-systems-thinking-in-science/>
- Wade, J. (2011): Systems Engineering: At the Crossroads of Complexity. In *Kongsberg Systems Engineering Event*.