

**A fluidumok fizikájának alkalmazásai és környezeti szemlélet  
formálása a gimnáziumi fizikaoktatásban**

**Vörös Alpár István Vita**

**Témavezető: Dr. Tél Tamás, egyetemi tanár**

**Fizika Doktori Iskola**

**Vezető: Dr. Gubicza Jenő egyetemi tanár**

**Fizika Tanítása Doktori Program**

**Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár**



**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

**Természettudományi Kar**

**2019**

## Bevezetés

A folyadékok fizikája a középiskolai fizika tantervek egyik mostoha témaköre. Megvizsgálva különböző országok (Magyarország, Románia, Anglia, Németország, Franciaország) gimnáziumi fizika tantervét, azt a megállapítást tehetjük, hogy minden esetben a kötelező tananyag elsősorban a nyugalomban levő folyadékok kérdéskörének egyes jelenségeivel foglalkozik. Mindegyik országban tárgyalják a Pascal-törvényt, a hidrosztatikai nyomást, az ideális gáz törvényeit. Egyes országokban foglalkoznak a felületi feszültséggel és a kapilláris jelenségekkel (Anglia, Németország). A légköri áramlásokkal a diákok inkább csak a földrajzhoz kapcsolódóan találkoznak, a fizikai jelenségek magyarázatát általában mellőzve. A magyarországi tantervben két éve tanítják annak A és B változata szerint is a folyadékok dinamikáját. Az A változatban 8 órás keretben, míg a B változatban csak legfeljebb 1 órában a folyadékok és gázok mechanikája fejeztre szánt rész keretében. Nem része a tananyagnak egyik országban sem Bernoulli törvénye, a Magnus-hatás, az örvénylő folyadékok fizikája (Kármán-örvénysor, Kelvin-Helmholtz instabilitás). Mindezek ellenére a tananyag részeként szerepelnek sokkal bonyolultabb, a diákok számára nehezebb témakörök, így például Romániában és Németországban a káoszelmélet.

A diákok arra a kérdésre válaszolva, hogy milyen témakörökkel szeretnének találkozni a fizika tantárgy tanulása során, a csillagászat, nukleáris fizika mellett gyakran említik az energetikát és a légköri jelenségeket is. Ebből az érdeklődésből és a tantervek azon irányú nyitásából kiindulva, hogy a tanár számára bizonyos százalékban szabadságot ad a témakörök megválasztására, több módon is próbálom megismertetni diákjaimmal a környezetfizika és kiemelten az energiatermelés kérdéskörét, illetve a légköri áramlásokat. Doktori munkám során ennek lehetőségeit vizsgáltam meg, és erre vonatkozóan dolgoztam ki tanítási és iskolán kívüli módszereket, gyakorlatokat. Ezeket egy erdélyi magyar tannyelvű középiskolában alkalmaztam, ahol elsősorban reál érdeklődésű diákokat tanítok gimnáziumi szinten, a négy év során heti 12 órás kerettel, időszakosan kiegészítve egy tanévben heti egy órával, amelyet elsősorban a környezetfizika elemeinek oktatására fordítottam. A diákok átlagos képességűek, néhány kivételesen tehetséges diákkal, közülük évfolyamonként 1-2 a kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán folytatta tanulmányait.

## Célkitűzések

Doktori munkámnak fő célkitűzése volt a környezetfizika különböző témaköreinek (folyadékok fizikája, légkörfizika, energiatermelés) interaktív tárgyalása a középiskolai tanterv kiegészítéseként, és

ezáltal egy környezettudatos attitűd kialakítása diákjaimban. Ennek elérésére a következő részcélokat tűztem ki:

- iskolán kívüli alternatív tevékenységek (szabadulószoza, tudományos játszóház, környezetismereti vetélkedő) kidolgozása a folyadékok fizikájának és az energiatermelésnek a tárgyalására, felfedeztetésére
- az energiatermelés zöld lehetőségeinek elemzése
- az energia tudatos felhasználására való nevelés az ún. energia-vita által
- alternatív tananyag kidolgozása választható tantárgy számára
- a tudományos kutatás kihívásainak megszerettetése középiskolás diákokkal környezetfizikai kutatások révén.

## **Tézisek**

**1. Tézis: Szabadulószoza alkalmazása a fizika tanításában. Oktatásban alkalmazható szabadulószoza forgatókönyveket dolgoztam ki a folyadékok fizikája jelenségkörének kísérleti tanulmányozására. Ezeket elsőként iskolán kívüli tevékenységek keretében próbáltam ki.**

A szabadulószozák népszerűségének nagyon gyors elterjedésével világszerte gyorsan felfedezték, hogy az oktatásban is alkalmazható a módszer, amely a diákok érzelmi elköteleződését vonja maga után a tanulmányozott témakör iránt. Mivel még nem találkoztam a folyadékok fizikájára kidolgozott tevékenységgel, a témakör ismertetésére pedig kiváló módszernek találtam, így több feladat- és kísérletsort is kidolgoztam és kipróbáltam. Megmutattam, hogy a módszer alkalmazható tudományos játszóházi keretek között, ahol egy zárt szobában egyetlen csapat dolgozik, de táborban vagy más iskolán kívüli tevékenységen is, amikor ugyanazon feladatsort egy teremben több csapat végzi el.

A diákok rendelkeztek alapvető ismeretekkel a folyadékok mechanikájához kapcsolódóan, amelyeket alkalmazni tudtak a kísérletek elvégzésénél. A témakört érdekesnek, alaposabb tanulmányozásra is érdemesnek tartották.

Felmérések alapján igazoltam, hogy a tanulás hatékonyabb aktív tanulási stratégiák által, s a szabadulószozás foglalkozás egyike az ilyen stratégiáknak. A tevékenység alkalmas egy új fogalom, a felületi feszültség bevezetésére, az ezzel kapcsolatos jelenségek fenomenologikus tárgyalására.

A szabadulószozás tevékenységek által a tárgyi tudáson kívül olyan képességek is fejleszthetőek,

mint a komplex problémamegoldó, illetve kommunikációs (szociális) készség.

A tézishez kapcsolódó publikációk: [1.], [2.]

**2. Tézis: Különböző érdeklődési körű diákok és két tanítási rendszer összehasonlítása a folyadékok fizikája által. Az oktató szabadulószoza módszerét egy nehezebb fejezetre, a folyadékok áramlására vonatkozóan is kiterjesztettem tanórai alkalmazás céljából. A jelenségeket elsősorban fenomenologikusan közelítettem meg. A tesztelés során hat diákcsoporton végeztem el felmérést, mely a módszer eredményességét igazolta.**

A tanórai keretek között megszervezett szabadulószozát a gimnázium 9-11. osztályai számára dolgoztam ki, amelyben olyan jelenségeket vizsgálhatnak a diákok, mint a Bernoulli-törvény, a Cartesius-búvár, illetve a Kármán-örvénysor. Ez utóbbit többek között műholdas felvételek felhasználásával elemezték a diákok, így a nagy skálán lezajló légköri jelenséggel is találkozhattak.

A feladatsort három-három, különböző korosztályú és különböző fizika iránti elköteleződésű diákcsoport végezte el a budapesti Madách Gimnáziumban, illetve a kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Liceumban. A feladatsor elvégzéséhez kapcsolódóan a diákoknak nemstrukturált véleménynyilvántásra volt lehetőségük és egy tudástesztet töltöttek ki. Ezekből megállapítható, hogy a mindössze egy tanórás tevékenység során a diákok sok információt kaptak, a jelenségeket magas százalékarányban megértették. A két vizsgált gimnázium diákjai hasonlóan teljesítettek, nincs szignifikáns különbség egyik vizsgált csoport esetében sem. A humán osztályok esetében a természettudományok és konkrétan a fizika iránti érdeklődés hiányában nem mutatnak fejlődést a tudományos gondolkodásmódban. Reál érdeklődésű diákoknál a tantárgy iránti elköteleződés következtében a 11.-es diákoknál jelentősen nőtt a jelenségek alaposabb megértése.

A tézishez kapcsolódó publikáció: [3.], [10.]

**3. Tézis: Folyadékok fizikája és légkörfizika a tudományos játszóházakban. Elemeztem a tudományos játszóházakban alkalmazott, a folyadékok fizikájához és a légkörfizikához kapcsolódó kísérleteket és ezek hatékonyságát a bemutatás módozatától függően. A Kísérletszombat elnevezésű, egynapos fizika játszóház keretében kipróbáltam két kísérleti berendezést, amellyel több légkörfizikai jelenség modellezését is bemutattam. Javaslatot teszek ezen kísérleteknek állandó tudományos játszóházakban való kivitelezésére és bemutatására.**

A környezetfizikai jelenségek izgalmas kihívást jelentenek a diákoknak, melyek alkalmasak érdeklődésük felkeltésére. Megvizsgálva különböző helyszínek (Anglia, Olaszország, Németország, Spanyolország, Finnország, Hollandia, Magyarország) tudományos játszóházait, nagyon hasonló kísérleti berendezésekkel találkozunk és általában ugyanazon jelenségkör bemutatásával.

A tudományos játszóházak leggyakrabban a következő jelenségeket mutatják be: különböző alakú tárgyak aerodinamikája, a Bermuda-háromszög magyarázata, légköri örvények szemléltetése gömbfelületen, füstkarikák keletkezése, tsunami, légtölcsér kialakulása. Ritkább esetben találkozunk a légköri frontok bemutatására alkalmas eszközökkel is. A bemutatott kísérletek hatékonysága nagy mértékben függ a bemutatás módozatától.

Kidolgoztam három olyan kísérletet, amely interaktív módon bemutatható tudományos játszóházban, nem költségigényes, de az általam tanulmányozott egyik játszóházban sem találkozunk vele. Ezen kísérletek a szolitonhullámok és az időjárás frontok tanulmányozása hullámkádban, illetve a Kármán-örvénysor forgó lemezen elhelyezett hengeres edényben. Ezen kísérletekhez olyan mérési lehetőségeket dolgoztam ki, amelyek a látogató figyelmét hosszabb ideig lekötik és a mellékelt leírás, vagy adott esetben az animátor elősegíti a téma elmélyítését, megértését. A kísérleti berendezéseket kipróbáltuk a hagyományos Kísérletszombat rendezvényén a Babes-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán, amelyek nagy érdeklődést váltottak ki és a visszajelzések alapján a látogatók egyik kedvenc kísérlete volt.

A tézishoz kapcsolódó publikáció: [4.]

**4. Tézis: A zöld energiatermelés lehetőségeire vonatkozó összehasonlító számítások. Számbaveszem azon lehetőségeket, amelyek során az ember által termelt energia elektromos energiává alakítható. Egy tanórai kérdéssort készítettem, amely alkalmas a zöldkonditermek energiatermelésének elemzésére és a hagyományos energiatermelési módozatokkal való összehasonlításra.**

Egy két tanítási órát felölelő tanítási projekt keretében elemetük diákjaimmal azon környezeti feltételeket, ahol előnyös lehet az ember által termelt energiát elektromos energiává alakítani. A zöld konditermek megjelenése ugyanakkor felveti annak a kérdését, hogy ez a fajta energiaforrás megoldást jelenthet-e a társadalom energiaigényének részbeni fedezésére. Számításaink azt mutatják, hogy ez az energiamennyiség nagyon kicsi és nagy mennyiség előállításához költséges infrastruktúra kialakítása

lenne szükséges. Kimutattam, hogy a diákok ilyen módon jobban megismerik az energiatermeléshez kapcsolódó mértékegységeket, ezek alapján összehasonlításokat képesek végezni az egyes energiatermelési módozatok között. A foglalkozás elősegíti a tudatosabb energiafogyasztást.

A tézishoz kapcsolódó publikáció: [7.]

**5. Tézis: Panelvita az energiatermelésről az oktatásban. Kifejlesztettem ki egy sajátos energia-vita módszertant, amely által a diákok a különböző energiatermelési erőforrásokat és ezek környezetterhelő hatását elemzik. Az utóbbi években az energia-vitában résztvevő diákok a tevékenységsorozat végén attitűdfelmérő adatlapot töltöttek ki, amellyel ellenőriztem a módszer hatékonyságát.**

Megalkottam egy saját módszert az energiatermelés tárgyalására: az energia panelvitát. Ez egy olyan szerepjátékot feltételező oktatási módszer, amely során a diákok megismerik az energiatermelés különböző ágazatait, az egyes energiaforrásokat és elemzik ezeknek környezeti hatásait. A modern társadalom egyik fő problémája az energiafogyasztás növekedésével, hogy az energiatermelés hogyan tehető környezetkímélőbbé. Az energia panelvita módszerének kialakításában a disputa program egyes elemeit használtam fel. Fontosnak tartom, hogy a környezeti problémák megvitatása esetén a diák saját életkörnyezetéhez kapcsolódó konkrét információk elemzése alapján jusson el egy általa megfogalmazott következtetésre. Ezt a célt a vita témakörének megválasztása által oldom meg: Erdély energiastratégiájának megvitatása a következő 25 évre vonatkozóan. Célom ugyanakkor az volt, hogy az energiatermeléssel kapcsolatos tévhitek, esetleges áltudományos információk kiszűrésére is képesek legyenek diákjaim. Felmértem egy reprezentatív középiskolai mintán a 9-11. osztályos diákok energiaforrásokkal és termeléssel kapcsolatos ismereteit, elemeztem a bennük kialakult tévhiteket. A módszert elsősorban a felsőbb évfolyamokra (11. és 12.) vonatkozóan dolgoztam ki, hiszen fontosnak tartom, hogy a diákok tudjanak rendszerszintű összefüggéseket teremteni a megszerzett információk között.

A vita lezárásaként a diákok kifejtik véleményüket arról, hogy a különböző energiaforrások milyen százalékos leosztását tartanák elfogadhatónak és maximum 25 éves távlatban megvalósíthatónak Erdélyben. Több évfolyammal elvégzett energiavita adatainak elemzése, illetve egy kontrollcsoport segítségével kimutattam, hogy a módszer által sikerül az egyes tévhiteket ledönteni és a diákokban egy realisabb képet kialakítani az energiatermelés megújuló forrásokra való átállásának nehézségeiről, következményeiről. Kiemelten figyeltem a diákok atomenergiához fűződő attitűdjének változását. A

kontrollcsoporttal való összehasonlítás alapján kijelenthető, hogy jelentős elmozdulás történt az atomenergia elfogadása irányába az energiavita foglalkozásoknak köszönhetően.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [5.], [6.], [8.]

**6. Tézis: Tehetségazonosítás környezetismereti vetélkedő által. Léggöri jelenségeket és a folyadékok fizikájával kapcsolatos fogalmakat egy környezetismereti vetélkedő keretében, empirikus megközelítéssel ismerttettem meg a résztvevő diákokkal, s kimutattam, hogy ennek során a tehetséges diákok jól azonosíthatók.**

A diákok környezettudatos attitűdjének kialakításában kiemelten fontosnak tartom a közvetlen megtapasztalás lehetőségét, olyan kísérletek által, amelyeket kint a szabadban végeznek el. Ennek elérésére 1999-től kezdődően egy környezetismereti vetélkedő szervezésében veszek részt. A vetélkedő szervezésének módszertanát részletesen leírtuk egy saját kiadványban, amely minden érdeklődő számára elérhető. Egy kezdeményezés alapján Debrecenben is bevezetik ezt az általunk kitalált versenymódszertant.

A vetélkedő során megismert jelenségek között kiemelt szerepet töltenek be a léggöri jelenségek, valamint a folyóvizeink tanulmányozása. Elemeztem egyes kísérleti feladatok hatékonyságát (patak áramlási sebességének mérése, vízhozam meghatározása, illetve két földrajzi pont közötti szintkülönbség mérése barométer segítségével). Azt tapasztaltam, hogy a vetélkedő keretében a diákok előnyben részesítették a terepen elvégzendő kísérleti feladatokat az elméleti számításos feladatokhoz képest.

A tézishoz kapcsolódó publikációk: [8.], [9.]

**7. Tézis: Tehettség gondozás diákkutató projektek által. A diákok kreativitásának fejlesztése és a fizika iránti elköteleződése egyik fontos eszközének tartom a kutatási projektekre való bevonásukat, olyan jelenségek tanulmányozására, amelyek számukra életközeli, vagy kihívást jelentenek. Az ilyen témájú kutatás akár interdiszciplináris projektként is felfogható, hisz egy bonyolult rendszer láthatólag egyszerű leírásáról van szó, amely számítógépes szimuláció készítését teszi szükségessé.**

Az elmúlt években több kiváló lehetőség (Tudományos Diákkörök Országos Konferenciája – TUDOK, Természet Világa folyóirat Természet – Tudomány diákpályázata, Ifjúsági Tudományos és

Innovációs Verseny, Országos Tudományos és Technikai Diákalkotó Kiállítás – OTTDK, International Conference for Young Scientists – ICYS) adódott arra, hogy középiskolás diákok is bemutathassák kutatási eredményeiket és ezekre való felkészülés által fejlesszék gyakorlati készségeiket. Ezen lehetőségeket kihasználva készítettem fel az elmúlt mintegy 15 évben 16 diákot különböző, a környezetfizikához kapcsolódó témakörben. A diákok kutatói hajlamának felfedezése elsősorban a diákok kísérleti tevékenységekben való pontos és lelkes munkája, a tananyaghoz kapcsolódóan feltett kérdéseinek minősége, illetve a kitartó munkabírása alapján történik. A témaválasztásnál kiemelten fontosnak bizonyult, hogy a diákok a saját környezetükhöz, mindennapi tapasztalataikhoz közelálló témát kapjanak, amely iránti elköteleződésük erősebb lehet. Megmutattam, hogy az erre alkalmas témák: a fiatalok zenehallgatási szokásából adódó hallásromlás, lakó- és iskolaépületek hőkomfortja, tantermek porszennyezése, de olyan modern környezetkímélő technológiai fejlesztések is, mint a légpárnás járművek, a mágneses leviációs vonatok, illetve környezetfizikai jelenségek, mint a napállandó mérése és a szolitonhullámok terjedésének tanulmányozása. A kutatódiák projektekhez kidolgoztam egy módszertani programot, amely elősegíti a kutatás módszertanának elsajátítását. Kiderült, hogy ezen projektek egyértelműen befolyásolták a diákok pályaválasztását.

A téziszhez kapcsolódó publikáció: [8.]

**8. Tézis: Új környezetfizika és -földrajz tantárgy elemei. A diákok fizikaismereteinek kiterjesztésére egy választható tantárgy tanmenetét dolgoztam ki, amely által a diákokat kiemelten érdeklő környezetfizikai jelenségeket interaktív módszerek alkalmazásával közelítjük meg. A tanmenetet hasonló tanmenetek és a diákok visszajelzései alapján fejlesztettem ki.**

Bár a fizika tantárgyhoz kapcsolódóan csak ritkán foglalkozhatunk környezetfizikai jelenségekkel, a diákok véleményének felmérése alapján ez az egyik legkedveltebb témakör, amellyel a tanterv kiegészítéseként szeretnének megismerkedni. Ezért dolgoztam ki egy 35 tanórás Környezetfizika és –földrajz tantárgy tanmenetét a 11. osztály számára. A tantárgy felöleli a légköri jelenségeket (Coriolis-hatás, Hadley-cellák, futóáramlat, hideg- és melegfront, fénytani jelenségek a légkörben), a környezetszennyezést, az ökológiai lábnyomot, a napállandót, az energiaforrások típusait, az energiatermelés elemzését. A tantárgy célja a fizikatanítás kérdésköreit kibővíteni olyan átfogó témákkal, amelyek során a fizika különböző fejezeteit egyidejűleg kell alkalmazni a diákok, elősegítve a diákok környezettudatos attitűdjének alakítását, illetve az energiatermelés környezeti hatásainak megismertetését. A tantárgy során előtérbe helyeztem a kutatásalapú oktatási formát (IBL), amelyben a



diákok a fenti témaköröket egyéni vagy csoportos munkában ismerhetik meg és mutathatják be társaiknak. A tantárgy egyik része az energiavita, amelyet részletesen az ötödik tézisben mutatok be.

Jelen tézishez kapcsolódó publikációk: [6.], [8.]

## **Az eredmények hasznosulása, további tervek**

A fentiekben röviden, a doktori dolgozatomban és publikációimban részletesen is bemutatott eredmények által sikerült pár lehetőséget bemutatni a fluidumok fizikája és energetika témaköreinek gimnáziumi megközelítésére, tanórai vagy iskolán kívüli tevékenységek keretében. Az itt szereplő módszereket, feladatlapokat, diákkutató szakkörök és természetismereti vetélkedők programjait éveken át tartó munkával dolgoztam ki, majd fejlesztettem, javítottam a tapasztalatok alapján. A dolgozatban leírt módszereket a gyakorlatban többször kipróbáltam diákokkal, sikerrel alkalmazom más iskolákban és városi rendezvényeken is. Tapasztalatom szerint a diákok ezen módszerek, tevékenységek által a fizikai jelenségeket jobban kötik a mindennapi élethez. Ugyanakkor tudományos világnézetük formálásában jelentős szerepet játszik a környezetfizikai jelenségek behatóbb megismerése. Ezáltal egy környezettudatosabb attitűd kialakulása érhető el. A diákkutató körben résztvevő diákok jelentős része műszaki-természettudományos pályát választott.

Szaktudományi kutatásaimat a jövőben is folytatni szeretném. A szabadulósobás tevékenységeket a fizika hagyományos témaköreire vonatkozóan is szeretném kidolgozni és készítenék egy összehasonlító tanulmányt a hagyományos módszerekkel szembeni hatékonyságával kapcsolatosan. A tervezett kolozsvári tudományos játszóház megvalósulása esetén a Kísérletszombaton bemutatott, a folyadékok áramlásával kapcsolatos kísérleti eszközöket szeretném a gyakorlatba ültetni és olyan formára fejleszteni, hogy a látogatók számára igazi kísérleti élményt és maradandó tudást nyújtsanak. A reményeink szerint rövidesen lazuló tantervi kötöttségek lehetővé tehetik a környezetfizika tanmenet kibővítését, annak szélesebb, akár országos szinten történő elismertetését, hogy ezáltal is közkinccsé váljon ez a tapasztalat.

## A tézisek alapjául szolgáló publikációk az említés sorrendjében:

1. **Vörös Alpár István Vita**, Sárközi Zsuzsa (2017) Physics escape room as an educational tool. *AIP Conference Proceedings*, 1916. 050002. 10.1063/1.5017455., 050002-pag. 1-6.
2. **Vörös Alpár István Vita** (2019) Szabadulósobák a folyadékok fizikájának tanulmányozására, *Fizikai Szemle*, LXIX, 2., pag. 58-63. oldal
3. Fülöp Csilla, **Vörös Alpár István Vita**, Sárközi Zsuzsa (2019) Fluid Dynamics Knowledge Comparison of Students with Different Educational Background, *AIP Conference Proceedings*, beküldve 2019. szeptember
4. **Vörös Alpár István Vita**, Sárközi Zsuzsa: (2016) Promoting Environmental Physics Issues in Science Centres and at Science-Events, *Teaching Physics Innovatively New Learning Environments and Methods in Physics Education, Proceedings of the International Conference Teaching Physics Innovatively (TPI-15)*, Szerk: Király Andrea, Tél Tamás, Graduate School for Physics, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, ISBN 978-963-284-815-0, pag. 79-84.
5. **Vörös Alpár István Vita** (2019) Panel-debate on Energy Production in High School Physics Teaching, *Canadian Journal of Physics*, special issue dedicated to Li-Hong Xu, beküldve 2019. július
6. **Vörös Alpár István Vita** (2019) Outcomes of an Optional Environmental Physics Course in High School, *AIP Conference Proceedings*, beküldve 2019. szeptember

## Korábbi publikációk a tézisek témáiban:

7. **Vörös Alpár István Vita**, Sárközi Zsuzsa (2013) Sok kicsi sokra megy?, *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban konferenciakötet*, Szerk.: Juhász András, Tél Tamás, ELTE, Fizika Doktori Iskola, Budapest, ISBN 978-963-284-346-9, pag. 241-246.
8. **Vörös Alpár István Vita** (2010) A környezeti nevelés lehetőségei a fizika oktatásában, *Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen konferenciakötet*, Szerk.: Juhász András, Tél Tamás, ELTE, Fizika Doktori Iskola, ISBN 978-963-284-150-2, pag. 215-220.
9. **Vörös Alpár István Vita**, Fehér Judit, Irsai Mónika, Gottwald Márta, Kósa Mária (2015) „Fűért, fáért halljátok hát szavam...” *Xantus vetélkedő módszertani útmutató*, Exit, Kolozsvár, ISBN 978-973-0-19571-2, pag. 7-23, 63-71

## **A témához kapcsolódó nem referált publikációk:**

10. **Vörös Alpár István Vita** (2019) Educational Escape Rooms for Physics of Fluids, GIREP-ICPE-EPEC-MPTL Conference 2019, Programme and Book of Abstracts, Budapest, 1-5 July 2019, pag. 618-619. (2. tézis)
11. **Vörös Alpár István Vita**, Biró Botond, Bartha Vivien Emőke (2014) Ismert fizikai rendszerek számítógépes szimulálása, *A kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Liceum Évkönyve 2013-2014*, Exit, Kolozsvár, ISSN 2343-9165, pag. 54-62. (7. tézis)
12. **Vörös Alpár István Vita**, Fehér Judit, Pilbák Enikő, Bárdos László (2010) Suntem conștienți de problemele mediului, deci ne pasă, In: *CO2nnect, CO<sub>2</sub> în drum spre școală*, Szerk.: Tóth Mária, Stúdium, Kolozsvár, ISBN 978-973-643-176-0, pp. 89-96. (8. tézis)

## **A tézisekhez kapcsolódó előadások konferenciákon:**

1. **Vörös Alpár István Vita:** A környezetfizika gyakorlatban: környezetismereti vetélkedők és diákkutatási témák, Nyíregyháza, 2009. (6. és 7. tézis)
2. **Vörös Alpár István Vita:** Környezeti nevelés az Apáczai Líceumban, *Jó gyakorlatok az erdélyi református líceumok tehetséggondozásában*, Debrecen, 2017. március 25. (7. tézis)
3. **Vörös Alpár István Vita:** A szabadulószoza, mint oktatási módszer, *Erdélyi fizikatanári Ankét*, Sztána, 2017. szeptember 29.-október 1. (1. tézis)
4. **Vörös Alpár István Vita:** Az energiavita, *Erdélyi fizikatanári Ankét*, Sztána, 2018. szeptember 28.-30. (5. tézis)
5. **Vörös Alpár István Vita:** Vortex streets made visible in classroom or hands-on activities, *2<sup>nd</sup> Physics Education for the 21<sup>st</sup> Century Conference*, Institute of Physics, London, 2019. március 8-9. (4. tézis)

## **A tézisekhez kapcsolódó kiemelt szakirodalom**

1. Feynman, R.P.; Leighton, R.B.; Sands, M. (1986) *Mai fizika*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 7, pag. 190-196.
2. Jánosi Imre, Tél Tamás (2012) Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába: Légköri, óceáni folyamatok és éghajlati hatásaik, Typotex, Budapest
3. Kiss Ádám, Tasnádi Péter (2012) Környezetfizika, Typotex, Budapest
4. Szerk. Soós Katalin (2016) Környezetfizika, *Szegedi Egyetemi Kiadó*, Szeged