

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS FŐ KUTATÁSI IRÁNYZATAI

TRENDS IN SCIENCE EDUCATION RESEARCH

Korom Erzsébet¹, Z. Orosz Gábor²

¹PhD, dr. habil, egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet,
MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, Szeged
korom@edpsy.u-szeged.hu

²PhD-hallgató, Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Doktori Iskola,
MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, Szeged
oroszg@edu.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A természettudományos neveléshez kötődő kutatások rendkívül szerteágazók. Jelentős részük foglalkozik olyan oktatáspolitikai, tantervelméleti, oktatáseméleti kérdésekkel, mint például a napjainkban hasznos, releváns tudás meghatározása, a természettudományos műveltség értelmezése, a tananyagszervezés, illetve a tanítás és tanulás hatékony módjai, módszerei. Mindezekhez elengedhetetlen megismerni a természettudományok tanulásának folyamatait, feltárni a természettudományos tudás összetevőit, feltérképezni azok fejlődését, a fejlődés egyéni különbségeit, és megtalálni a fejlesztés megfelelő formáit. A kognitív területek mellett kiemelt figyelmet kapnak a tanulást befolyásoló affektív és szociális tényezők is, mint például a természettudományokhoz való viszony, a tanulási motiváció és a természettudományos pályák iránti érdeklődés vagy a tanulás társas összetevői. Tanulmányunkban a kutatási területek közül a természettudományos nevelés céljait, a természettudományos műveltség koncepcióit, a természettudományok iránti érdeklődés felkeltésének kérdéseit, a természettudományi tudás elsajátítását és az azt elősegítő oktatási módszereket, illetve a tanulók közötti különbségek kezelési lehetőségeit tekintjük át.

ABSTRACT

Research on science education is diverse and thriving. Several studies have addressed issues in education policy, curriculum development and learning and instruction such as what counts as useful and relevant knowledge today, how scientific literacy may be defined, how learning content can be structured, or what are effective ways of teaching and learning. To answer these questions, it is crucial to understand the processes of learning science to discover the various components of science knowledge, to map the development of those components thus revealing individual differences and to find appropriate ways of scaffolding and intervention. In addition to cognitive domains, a great deal of attention has also been devoted to affective and social factors affecting learning such as attitudes towards science, learning motivation, interest in scientific careers or the social components of learning. Our study looks at the main goals of science education, the various aspects of scientific literacy, the issue of encouraging scientific curiosity, the process of science knowledge acquisition, possible instruction methods and ways of dealing with individual differences and needs.

Kulcsszavak: természettudományos nevelés, természettudományos műveltség, fogalmi fejlődés, természettudományos gondolkodás, kutatási készségek, kutatásalapú tanulás, tanulási motiváció, egyéni különbségek

Keywords: science education, scientific literacy, conceptual development, scientific reasoning, inquiry skills, inquiry-based learning, learning motivation, individual differences

BEVEZETÉS

A természettudományos nevelés kutatási irányai sokrétűek, de körvonalazható néhány probléma, dilemma, ami kapcsolatot teremt közöttük. Például az, hogy hogyan kapcsolódjon a természettudományok tanítása a többi tantárgyhoz; hogyan alakítsuk úgy a természettudományos tanterveket, hogy jobban igazodjanak a tanulók igényeihez, és ne csak azokat szolgálják, akik tudományos, mérnöki pályákra törekednek; hogyan hidaljuk át azt a szakadékot, amely a tudomány jelenlegi állása és az iskolában tanított tananyag között húzódik (Gilbert, 2010); hogyan nyújthat az iskola használható, a mindennapi életben is alkalmazható tudást, illetve milyen módon lehet növelni a természettudományok iránti érdeklődést, formálni a tudományos kutatásokhoz való viszonyt. A tanulmány e témák mentén ad áttekintést néhány fontos kutatási területről, eredményről.

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS CÉLJAI

A természettudományos nevelés céljainak, feladatainak értelmezése végigkísérte az oktatás történetét. A Wynne Harlen (2010) által megfogalmazott gondolathoz, mely szerint a természettudományos nevelés célja nem az, hogy egy ismerethalmazt átadjunk, hanem az, hogy a legfontosabb fogalmak tárgyalásán keresztül lehetővé tegyünk, hogy a diákok a számukra releváns jelenségeket jobban megértsék, hosszú út vezetett. A természettudományok tanítását sokáig az elméletközpontúság, a diszciplináris, szaktudományi tudás közvetítésének előtérbe helyezése jellemezte. Ennek oka többek között az volt, hogy az első ipari forradalom után megnőtt az igény a természettudományokban jól képzett szakemberekre. Az iskola feladata az lett, hogy biztos szaktudással rendelkező fiatalokat képezzen a munkaerőpiac és a felsőoktatás számára. Mivel ekkoriban az információ elérhetősége korlátozott volt, így azok lehettek versenyképesebbek, akik gazdagabb ismeret jellegű tudással rendelkeztek. Az iskolai oktatás fő célja az adott tudományterület ismeretrendszerének átadása, illetve a tantárgyhoz kötődő problémák (például számítások) megoldási stratégiáinak gyakoroltatása volt. Ez a fajta diszciplináris szemléletű természettudomány-tanítás azonban nehezen transzferálható, specifikus tudást közvetít, melyet főként az adott iskolai, tantárgyi kon-

textusban lehet hatékonyan alkalmazni. Nem meglepő, hogy azokat szólítja meg elsősorban, akik eredendően is érdeklődőbbek e területek iránt.

A 20. század második felétől kibontakozó, az ezredfordulót követően robbanászerű technikai, gazdasági fejlődés jelentős változást eredményezett a munkaerőpiacon, melyet az oktatás átalakulása is követett. Az információs kommunikációs eszközök elterjedésével az ismeret jellegű tudás könnyen elérhetővé vált. Ráadásul a tudományok olyan ütemben kezdtek fejlődni, mellyel nehezen tarthatott lépést az iskola. Egy ilyen változékony környezetben olyan emberek lehetnek sikeresek, akik fejlett készségeik révén képesek alkalmazkodni az újabb helyzetekhez. Ennek érdekében a természettudományokat mindenki számára elérhetővé, megfoghatóvá, érdekesebbé kellett tenni, így a diszciplináris szemléletű természettudomány-tanítás helyett a természettudományos nevelés (*science education*) vált meghatározóvá. Ennek legfőbb célja egy olyan természettudományos alpműveltség (*scientific literacy*) kialakítása, mely nemcsak az adott tudományterület kontextusában, hanem interdiszciplináris területeken, illetve a mindennapi élet során is hatékonyan alkalmazható. Ennek érdekében a legfontosabb diszciplináris ismeretek átadása mellett a természettudományos gondolkodás (*scientific reasoning*), a kutatási készségek (*inquiry skills, process skills*) fejlesztése és a tudomány működéséről vallott nézetek (*beliefs about the nature of science*) formálása is hangsúlyossá vált. Legalább ilyen fontos feladat a diákok érdeklődésének felkeltése, a tudományok megszerettetése, a természettudományos pályák vonzóbbá tétele. Ezek a célok nemcsak a nemzetközi felmérések (például az OECD PISA¹, illetve az IEA TIMSS²) elméleti kereteiben jelentek meg, hanem hatottak a tantervi kutatásokra is. Előtérbe kerültek a multi- és interdiszciplináris, illetve a tantárgyi integráció különböző formáit támogató megközelítések. A STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) oktatás a természettudományok, a műszaki, a mérnöki és a matematikai tudományok tanítását kapcsolja össze, míg egyes újabb irányzatok, mint például a STEAM (ahol az A az *Arts*) még komplexebb módon, a művészeteket is bevonva képzelik el a 21. században fontos készségek fejlesztését.

ATTITÚDFORMÁLÁS, PÁLYAORIENTÁCIÓ

Érdeklődés hiányában nagyon nehéz bármit is eredményesen tanulni. Éppen ezért számos kutatás irányul a tanulók természettudományos érdeklődésére, attitűdjeire és motivációira. Az attitűdvizsgálatok elemzik a tanuláshoz való viszonyt, a

¹ OECD PISA: Organisation for Economic Co-operation and Development Programme for International Student Assessment

² IEA TIMSS: International Association for the Evaluation of Educational Achievement Trends in International Mathematics and Science Study

tanulási folyamatokat, a természettudományos témák és az azokkal való foglalkozás iránti elköteleződést, annak tartósságát, valamint olyan tényezők szerepét, mint a nem, az életkor, a társadalmi, kulturális, családi hatások, a tanítás minősége vagy a természettudományokkal kapcsolatba hozható pályákról, szakmákról való tudás (Tytler, 2014).

Patrice Potvin és Abdelkrim Hasni (2014) metaanalíziséből tudjuk, hogy az érdeklődést tekintve néhol jelentős különbségek mutatkoznak a nemek között. Ha a tantárgyak szintjén vizsgáljuk, akkor elmondható, hogy a lányok az élettudományokat (biológia, egészségtan), míg a fiúk a fizikai tudományokat (fizika, kémia, technológia), illetve a földtudományokat (földrajz, csillagászat) preferálják jobban. Ha a tantárgyak témaköreit vizsgáljuk, egy sokkal árnyaltabb kép rajzolódik ki. A biológián belül például a fiúk jobban kedvelik a sejtek felépítésével és működésével, illetve az őslényekkel foglalkozó fejezeteket, míg a növénytant a lányok favorizálják. A fiúk inkább teljesítményorientáltak, jobban szeretnek számolni, illetve kísérletezni, a lányokat viszont jobban foglalkoztatják a társadalmi problémák, és ők azok, akik jobban kedvelik az írásbeli feladatokat, illetve a csapatmunkát. Az érdeklődés, a tanulási motiváció és a tantárgyi attitűdök óvodától a 12. évfolyamig általában csökkennek. Különösen radikális a váltás az általános iskola/középiskola átmenet során. A jelenség a fiúknál nagyobb mértékben jelentkezik. Az érdeklődés és a motiváció szempontjából sokkal fontosabb az, hogy hogyan tanítjuk az egyes tárgyakat, mint az, hogy egészen pontosan mit tanítunk. Vizsgálatok rámutatnak arra is, hogy az aktív tanulói tevékenységek, például a kutatás- vagy a problémaalapú tanulás, fejleszthetik a motivációt, ugyanakkor azok a gyakorlati módszerek, melyek nem igényelnek jelentősebb reflexiót, nincsenek hatással rá.

Az érdeklődés felkeltése, a tanulási motiváció és a természettudományos tantárgyak iránti attitűdök fokozása azért is fontos, mert hatással van a tanulók teljesítményére, a fogalmi ismeretek elsajátításának minőségére. Az érdeklődőbb és motiváltabb tanulók általában jobban teljesítenek, a két terület kapcsolata azonban bonyolult és szövevényes (Osborne et al., 2003).

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK TANULÁSA

A tudományos ismeretek megértésének, értelmes elsajátításának (meaningful learning) kutatása az 1960-as években került előtérbe a természettudományok tanításában. A tanulásban tapasztalt megértési nehézségek feltárása, az értelemgazdag tanulás elősegítésének igénye volt az egyik oka annak, hogy kibontakozott a fogalmi rendszer alakulásának, fejlődésének, a fogalmi váltás folyamatának több mint négy évtizedes múltra visszatekintő feltárása (részletesen lásd Korom, 2005; Amin et al., 2014).

Jean Piaget konstruktivista megközelítése – mely szerint a környezettel interakcióban, az asszimiláció, akkomodáció folyamatainak eredményeként a gyerekek sémákat alkotnak, amelyek befolyásolják a későbbi tanulásukat és saját, személyes tudás létrejöttét eredményezik – napjainkig hatással van e területre. De míg Piaget a fogalmi fejlődés mechanizmusait tudásterület-általánosnak tekintette és az értelmi fejlődéssel, a logikai-matematikai struktúrák változásával magyarázta, a későbbi kutatások az ismeretek tanulásának tudásterület-specifikus jellemzőire koncentráltak, és a fejlődéslélektan, valamint a kognitív tudomány eredményeire alapozva vizsgálták a tanulók nézeteit, mentális reprezentációit, ontológiai és episztemológiai tudását.

Az 1970-es évektől számos, elsősorban kvalitatív kutatás tárta fel a gyerekeknek az iskolai tanulmányokat megelőző naiv meggyőződéseit, a tudományosan elfogadott tényeknek nem megfelelő ismereteit, tévképzeteit, és hasonlította össze egy adott területen kezdők és szakértők tudását. Kiderült, hogy a gyerekek elméje, csakúgy, mint a kutatóké, sohasem *tabula rasa* (Gopnik, 2012). Már a megismerés kezdetén is rendelkeznek kezdetleges elképzelésekkel, amelyek befolyásolják a tapasztalataik értelmezését.

Bár vita folyt arról, hogy a gyerekek naiv tudása a világról mennyire egységes, elméletszerű, az világossá vált, hogy a fogalmi váltás bonyolultabb, mint a tanítás során egyszerűen lecserélni a tanulók naiv fogalmait a tudományosra. Az 1980-as, 90-es években nagy hatású volt az a megközelítés, amely a természettudományos fogalmak fejlődését egyfajta elméletváltásként értelmezte. Az ún. elméleteória (The theory theory, Carey, 1985) szerint a világunkról gyűjtött információk különböző elméletekbe szerveződnek az elménkben. Ezek egyedi szerkezettel, hierarchiával rendelkeznek (például vannak általánosabb és specifikusabb elméleteink), és kognitív szerepük jelentős. Segítségükkel értelmezhetjük a különböző jelenségeket, előrejelzéseket tehetünk, és számba vehetünk olyan lehetőségeket is, amelyekre még nincsenek bizonyítékaink. Elméleteink dinamikus struktúrák, újabb bizonyítékok fényében csiszolódhatnak, átalakulhatnak, ez a tanulás alapja. Bizonyítékokat kétféleképpen gyűjthetünk: (1) megfigyeléseket vagy (2) beavatkozásokat (például kísérlet) végzünk. Ennek a megközelítésnek azonban az a hiányossága, hogy nem írja le az elméletek háttérben álló mentális reprezentációt, és nem magyarázza a változás konkrét mechanizmusát sem (Gopnik–Wellman, 2012).

A tudományfilozófia és a mesterségesintelligencia-kutatás újabb eredményei (például Griffiths et al., 2010) meggyőző magyarázatot adhatnak az elméletek reprezentációjára és változásuk mechanizmusára. Ez a megközelítés valószínűségi alapú. Egy jelenség magyarázatára több alternatív elképzelés is születet a fejünkben. Mindegyikhez tartozik egy valószínűség, mely kifejezi annak az esélyét, hogy az adott elképzelés helyes. Újabb bizonyítékok hatására ahelyett, hogy egy elképzelést kategorikusan helyesnek vagy helytelennek titulálnánk, csak a hozzá-

juk tartozó valószínűségeket változtatjuk meg. Egy nagy kezdeti valószínűséggel rendelkező elképzelést néhány ellentmondó bizonyíték fényében még nem vetünk el (stabilitás), viszont idővel, kellő számú megerősítés hatására felválthatjuk egy másik elképzeléssel (flexibilitás). Ez magyarázatot adhat a tudás lassú változására.

Az utóbbi két évtizedben különböző természettudományos tartalmak, témák esetében vizsgálták a kutatók a tanulók fogalmi fejlődésének részleteit. Kezdetben főként a kognitív komponensekre (például ontológiai kategóriák változása, az episztemológiai tudás fejlődése, mentális modellek használata a gondolkodásban) fókuszáltak, később egyre hangsúlyosabb lett az affektív és a szociális tényezők (például a motiváció, illetve a társak szerepe) feltárása is. Napjainkban a fogalmi váltást egy olyan komplex rendszerben értelmezik, amelyben a különböző típusú, bonyolultságú tudáselemek, belső és külső reprezentációk (például ontológiai, episztemológiai meggyőződések, fogalmak, mentális modellek, képek) kerülnek kapcsolatba egymással a tanulási szituációkban. Ez a megközelítés az alapja a fogalmi váltást segítő tanítás, tanulási környezet tantervi és oktatásmódszertani kérdéseire választ kereső kutatásoknak is.

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS

A természettudományok tanulása szorosan összefügg az általános gondolkodási képességekkel. Ahhoz, hogy elsajátítsuk a tudományos fogalmakat, fejlett gondolkodási képességek (például a hasonlóságok-különbségek, rész-egész vagy oksági viszonyok felismerése; analógiák, modellek alkalmazása) szükségesek; a tudományos ismeretszerzés olyan képességek birtokában valósulhat meg, mint az elméletek, hipotézisek generálása, tesztelése, felülvizsgálata és e folyamatokra való reflektálás (Zimmerman, 2007). A kapcsolat azonban kölcsönös. A természettudományok tanulása, a hierarchikus fogalomrendszer elsajátítása elősegíti a más területeken is alkalmazható, általános gondolkodási képességek fejlődését (Adey–Csapó, 2012). A természettudományos tartalmak, problémák ezért kiváló lehetőséget teremtenek a gondolkodásfejlesztésre.

A természettudományos gondolkodást a gondolkodás specifikus típusaként értelmezhetjük. Olyan mentális folyamatok összességét értjük alatta, amelyeket a természettudományos tartalmakról való gondolkodás, a tudományos problémákkal való foglalkozás vagy valamilyen megismerő tevékenység, például vizsgálódás, kísérletezés során használunk (Kuhn, 2002; Dunbar–Fugelsang, 2005). A tudományos gondolkodásról sokáig úgy tartották, hogy kisiskoláskorban még nem, csak serdülőkorban jelenik meg, de az utóbbi években számos bizonyítékot találtak a kutatók a korai előfordulásra is.

A gyerekek mások megfigyelésén, illetve a körülöttük lévő világ manipulálásán keresztül (például játék során) a tudósokhoz hasonlóan gyarapítják tudásukat.

Habár tevékenységük közel sem olyan szervezett és tudatos, mint a kutatóké, ez mégsem okoz gondot, hiszen viszonylag egyszerű és kevésbé szisztematikusan szervezett vizsgálatokkal is lehet helytálló, ok-okozati összefüggésekre bukkanni (Eberhardt–Scheines, 2007). Daniela Mayer és szerzőtársai (2014) munkájából kiderül, hogy a kisiskolások meg tudják különböztetni a hipotéziseket a bizonyítékoktól; különbséget tudnak tenni a bizonyító erejű és a nem meggyőző hipotézisvizsgálat között. Elemi szintű kísérletező és bizonyítékokat értékelő készségek már az óvodások és kisiskolások körében is kimutathatók.

Ted Ruffman és szerzőtársai (1993) kutatása arra is rámutat, hogy a hét éves diákok megfelelően alkotnak hipotéziseket egyszerű gyakorisági táblázatok segítségével, és azzal is tisztában vannak, hogy az így létrehozott hipotéziseiket előrejelzések alkotásához is használhatják. Susanne Koerber és szerzőtársai (2005) vizsgálata Ruffman és szerzőtársai (1993) kutatásait folytatva arra is fényt derített, hogy az öt-hatéves gyerekek metakognitív szinten értik, hogy az elképzeléseik, nézeteik bizonyítékok hatására alakulnak ki és formálódnak. Következtéseikbe azonban gyakran logikai hiba csúszik.

Ahogy ezek a példák is mutatják, az óvodás-, illetve kisiskoláskori gondolkodáskutatás gazdag és ígéretes kutatási eredményekkel rendelkezik. Mindez megerősíti azt, hogy a természettudományos nevelést érdemes már óvodáskorban elkezdni, ahogyan erre több példa is akad a nemzetközi tantervekben, standardokban (például az Egyesült Államokban a *Next Generation Science Standards*).

TANÍTÁSI, TANULÁSI MÓDSZEREK

A tanítási módszerekben az utóbbi évtizedekben elmozdulás tapasztalható a tanárközpontú módszerektől a tanulóközpontú módszerek felé. Ennek számos oka van. A megváltozott társadalmi-gazdasági környezet hatására változtak a tantervi célok, változott az iskolában elsajátítandó tudás jellege, a tanulás értelmezése. Az ismeretkövetítés helyett a tanulói aktivitásra helyeződött a hangsúly. Megjelentek a realiztikus, szituációba ágyazott, a mindennapi élet jelenségeihez kapcsolható feladatok, problémák. Az egyéni tudáskonstrukció helyett a közös tudásépítés került előtérbe, ami az információs-kommunikációs technológiák fejlődése révén egyre könnyebbé vált. A tanulás színterei is megváltoztak. Egyre több lehetőség (például élményközpont, múzeum, állatkert, tanösvény) adódik a tanórai ismeretek bővítésére, a készségek és attitűdök formálására. Nem meglepő, hogy az iskolán kívüli tanulás (out of school learning) kutatása a természettudományokkal összefüggésben a legintenzívebb.

A természettudományos nevelésben alkalmazott oktatási módszerek, stratégiák rendkívül változatosak, és a hozzájuk kötődő kutatások is kiterjedtek. A klasszikus módszerek (például demonstráció, magyarázat, kérdezés, különbö-

ző vizuális reprezentációk, analógiák, modellek alkalmazása) mellett hangsúlyos a fogalmi váltás elősegítése és a természettudományos gondolkodás fejlesztése (Treagust–Tsui, 2014), melyekkel összefüggésben e tanulmány keretében a kutatásalapú tanulást mutatjuk be részletesebben.

A 2007-ben megjelent Rocard-jelentés áttekintést adott a természettudományos nevelés helyzetéről, és ajánlásaiban a tanárok módszertani kultúrájának fejlesztésére, az induktív megismerésre alapozott megközelítésekre, például a kutatás- és problémaalapú tanulásra hívta fel a figyelmet. Ennek hatására számos nagyszabású projekt indult, amely a kutatásalapú tanulás népszerűsítését tűzte ki célul (Csapó et al., 2016).

A kutatás (inquiry) a természettudományok tanulásának/tanításának központi, alapvető megközelítése (NRC, 2012). A fogalom azonban számos értelmezéssel bír (ráadásul az angol szakkifejezés magyarra fordítása is nehézkes, lásd Nagy, 2010), ami meglehetősen bonyolulttá teszi a tájékozódást a területtel ismerkedők számára. A kutatás (inquiry) mint tudásgyarapítás utalhat (1) a tudósok által végzett tevékenységre, illetve (2) a tanulás egy módjára, de szerepelhet (3) tantervi elemként és (4) tanítási módszerként is (Bybee, 2000). Az iskolai gyakorlat során a kutatásra elsősorban tanítási, tanulási módszerként tekintenek, és gyakran kutatásalapú tanulásként (inquiry based learning, IBL) utalnak rá.

A kutatásalapú tanulás egy aktív tanulási módszer. Lényege, hogy a tanuló egy kérdés megválaszolása érdekében valamilyen vizsgálatot végeznek, adatokat gyűjtenek és elemeznek, illetve következtetéseket vonnak le (Pedaste et al., 2015). Kisebb-nagyobb mértékben önállóan szervezik a tanulási folyamatot, így nagyobb felelősség hárul rájuk. Nemcsak tanulnak a tudományokról, hanem maguk is művelik azt. A lépések céljainak tudatosításával, a vizsgálatok átbeszélésével hitelesebb képet kaphatnak a tudomány természetéről (nature of science), illetve a tudásgyarapítás folyamatáról.

A kutatásalapú tanulást két tényező mentén érdemes vizsgálni: (1) milyen jellegű tevékenységekben vesznek részt a tanulók, (2) milyen mértékű a tanári támogatás. A tevékenységek között gyakran jelenik meg az információkeresés, a kísérletezés, a modellezés, a problémamegoldás, a tanórán kívüli tevékenységek (például múzeumlátogatás), illetve az eredmények valamilyen megjelenítése (például jegyzőkönyv, beszámoló, előadás, plakát stb.). A tanári támogatás mértéke szerint megkülönböztethetünk strukturált kutatást (structured inquiry), melyben a diákok csak az adatgyűjtést és az elemzést végzik önállóan; vezetett kutatást (guided inquiry), amelyben a témaválasztáson és a problémafelvetésen kívül minden egyéb tevékenységet a diákok hajtanak végre, illetve nyitott kutatást (open inquiry), amely során a témaválasztás és a problémafelvetés is a tanulóktól ered (Nagy, 2010). Érdemes hangsúlyozni, hogy az utóbbi két esetben sincsenek a diákok magukra hagyva. Az adekvát tanári támogatásnak nagyon fontos szerepe van (a területről részletes áttekintést nyújt Lazonder–Harmsen,

2016). A folyamatot a pedagógus felügyeli, kíséri, elakadás esetén segítséget nyújt, az összefoglalás során pontosítja a fogalomhasználatot, kiemeli a legfontosabb összefüggéseket, reflexióra sarkall, tudatosítja a lépéseket, eloszlatja a tévképzeteket.

Láthatjuk tehát, hogy a kutatásalapú tanulás során a tanári szerepkör is változik, hiszen az ismeretátadás helyett a tanulási környezet előkészítése és a folyamat menedzselése, támogatása válik elsődlegessé. Ez a feladat első ránézésre korántsem egyszerű, és bizonyos fokú nyitottságot, elszántságot igényel a tanárok részéről. Több vizsgálat mutatott rá arra, hogy a tanárok felkészültsége, a kutatásalapú tanulással kapcsolatos tapasztalata és nézetei nagymértékben befolyásolják a tanulás sikerességét (például Roehrig–Luft, 2004; Fogleman et al., 2011). Nagy szükség van tehát arra, hogy a tanárképzés és a tanártovábbképzés során a gyakorlatban is megismertessük ezt a módszert.

A kutatásalapú tanulás színesebbé, érdekesebbé teheti a természettudományos órákat, növelve ezzel a tanulók érdeklődését, tantárgyi motivációját (Potvin–Hassni, 2014). Mindemellett eredményesen fejlesztheti a tanulók tárgyi tudását, kutatási készségeit, a tudomány működéséről alkotott nézeteit (például Wilson et al., 2010; Minner et al., 2010), és hozzájárul az összefüggések mélyebb megértéséhez. A csoportos tanuláson keresztül fejleszti a kommunikációt, az érveléstechnikát, a problémamegoldást és a kritikai gondolkodást. A metakogníció reflexióval történő fejlesztésével, illetve megfelelő támogatással a kutatásalapú tanulás a fiatalabb vagy a gyengébben teljesítő tanulók számára is hasznossá válik (White–Frederiksen, 2000).

A módszer megannyi előnye ellenére mégsem mondható népszerűnek a hazai gyakorlatban. Nehezíti alkalmazásának terjedését, hogy meglehetősen eszköz- és időigényes, alapos előkészítést igényel, ugyanakkor hatása nem érzékelhető azonnal. Mivel a kerettantervek, illetve az érettségi követelmények továbbra is főként az ismeretekre helyezik a hangsúlyt, így a tanárok kárba vesztett időnek élik meg az ilyen jellegű foglalkozásokat.

A TANULÓK KÖZÖTTI KÜLÖNBSEGEK KEZELÉSE

A természettudományos nevelés során egy mindenki számára hasznosítható alpműveltség kialakítása a cél. Fontos, hogy a kiemelt figyelmet igénylő tanulók (tanulási nehézséggel, akadályozottsággal rendelkező; tehetséges) is egyenlő eséllyel részesülhessenek ebből. Ezt a szemléletet tükrözi az Egyesült Államokban bevezetett *Science for All*, illetve az *All Standards, All Students* (NGSS, 2013) program.

A különbségek figyelembevételének alapvetően két módja van: (1) akkomodáció, melynek lényege, hogy a tartalmi vagy teljesítménybeli elvárásokat (kö-

vetelményeket) nem módosítják, viszont az alkalmazott módszereket a tanulók igényeihez szabják; (2) modifikáció, mely során a tartalmi és teljesítménybéli elvárásokat is átalakítják (Nolet–McLaughlin, 2000). Az utóbbi hatékonyabbá tehető, ha az érintett diákokat és a szülőket is bevonjuk a fejlesztési terv elkészítésébe (Booth–Ainscow, 1998). Gyakran előfordul az is, hogy a mérési-értékelési módszereket is át kell alakítani. Szükség lehet például a feladatok elrendezésének, megjelenítésének módosítására, a felolvasásra, a jelnyelv alkalmazására, hosszabb kitöltési idő biztosítására vagy alternatív értékelési módszerek használatára is.

A kiemelt figyelmet igénylő tanulók fejlesztésének hatékony formája lehet az inklúzió, melynek lényege, hogy ezek a diákok a tipikusan fejlődő társaikkal közösen vesznek részt az oktatásban, egy iskolába, egy osztályba járnak. Kutatások rámutattak arra, hogy ez mindkét fél számára gyümölcsöző (például Lipsky–Gartner, 1998). A természettudományok tanításán keresztül megannyi lehetőség nyílik a diákok gondolkodásának fejlesztésére (Csapó, 2003). J. Randy McGinnis (2000) kutatásából kiderül, hogy az inklúziót preferáló tanárok kifejezetten alkalmas terepnek vélik a természettudományokat a gyerekek fejlesztésére, a gyakorlatias jellegük és a társas tanulási lehetőségek miatt. Mégis sok általános és középiskolai tanár esik kétségbe, ha tanulási nehézséggel küzdő diákoknak kell természettudományt tanítania (Norman et al., 1998), aminek egyik magyarázata az lehet, hogy kevés tapasztalattal és háttértudással rendelkeznek ezen a területen. Például Sami Kahn és Anna Lewis (2013) kimutatta, hogy az Egyesült Államokban megkérdezett 855 tanár harmada semmilyen képzésben nem részesült a tanulási nehézségekkel rendelkező tanulókat illetően.

A tanulási nehézséggel küzdő tanulók természettudományos műveltségének fejlesztését számos tényező befolyásolja. A hatékonyság növelése érdekében a tanárok együttműködésére van szükség. Ennek egyik ígéretes módszere a közös tanítás (co-teaching), mely során a szaktanár és a gyógypedagógus közösen tervez, és együtt foglalkozik a diákokkal a tanórán. Nagy szerepe van az osztálytermi légkörnek és az alkalmazott tanulási módszereknek is. Michalinos Zembylas és Lynn Isenbarger (2002) kutatási eredményei kiemelik, hogy az aktív tanulási módszerek alkalmazása és az elfogadó, gondoskodó tanári jelenlét pozitívan befolyásolják a tanulási nehézségekkel rendelkező tanulók fejlődését.

A tanulmányban a természettudományos kutatások néhány területét érintettük. Az áttekintés azonban korántsem teljes, hiszen a természettudományos nevelés az iskolai tanításhoz kapcsolódó kutatómunka egyik legfontosabb, leggyorsabban fejlődő területe. További fontos, de itt nem elemzett kutatási területek például a tanulók tudásának értékelése, a rendszerszintű nemzetközi vizsgálatok, a pedagógusok, tanárjelöltek tudásának, kompetenciáinak, meggyőződéseinek vizsgálata vagy a tanárképzés, tanártovábbképzés kérdései.

IRODALOM

- Adey, P. – Csapó, B. (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó B.–Szabó G. (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 17–58. <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/6058/1/1852761.pdf>
- Amin, T. G. – Smith, C. L. – Wisner, M. (2014): Students Conceptions and Conceptual Change: Three Overlapping Phases of Research. In: Lederman, N. G. – Abell, S. K. (eds.): *Handbook of Research on Science Education*. Vol. II. New York: Routledge, 57–81. https://www.researchgate.net/publication/264713095_Student_Conceptions_and_Conceptual_Change_Three_Overlapping_Phases_of_Research
- Booth, T. – Ainscow, M. (eds.) (1998): *From Them to Us: An International Study of Inclusion in Education*. London: Routledge
- Bybee, R. W. (2000): Teaching Science as Inquiry. In: Minstrell, J. – van Zee, E. H. (eds.): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 21–46. https://us.corwin.com/sites/default/files/upm-binaries/36904_Chapter_1__Teaching_Science_as_Inquiry.pdf
- Carey, S. (1985): *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press
- Csapó B. (2003): *A képességek fejlődése és iskolai fejlesztése*. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Csapó B. – Csikos Cs. – Korom E. (2016): Értékelés a kutatásalapú természettudomány-tanulásban: a SAILS projekt. *Iskolakultúra*, 26, 3, 3–16. DOI: 10.17543/ISKKULT.2016.3.3, <http://real.mtak.hu/34992/>
- Dunbar, K. – Fugelsang, J. (2005): Scientific Thinking and Reasoning. In: Holyoak, K. J. – Morrison, R. G. (eds.): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 705–725. https://www.researchgate.net/publication/285936617_Scientific_Thinking_and_Reasoning
- Eberhardt, F. – Scheines, R. (2007): Interventions and Causal Inference. *Philosophy of Science*, 74, 981–995. http://www.its.caltech.edu/~fehardt/papers/ES_draftPSA2006.pdf
- Fogleman, J. – McNeill, K. L. – Krajcik, J. (2011): Examining the Effect of Teachers' Adaptations of a Middle School Science-oriented Curriculum on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 2, 149–169. DOI: 10.1002/tea.20399, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20399>
- Gilbert, J. K. (2010): Preface. In: Phillips, L. M. – Norris, S. P. – Macnab, J. S. (eds.): *Visualization in Mathematics, Reading, and Science Education*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, v–vii. DOI: 10.1007/978-90-481-8816-1, https://www.researchgate.net/publication/264929808_Visualization_in_Mathematics_Reading_and_Science_Education
- Gopnik, A. (2012): Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337, 1623–1627. DOI: 10.1126/science.1223416, <https://bit.ly/2K4XshM>
- Gopnik, A. – Wellman, H. M. (2012): Reconstructing Constructivism: Causal Models, Bayesian Learning Mechanisms and the Theory Theory. *Psychological Bulletin*, 138, 6, 1085–1108. DOI: 10.1037/a0028044, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3422420/>
- Griffiths, T. L. – Chater, N. – Kemp, C. et al. (2010): Probabilistic Models of Cognition: Exploring Representations and Inductive Biases. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 8, 357–364. DOI: 10.1016/j.tics.2010.05.004, https://www.researchgate.net/publication/44798533_Probabilistic_models_of_cognition_Exploring_representations_and_inductive_biases
- Harlen, W. (ed.) (2010): *Principle and Big Ideas of Science Education*. Hatfield, UK: Association for Science Education, <https://www.ase.org.uk/bigideas>

- Kahn, S. – Lewis, A. R. (2013): *Survey on Teaching Science to K–12 Students with Disabilities: Teacher Preparedness and Attitudes*. Paper presented at the annual meeting of the Association for Science Teacher Education, Charleston, SC DOI: 10.1007/s10972-014-9406-z, https://www.researchgate.net/publication/272504807_Survey_on_Teaching_Science_to_K-12_Students_with_Disabilities_Teacher_Preparedness_and_Attitudes
- Koerber, S. – Sodian, B. – Thoermer, C. et al. (2005): Scientific Reasoning in Young Children: Preschoolers' Ability to Evaluate Covariation Evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64, 141–152. https://www.researchgate.net/publication/232418299_Scientific_Reasoning_in_Young_Children_Preschoolers'_Ability_to_Evaluate_Covariation_Evidence
- Korom E. (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Budapest: Műszaki Kiadó
- Kuhn, D. (2002): What Is Scientific Thinking and How Does It Develop? In: Goswami, U. (ed.): *Handbook of Childhood Cognitive Development*. Oxford: Blackwell, 371–393. https://www.tc.columbia.edu/faculty/dk100/faculty-profile/files/10_whatisscientifichinkingandhowdoesitdevelop.pdf
- Lazonder, A. W. – Harmsen, R. (2016): Meta-analysis of Inquiry-based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86, 3, 681–718. DOI: 10.3102/0034654315627366, https://www.researchgate.net/publication/293193229_Meta-Analysis_of_Inquiry-Based_Learning_Effects_of_Guidance
- Lipsky, D. K. – Gartner, A. (1998): Taking Inclusion into the Future. *Educational Leadership*, 56, 2, 78–82.
- Mayer, D. – Sodian, B. – Koerber, S. et al. (2014): Scientific Reasoning in Elementary School Children: Assessment and Relations with Cognitive Abilities. *Learning and Instruction*, 29, 43–55. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.07.005, https://www.researchgate.net/publication/259137990_Scientific_reasoning_in_elementary_school_children_Assessment_and_relations_with_cognitive_abilities
- McGinnis, J. R. (2000): Teaching Science as Inquiry for Students with Disabilities. In: J. Minstrell, J. – van Zee, E. H. (eds.): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 425–433.
- Minner, D. D. – Levy, A. J. – Century, J. (2010): Inquiry-based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496. <https://bit.ly/2Cv8DfO>
- Nagy L. (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20, 12, 31–51. <http://real.mtak.hu/57868/>
- NGSS – Next Generation Science Standards (2013): *Diversity and Equity in the Next Generation Science Standards: "All Standards, All Students."* www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Appendix%20D%20Diversity%20and%20Equity%20-%20204.9.13.pdf
- Nolet, V. – McLaughlin, M. J. (2000): *Assessing the General Curriculum: Including Students with Disabilities in Standards-based Reform*. Thousand Oaks, CA.: Corwin Press, DOI: 10.4135/9781483329253, https://www.researchgate.net/publication/292655131_Assessing_the_general_curriculum_including_students_with_disabilities_in_standards-based_reform
- Norman, K. – Caseau, D. – Stefanich, G. (1998): Teaching Students with Disabilities in Inclusive Science Classrooms: Survey Results. *Science Education*, 82, 127–146. DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(199804)82:23.0.CO;2-G, https://www.researchgate.net/publication/228386241_Teaching_students_with_disabilities_in_inclusive_science_classrooms_Survey_results
- NRC – National Research Council (2012): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press, <http://smdepo.org/download/228417075fe45>

- Osborne, J. – Simon, S. – Collins, S. (2003): Attitudes towards Science: A Review of the Literature and Its Implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049–1079. DOI: 10.1080/0950069032000032199, <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0950069032000032199?needAccess=true>
- Pedaste, M. – Mäeots, M. – Siiman, L. A. et al. (2015): Phases of Inquiry-based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>
- Potvin, P. – Hasni, A. (2014): Interest, Motivation and Attitude towards Science and Technology at K-12 Levels: A Systematic Review of 12 Years of Educational Research. *Studies in Science Education*, 50, 1, 85–129. DOI: 10.1080/03057267.2014.881626, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03057267.2014.881626>
- Roebrig, G. H. – Luft, J. (2004): Constraints Experienced by Beginning Secondary Science Teachers in Implementing Scientific Inquiry Lessons. *International Journal of Science Education*, 26, 1, 3–24. DOI: 10.1080/0950069022000070261
- Ruffman, T. – Perner, J. – Olson, D. R. et al. (1993): Reflecting on Scientific Thinking: Children's Understanding of the Hypothesis-evidence Relation. *Child Development*, 64, 1617–1636. DOI: 10.1111/j.1467-8624.1993.tb04203.x, https://www.jstor.org/stable/1131459?seq=1#page_scan_tab_contents
- Treagust, D. F. – Tsui, C.-Y. (2014): General Instructional Methods and Strategies. In: Lederman, N. G. – Abell, S. K. (eds.): *Handbook of Research on Science Education*. Vol. II. New York: Routledge, 303–320.
- Tytler, R. (2014): Attitudes, Identity, and Aspirations toward Science. In: Lederman, N. G. – Abell, S. K. (eds.): *Handbook of Research on Science Education*. Vol. II. New York: Routledge, 82–103.
- White, B. – Frederiksen, J. (2000): Metacognitive Facilitation: An Approach to Making Scientific Inquiry Accessible to All. In: Minstrell, J. – van Zee, E. H. (eds.): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 331–370. <http://thinkertools.org/Pages/paper.html>
- Wilson, C. D. – Taylor, J. A. – Kowalski, S. M. et al. (2010): The Relative Effects and Equity of Inquiry-based and Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 3, 276–301. DOI: 10.1002/tea.20329, <https://bit.ly/2CtrHej>
- Zembylas, M. – Isenbarger, L. (2002): Teaching Science to Students with Learning Disabilities: Subverting the Myths of Labeling through Teachers' Caring and Enthusiasm. *Research in Science Education*, 32, 1, 55–79. DOI: 10.1023/A:1015050706407, <https://bit.ly/2pNiqueu>
- Zimmerman, C. (2007): The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School. *Developmental Review*, 27, 2, 172–223. DOI: 10.1016/j.dr.2006.12.001, https://www.researchgate.net/publication/222697483_The_development_of_scientific_thinking_skills_in_elementary_and_middle_school