

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

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

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék.....	3
1. Bevezetés	6
2. Szabadulósobák a folyadékok fizikájának tanulmányozására	8
2.1. Hogyan működnek a szabadulósobák?.....	8
2.2. Szabadulósobák az oktatásban	9
2.3. A fizikus szabadulósobák tervezése.....	11
2.3.1. A kerettörténet.....	13
2.3.2. Az első feladatsor	14
2.3.3. A második feladatsor	19
2.4. Kiértékelés, tapasztalatok	23
2.4.1. Az első feladatsor tapasztalatai.....	23
2.4.2. A második feladatsor tapasztalatai	25
2.5. Összegzés.....	30
Irodalomjegyzék	30
3. Folyadékok fizikája és légkörfizika a tudományos játszóházakban	33
3.1. Tanulás a tudományos játszóházakban.....	33
3.2. Fluidumok dinamikája és légkörfizika a tudományos játszóházakban.....	34
3.3. Áramlástani kísérletek az EmpirX Egyesület által szervezett Kísérletszombaton	36
3.3.1. Füstkarikák	38
3.3.2. Szolitonhullámok és időjárási frontok.....	39
3.3.3. Kármán-féle örvénysorok	40
3.3.4. Kármán-féle örvénysorok alkalmazása tanórán.....	42
3.4. Összegzés.....	43

Irodalomjegyzék	44
4. Energiatermelés tanulmányozása a középiskolában	46
4.1. Bevezetés.....	46
4.2. A zöld energiatermelés lehetőségei	48
4.2.1. Emberi energia régen	48
4.2.2. Emberi energia napjainkban.....	49
4.2.3. Mire elegendő a zöld konditermek által termelt energia?	53
4.3. Panelvita az energiatermelésről középiskolában	57
4.3.1. A kutatás céljai	57
4.3.2. Az energia-vita módszere	57
4.3.3. Az energia-vita módszerének kiértékelése.....	63
4.4. Általános tudásszint felmérés az energiaforrások és energiatermelés témakörében.....	66
4.4.1. A felmérés tesztalanyai	66
4.4.2. A felmérés módszertana	67
4.4.3. Eredmények.....	68
4.5. Összegzés.....	75
Irodalomjegyzék	76
5. Tehetségazonosítás és tehetséggondozás alternatív lehetőségei.....	81
5.1. Tehetséggondozás a fizikában.....	81
5.2. Tehetségazonosítás környezetismereti vetélkedő által	82
5.2.1. A vetélkedő szervezési kerete.	84
5.2.2. A folyadékmechanika témaköréhez kapcsolódó kísérleti és elméleti feladatok.	87
5.2.3. Az energiatermelés következményeit vizsgáló feladatok.	89
5.3. Tehetséggondozás diákkutató projektek által	91
5.4. Összegzés.....	95

Irodalomjegyzék	95
6. Új környezetfizika és -földrajz tantárgy elemei.....	97
6.1. A környezeti nevelés	97
6.2. Környezetfizika, mint választható tantárgy.....	98
6.3. Hogyan tanítsunk? A projektorientált oktatás	99
6.4. Mit tanítsunk? A kialakítandó kulcsfogalmak.....	101
6.5. Összegzés.....	105
Irodalomjegyzék	105
Összefoglaló	108
Summary	110
Köszönetnyilvánítás	111
Mellékletek.....	113

1. BEVEZETÉS

„only a crisis, real or perceived, produces real change, and when that crisis hits, the change that occurs depends on the ideas that are lying around”

Milton Friedman (1912-2006)

A környezeti fizika kérdései érdekesek lehetnek a diákok számára, de ezek a témák csak ritkán szerepelnek az iskolai tantervben. Jelen dolgozatban két témakör középiskolai feldolgozására fordítottam figyelmemet: a fluidumok fizikája, ezen belül kiemelten a folyadékok áramlása, illetve az energiaforrások és energiatermelés kérdésköre. Mindkét témakörrel elmondható, hogy csak nagyon kis óraszám van jelen a fizika tantervekben. A folyadékok áramlásának kérdésköre a romániai tantervekből teljesen hiányzik, míg a 2016-2017-es tanévtől alkalmazásban levő magyarországi gimnáziumi tantervek (51/2012 számú EMMI rendelet 3. melléklet) közül csak az A változat tartalmazza, amelynek újszerűsége dicsérendő, de sajnos a tapasztalatok szerint kevesebben alkalmazzák, mint a hagyományosabb felépítésű B változatot. Az elektromos energiatermelés kérdéskörét a fentiekben említett egyik tanterv sem tárgyalja.

A fizika tanulásában a tanórai elsajátítása mellett fontos szerepe van a tanórán kívüli oktatási formáknak. Ezek szólhatnak széles körben a természettudományok iránt érdeklődők számára, mint a tudományos játszóházak, tanulmányi versenyek vagy iskolai tematikus hetek. Ezen rendezvényeknek egyben tehetségazonosító szerepük is van. Másrészt a fizikában tehetséges diákok kiemelt csoportjának szóló programok lehetnek, mint a tudományos diákköri kutatókörök, illetve táborok. Mindezekre mutatok példákat saját tapasztalatomból az előbbieken említett két témakörhöz kapcsolódóan.

A dolgozatban a kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceumban diákjaimmal szerzett tapasztalataimat mutatom be, illetve a regionális szintű Xantus János Környezetismereti Vetélkedő tapasztalatait és az Empirix Egyesület szervezésében a Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán szervezett Kísérletszombaton általam bemutatott kísérleteket, illetve szabadulósorozat tevékenységeket.

Az itt bemutatott tevékenységek esetében az alábbi alapelveket követtem:

- a környezettudatos attitűd formálása különböző környezeti nevelési módszerek segítségével;
- az energiaátalakítási folyamatok megértetése, illetve az energiafogyasztási szokásokra hatást gyakorolni, az egyes tevékenységek energiaigényének tudatosítása által;

- a diákok csoportmunkájának támogatása, kommunikációs készségeik fejlesztésére;
- interdiszciplinaritás, a különböző természettudományos területek összekapcsolása: matematika, fizika, kémia, biológia, földrajz, meteorológia;
- projektorientált oktatás alkalmazása;
- tehetségazonosítás, tehetséggondozás a diákok kreativitásának fejlesztésére;
- kutatásalapú oktatás (Inquiry based learning - IBL) alkalmazása minél több formában;

Dolgozatomban két olyan innovatív módszert mutatok be, amelyet ebben a formában még nem alkalmaztak. A szabadulósobák oktatási környezetben való alkalmazását a folyadékok fizikájának bevezetésére teszteltem különböző oktatási környezetben és különböző szintű, illetve háttérű diákokkal. Teszteléssel vizsgáltam hat diákcsoporton a módszer hatékonyságát. Ugyancsak egyedülálló az energia panelvita módszerem, amelyet az energiatermelésre vonatkozóan dolgoztam ki. Egy átfogó, 720 diákot érintő felméréssel tanulmányoztam a diákok ismereteit az energiaforrások és energiatermelés témakörében. Ezzel a teszttel egyben az energia panelvita módszerének eredményeit is vizsgáltam.

A tudományos játszóházakban bemutatott folyadékok fizikája témaköréhez további két kísérleti berendezés bevezetésére teszek javaslatot a következő jelenségek szemléltetésére: szolitonhullámok, időjárás frontok, illetve a Kármán-féle örvénysor.

Kiemelt fontosságúnak tartom az energiatermelés elemzését. Izgalmas témának bizonyult a diákok számára az ember által termelt elektromos energia elemzését, így külön projekttemaként tárgyalom a zöldkonditermek energiatermelését.

A dolgozat utolsó fejezetében bemutatom az elmúlt évek tapasztalatait egy saját fejlesztésű Környezetfizika és földrajz témakörű választható tantárggyal kapcsolatban, amelyet a 11. évfolyam számára dolgoztam ki.

Mindezen tapasztalatok mutatják, hogy mennyire sokoldalú megközelítése lehet a környezetfizikai témaköröknek középiskolákban és ezen belül a folyadékok fizikája és az energiatermelés úgy egészíti ki a tananyagot, hogy az interdiszciplináris gondolkodásmód kialakítását szolgálja, ellentétben a túlzottan erős tantárgyközpontú szemlélettel. Milton Friedman fenti gondolatával valloom, hogy kiemelt fontosságú a diákok kritikai gondolkodásának kialakítása és kreativitásának fejlesztése a természettudományok és kiemelten a fizika területén is.

2. SZABADULÓSZOBÁK A FOLYADÉKOK FIZIKÁJÁNAK TANULMÁNYOZÁSÁRA

2.1. HOGYAN MŰKÖDNEK A SZABADULÓSZOBÁK?

A szórakoztatóiparban az elmúlt egy évtized során világszinten nagy népszerűségnek örvendő terjedtek el a szabadulósobák. Egymással párhuzamosan három kontinensen alakult ki és fejlődött, de hasonló koncepció mentén: megadott határidő (általában 45 vagy 60 perc) alatt, 4-10 fős csapatok kell egy bezárt helyséből kiszabaduljanak logikai és ügyességi feladványok megoldása által. Ennek egyik bölcsője Japán (2007-ban a Real Escape Game elindítója *Takao Kato*) és az Amerikai Egyesült Államok, de az ötletet magáénak vallja a 2011-ben indult budapesti Parapark alapítója, *Gyurkovics Attila* is. Kevesebb mint egy évtized alatt világszerte elterjedt és közkedvelt szórakozási alternatíva lett elsősorban a fiatalok számára. A több ezer ilyen helyszín létrejöttét elősegítette, hogy nem igényel jelentős befektetést, hiszen az esetek többségében pincehelységek biztosítják a kísérteties hangulatot, a berendezés pedig régi, nem használt bútorokból, kacsatokból áll. A játék általában egy kerettörténetbe van ágyazva, amely még inkább elősegíti, hogy a résztvevő számára azt a flow állapotot idézze elő, amelyben *Csikszentmihályi Mihály* szerint az emberek akkor a legboldogabbak, amikor teljesen leköti figyelmüket egy olyan feladat, amibe boldogan belefeledkeznek (Csikszentmihályi, 1996). A szabadulósobákban a feladatok sok esetben fizikai jelenségeket használnak fel: UV-lámpa, melegítés hatására színváltoztató festék (láthatatlan írás felfedésére), elektromágneses zár, stb.

A szabadulósobák eredményességét *Scott Nicholson* kanadai professzor több éve tanulmányozza és 5 kontinens 175 létesítményétől kapott kérdőíves válaszok alapján kimutatta, hogy 12%-uk tudományos kerettörténetbe van ágyazva. Ugyanakkor megállapította, hogy a létesítmények 30%-a tartalmaz olyan elemeket is, amelyek tanulási céllal voltak kidolgozva, de a tanulmányozott szabadulósobák csak 8%-a lett kimondottan oktatási céllal megalkotva (Nicholson, 2015). Hoellwarth és Moelter kimutatta, hogy aktív tanulási folyamatok során sokkal hatékonyabban sajátíthatóak el az ismeretek (Hoellwarth és Moelter, 2011). Így nem csoda, hogy az elmúlt években több próbálkozás is volt, amely a szabadulósobák alkalmazását kísérte meg az oktatásban. Ennek több formáját is kipróbáltam.

2.2. SZABADULÓSZOBÁK AZ OKTATÁSBAN

Fentiek alapján gondoltam úgy, hogy érdemes volna a szabadulósobát, mint interaktív játékot a fizika oktatásában is alkalmazni. Az elmúlt egy év során két különböző tevékenységet dolgoztam ki a folyadékok fizikájának témakörére építve, amelyet az „Iskola másként” tematikus héten, illetve tehetséggondozó táborban és egy fizikaverseny alternatív szabadidős tevékenységeként próbáltam ki. Később tanórai keretben is alkalmaztam, megvizsgálva hogyan reagálnak különböző oktatási háttérrel rendelkező hasonló korú és érdeklődésű körű diákok ugyanazon tevékenységre.

A tevékenység kidolgozása során az alábbi fontosabb célokat követtem:

- a gimnáziumi fizika tananyagból hiányzó témakör, a folyadékok fizikája megismertetése a diákokkal kísérletek által;
- a diákok passzív tudásának aktivizálása az egymással való kommunikáció által;
- aktív oktatási módszerek hatékonyságának tanulmányozása.

A saját tevékenységem megtervezése előtt megvizsgáltam, hogy hol létezik már hasonló oktatási célzatú szabadulószoza és ezek tapasztalatait igyekeztem kamatoztatni. Egyrészt tudományos játszóházakban, vagy iskolai különálló szobákban hoztak létre szabadulósobákat. A győri Mobilis Interaktív Tudományos Játszóház keretében a természettudományok nagyon különböző területéről (fizika, kémia, földrajz) felhasznált információk, illetve logikai feladatok és rejtvények által juthatunk ki a szobából. A fiatalok kíváncsiságának felkeltésére a következő szöveg várja a látogatót: „*A Mobilisben működik egy titkos társaság, melybe csak kivételes elmék kerülhetnek be. Ez a társaság évekig zárt volt. De MOST itt a lehetőség, hogy TE is EGY légy közülük.*” (<http://mobilis-gyor.hu/mini-paniq-szoba>) Több scenárió van kidolgozva, amelyeket periódikusan cserélnek, annak érdekében, hogy a visszatérő látogató újra kipróbálhassa a szabadulószoza által nyújtott szórakozási lehetőséget. Ennél már célirányosabb, a kvantumfizika jelenségeit megismertető 2017 elején beindított LabEscape, amelyet az Illinois-i Egyetem Fizika Kara hozott létre egy bevásárlóközpontban (Greenemeier, 2017; Schwink, 2017). A kerettörténetet itt egy fizikus professzor eltűnése, bizonyos Schrödinger professzor és négy kormányzati titkosügynök eltűnése képezi, amely által nukleáris rakétakilövő kód idegen kezekbe kerülhet. A megoldandó feladatok optika, mágnesesség és elektromos vezetőképesség témakörből vannak válogatva, amelyek a kvantum jelenségekre utalnak. A projekt által a kezdeményezők azt akarják a köztudatba átvinni, hogy a fizika nélkülözhetetlen mindennapjainkban és, hogy a tudomány ötvözhető a

művészetekkel. A későbbiekben a játéknak kidolgoztak egy kezdő és egy haladó verziót, a résztvevők kora, illetve fizikában való jártassága függvényében. A történet folytatásaként kidolgoztak egy második szabadulósobát is, amelyet 2017 őszén nyitottak meg.

A szabadulósobákat nemcsak természettudományos témakörök feldolgozására használták, hanem irodalmi témákra is, mint például a New York-i Genesee völgy Iskolai Könyvtárhálózata számára 2016-ban elkészített tematikus játék (Stone, 2016), illetve a budapesti Karinthy Frigyes Gimnáziumban, ahol az Arany-emlékév alkalmából 2017 őszén készült el az *Arany János* szabadulósoba, amelyet az intézmény matematika és magyar munkaközössége közösen hozott létre. Utóbbi esetében a feladatok, kellékek kiválasztásánál ötvözték a hagyományos és modern elemeket: titkosított dokumentumok, térkép, puzzledarabok, Zichy-illusztrációk, Ágnes asszony véres lepedője, walkie-talkie és még sok minden más várja a résztvevőket. (<https://www.szabaduloszobak.hu/Budapest/18-ker-arany-janos>) Magyarországon hasonló megvalósításokkal büszkélkedhet a nagykőrösi Arany János Református Általános Iskola és a szarvasi Szlovák Általános Iskola is (<https://www.exittheroom.hu/blog/szabaduloszoba-az-iskolaban>). Utóbbi helyszínen az intézmény padlasterében létrehozott két szabadulósoba az alsóbb évfolyamokon az olvasási készség fejlesztését tűzi ki célul, míg felsősök esetén a tantárgyi számonkérés eszközei 4-6 fős csoportokban. Az előbb felsorolt minden egyes helyszínen egyidejűleg csak egy csapat vehet részt a játékban.

Másik alkalmazási terület a kimondottan oktatási (egyetemi vagy iskolai) környezetre, vagyis több csoport, ugyanazon térben történő egyidejű munkájára kitalált szabadulósobák. Harmadik éve ajánl fel ilyen oktatási csomagot a *breakoutedu* (<https://www.breakoutedu.com/>), illetve a *theescapeclassroom* (<https://www.theescapeclassroom.com>). Az egyetemi oktatás számára is eredményesen próbálkoztak szabadulósobás tevékenységekkel: az informatika- (Borrego és tsai, 2017), a kémia- (Dietrich, 2018), és a farmakológia oktatás (Eukel és tsai, 2017) esetén. Hasonló módon középiskolás diákok számára a CERN kutatóközpont tanári és diák programok osztálya dolgozott ki egy részecskefizikai játékot táborozó diákok számára 2018 nyarán (Woitech, 2019). Engem inkább ez utóbbi lehetőség, a több csapat egy térben kivitelezett foglalkozása érdekelt, de mindkét környezetben kipróbáltam a tevékenységeket.

Mindkét fentebb említett internetes szolgáltató forgalmaz egy-egy alapsomagot, amely dobozokat és számozás lakatokat, illetve széfet tartalmaz. Ezeket fel lehet használni tematikus tevékenységekre, amelyek a honlapjukról térítés ellenében letölthetők, grafikusan tetszetős kivitelezésű, nyomtatható feladatlapokból állnak. Ugyanakkor bárki kidolgozhat saját

feladatlapokat is. Számunkra ez utóbbi kézenfekvő, hiszen a feladatlapokat mindenképpen le kellene fordítani angol nyelvről, ugyanakkor nem feltétlenül alkalmazható sem a magyar, sem a romániai tantervi követelményekhez illesztve. A két szolgáltató csak elvétve ajánl fel gimnáziumi szintű fizika témaköröknek megfelelő szabaduló játékokat, így saját kreativitásunkat is fejlesztve aknázhajtuk ki ezt a tanítási módszert.

2.3. A FIZIKUS SZABADULÓSZOBÁK TERVEZÉSE

Az említett két internetes szolgáltató alapvetően három különböző módját ajánlja a szabadulósobás tevékenységeknek. Az első kettő kisebb, vagy kissé nagyobb befektetést igényel. Az olcsóbb változatban csak egy feladatlap csomagra van szükség, amelyeket kódokkal ellátott borítékokban helyezünk el. Minden csapat kap egy csomag borítékot. Ekkor a játékban résztvevő csapatok a tevékenység során lejegyzik a kódokat és kiválasztják a megfelelő borítékot a kód alapján. A kicsit drágább verzióban a feladatok számával azonos számú doboz és hozzá számzárás lakatok állnak rendelkezésre, így minden csapat ugyanazon lakatokat próbálja ki. A drágább változatban a csapatok számával azonos számban vannak előkészítve a játék során szükséges eszközök. Elsőként a borítékos változatot próbáltam ki az Apáczai-líceum diákjaival, majd fokozatosan szereztem be a szükséges eszközöket, a pozitív visszajelzések megerősítése alapján.

Mostanáig a következő helyzetekben próbáltam ki a fizikus szabadulósobát:

- osztálytermi környezetben egy adott iskola diákjaival két különböző feladatsorral,
- tehetséggyógyító táborban, különböző erdélyi középiskolák fizika iránt érdeklődő és fizika versenyeken jó eredményeket elérő diákjaival,
- fizikaversenyhez kapcsolódóan a résztvevők számára szervezett szabadidős programként.

A hagyományos szabadulósobák sem minden esetben kimondottan egy zárt szobából való kiszabadulást jelentenek, léteznek úgynevezett „breakin”, vagyis „betörő” játékok, amikor egy dobozban elzárva található a játék megoldandó talánya. Ezen „betörő” játék elvét alkalmaztam az első két alkalommal, amikor az utolsó kód egy olyan dobozt nyitott, amelyben egy ráadás-kísérlet, illetve a táborban a közkedvelt hintapad volt lelakatolva. Utóbbi két alkalommal már igazi szabadulójáték formájában, az adott terem kulcsát megtalálva kellett kiszabadulni.

Az első próbálkozásaim sikeressége alapján az EmpirX Egyesület is kidolgozott három további fizika témakörű szabadulósobát, amelyet 2018 áprilisában általános iskolás és középiskolás diákok számára ajánlottak fel. Ezen szabadulósobák a mechanika, az optika, illetve általános fizika témakörökre lett kidolgozva.

A romániai oktatási rendszerben pár éve minden iskolának kötelező módon egy „Iskola másként” tematikus hetet kell megszerveznie, és alternatív oktatási programokat felajánlania. Ennek keretében a kolozsvári Apáczai Líceum diákjai számára először 2017 áprilisában készítettem el a fizikus szabadulósobát a 9. és 11. évfolyam reál tagozatos diákjai számára. A csapatokban vegyesen vettek részt a két évfolyamról (1. ábra). Mivel a tematikus hét programjai során egyik fő célunk az iskolai tananyagon túli tudás, ismeret átadása, ezért a szabadulósoba témaköröként a folyadékok fizikájának két elhanyagolt fejezetét választottuk: a folyadékok dinamikája és a felületi feszültség kérdéskörét (Vörös, Sárközi, 2017).



1. ábra Az első kihívás a csapatmunka során a feladatkörök leosztása, illetve a szövegértelmezés (saját fotó).

Az Iskola másként programsorozat szervezési megkötése miatt 70 perces időkeretre terveztem a játékot, amely öt feladatot tartalmazott. Ezek között négy kísérleti feladatot készítettem elő. Az időkeretben azt vettem figyelembe, hogy a játék végén, mint „beszaduló” játék legyen idő a vizes Torricelli-kísérlet közös kivitelezésére is. A játékban résztvevő hat csapat számára a munkaasztalra elő volt készítve az első feladatlap, amely egyúttal a kerettörténetet is tartalmazta, illetve a kísérleti eszközöket minden kísérlethez és a lezárt kódokkal feliratozott borítékokat vagy lakatokat. A lakatok dobozokat vagy kisebb hátizsákokat zártak le. A játék lineáris felépítésű volt, hiszen az első feladatlap által megadott kód segítségével kibontható

boríték egyúttal a következő feladatlapot is tartalmazta. Általában az oktatási jellegű szabadulósobákra jellemző, hogy lineáris felépítésűek, hiszen egy logikai rendszert szeretnénk követni diákjainkkal. Ez lényeges eltérés a szokásos szabadulósobáktól, amelyeknél a játék felépítése külön szálakon jut el a végső kódhoz.

Mivel a mi esetünkben minden kód három vagy négy számjegyű (a kereskedelemben kapható számkódos lakatok jellemzően 3 vagy 4 számjegyűek), ezért a kódokkal megjelölt borítékok közül már az első számjegy alapján is ki lehetne választani a megfelelőt. Annak érdekében, hogy a csapatokat arra kényszerítsük, hogy a kísérleteket teljes mértékben végezzék el, hibás számkombinációkkal megjelölt borítékokat is kaptak, amelyben nem volt feladatlap elhelyezve, hanem „levélbomba”. A játék szabálya értelmében a csapatoknak három életük van, így maximum két „levélbombás” borítékot nyithatnak fel.

A szabadulósobák fő erényeit használja ki az oktató szabadulósoba is, így a feladatok úgy vannak összeállítva, hogy az időkorlátot csak akkor lehet betartani, ha a csapat tagjai nagyon jól működnek együtt, miután értelmezik a feladatot leosztják a részfeladatokat és folyamatosan egyeztetnek, megbeszélik a talált információkat, eredményeket. Ez a folyamatos kommunikáció elősegíti a kölcsönös megbecsülés kialakulását a közös munka sikere által.

Az oktató szabadulósobák esetében meglátásom szerint fontos szerepe van a pedagógusnak, aki figyelemmel követi a csapatok munkáját és amennyiben elakadnak a diákok kérdéseire válaszol, felhívja a figyelmet olyan információkra, amelyeket az adott csapat pillanatnyilag figyelmen kívül hagyta. Fontos, hogy a diákok kérdéseket fogalmazzanak meg és azokat megválaszolva támogassa a munkafolyamatot a tanár, amint ez a kutatásalapú oktatásnak (IBL – Inquiry Based Learning) az egyik fontos jellemzője.


2.3.1. A kerettörténet

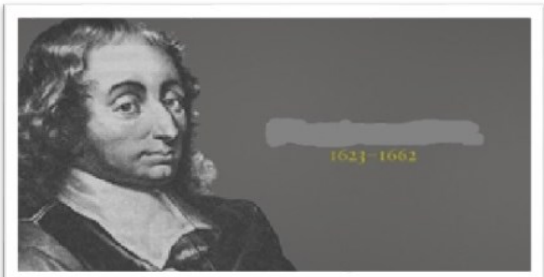
A szabadulósobák sajátossága, hogy a szobából való kiszabadulás akkor jelent igazi kihívást, ha egy kerettörténetbe van helyezve. A történet általában egy történelmi eseményhez és helyszínhez kapcsolódik, vagy mitológiai-, vagy fikatív történet köré van kidolgozva. A játék résztvevői ez által egy szerepjáték részesei lesznek, így elősegíti a diákok aktivizálódásukat, amelyet az oktató szabadulójáték egyik fő sikerességének tart Nicholson (Nicholson, 2018).


A választott témakörhöz kapcsolódóan görög mitológiai keretet választottam: „Feladatokat átjutni a *Sztix* vizén, az élők és holtak birodalmát elválasztó határfolyón, amely kilenc kanyarulattal fut az alvilág legmélyére, oda, ahol *Hádész* palotája emelkedik. Ahhoz, hogy ezen folyóhoz eljuss előbb négy másik alvilági folyón kell átjutnod: a *Léthé*, a *Phlegethón* (égő), az *Akherón* (örömtelen) és a *Kókütoz* (jajgatás) átszelik a poklot, és óriási, szörnyű mocsárban egyesülnek. Utazásotok során minden feladatban egy kódot kell megtalálnotok és a megfelelő kóddal megjelölt boríték felbontásával utazhatsz egyik folyótól a másikig, míg el nem éred a *Sztix* vizét.”


2.3.2. Az első feladatsor

A témába való bevezetésként, mint **első feladat** a folyadékfizika néhány jelentősebb tudósának megismerése volt a cél.

1. 

2. 

3. 

4. 

6. aceton alig terel virslí
 7. csel liba pasa
 8. undi labor illene
 9. méhészi kard

A Léthe kódja:

2. ábra Annagramma a tudósok neveivel. Középre kellett beírják a diákok a megfejtésként kapott kódot.

Ehhez négy fizikus nevének betűit kevertem meg egy internetes alkalmazás segítségével, hiszen az anagrammajátékok nagyon jó kreativitás serkentőek. Ezt a feladatot egy képfelismeréssel kombinálva adódik a négyjegyű kód (2. ábra), hiszen az anagrammák megfejtését a képeken szereplő fizikus portrékkal kell megfeleltetni. Mivel nem volt elvárható, hogy a diákok ismerjék *Arkhimédész*, *Torricelli*, *Pascal* vagy *Bernoulli* portréját, a képeken fel lett tüntetve a születési

és halálozási évszáma az adott személyeknek. A diákok saját telefonjukról kereshettek utána az interneten az évszámok ismeretében a képen ábrázolt tudós nevének. Így már az anagramma megfejtése is könnyebb volt (1. táblázat). A képek sorrendjében leírva az anagrammák előtt szereplő számjegyeket a diákok megkapják a négyjegyű kódot, a Léthe kódját (9768), amellyel megkereshették a következő borítékot vagy lakatot.

A feladatba elsősorban olyan tudósokat foglaltam bele, akiket már ismernek a diákok, kivéve Daniel Bernoulli személye, akivel kapcsolatban bevezettem a diákok számára új témakört, a folyadékok áramlását.

Az annagramma száma	Annagramma	Megfejtés	A kép sorszáma
6	Aceton alig terel virsli	Evangelista Torricelli	3
7	Csel liba pasa	Blaise Pascal	2
8	Undi labor illene	Daniel Bernoulli	4
9	Méhészi kard	Arkhimédész	1

1. táblázat A tudósannagramma megfejtése.

A következő, **második feladat** egy egyszerű, de mindenki számára nagyon meglepő kísérlet a felületi feszültséghez kapcsolódott: a vízzel telített pohár túltelítése, amikor egy domború meniszkusz alakul ki. Három jelentősen különböző átmérőjű poharat (pálinkás pohár, 200 mL-es műanyag pohár és öblös üveg vizespohár), fecskendőt (1 mL és 5 mL maximális kapacitással) és egy vizes edényt bocsátunk a diákok rendelkezésére. A feladat: *„Három pohárban égő Phlegethón vize bugyog. Bár a poharak tele vannak, neked le kell hűtened fecskendővel addig töltve a pohárba hideg vizet, amíg túl nem csordul a víz a poharak peremén. Mérjétek meg a három pohár esetében a legkisebbtől a legnagyobb felé haladva, hogy hány mL víz befecskendezésével nem csordul még ki a víz a pohárból!”* (3. ábra)

Érdekes minél kisebb térfogatú fecskendőt beszerezni, hiszen a kísérlet annál izgalmasabb, ugyanakkor emlékezetesebb is a résztvevők számára, mennél tovább tart a kivitelezése. Az általam használt két fecskendővel megfigyelhettem, hogy a csapatok döntő többsége az 1 mL-es választotta először és egyesek még ebből is csak lassan, óvatosan töltötték a vizet, vagy csak félig szívtak bele vizet. Mivel a mérés során a túlcscordulás több feltételhez köthető, ezért egy

intervallummal feleltethető meg adott átmérőjű pohár mérési eredménye. Ilyen intervallumoknak feleltettünk meg számokat és a megfeleltetés eredményeként kapták a diákok a háromjegyű kódot. Ajánlott legalább hat intervallumot megadni és ezek közt legyenek olyan kis értékek is, amelyre a diákok is számítanak. Az általunk használt poharak esetében a méret növekvő sorrendjében $3\text{-}5\text{ mL}$, $9\text{-}11\text{ mL}$, illetve $13\text{-}15\text{ mL}$ értékeket mértünk. Ilyen méréshatárok mellett a kísérlet reprodukálható volt a diákok által.



3. ábra A felületi feszültség tanulmányozása víz segítségével három különböző méretű pohárral (saját fotók)

A helyes megfejtés segítségével a borítékban újabb feladatot kapnak, de fontosnak tartottam, hogy előzetesen magyarázzuk meg az előbb észlelt jelenséget, így rövid tudományos leírását találják a domború meniszkusz kialakulásának.

A továbbiakban, **harmadik feladatként** a légköri nyomás kimutatása volt a cél: „*A következő kísérletben használjátok az előbb használt vizespoharat, a gyufát és a lufit. Emeljétek meg utóbbi két tárgy segítségével a poharat, anélkül, hogy kézzel hozzáérnétek!*” A kísérlet elvégzése után a diákoknak két kérdésre kellett válaszolni: hogy miért sikerül felemelni a poharat, illetve hogy hogyan változik a pohárban a nyomás (4. ábra). Ezek után a háromjegyű kódot a következőképpen kapták meg: a lufira előzetesen felrajzolt három tárgy (termosz falában, villanykörte, Hold) belsejében, illetve a felszínén jellemző nyomást kellett megkeressék interneten és a nyomás csökkenő sorrendjében leírni a tárgyak mellé írt számjegyeket. A háromjegyű szám nyitotta a megfelelő borítékot vagy lakatot.



4. ábra: a pohár felemelése másodszor már sikeres volt, bár első próbálkozásra a gyufa égése miatt a lufi szétrobbant (saját fotó)

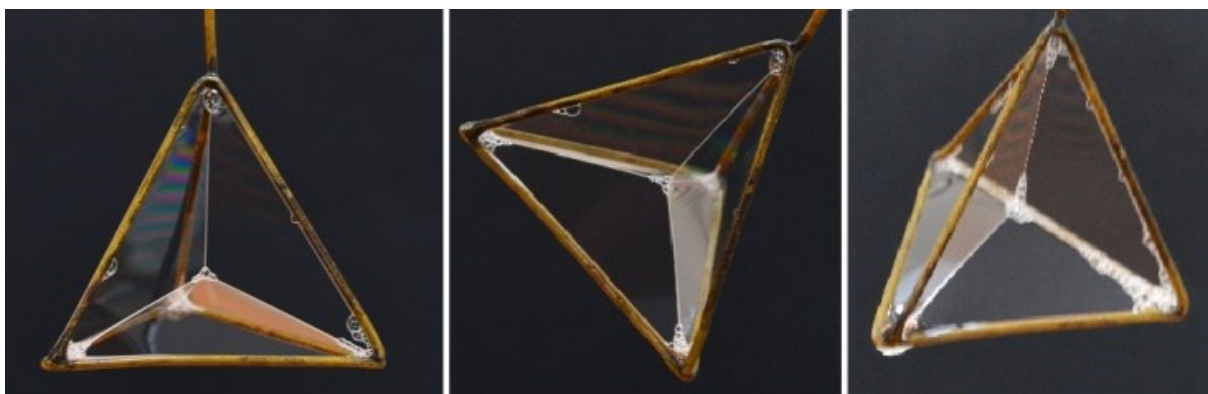
A kísérlettel a diákok elég gyorsan boldogultak, rájöttek, hogy hogyan használható a pohár felemelésére a lufi. A kivitelezésnél az jelentett gondot, hogy több esetben a lufit túságosan felfújták, vagy túl hamar helyezték rá a pohárban még égő gyufa fölé, így a lufi szétduzzant és már nem olvashatták le a kódhoz szükséges információkat. Ennek ellenére hagyni kell a diákokat, hogy próbálkozzanak többször is, ennek érdekében több lufit készítettem elő.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U	V	W	X	Y	Z				
21	22	23	24	25	26				

5. ábra A szabadulósobák egyik kedvelt kódolási eszköze az ABC megfeleltetése számokkal (Kép forrása: <http://heleenvandenhombergh.nl/letter-numbers-code/>)

Így juthattak el a **negyedik feladathoz**, egyben a harmadik kísérlethez: „*használd a 2 literes pillepalackot. Lyukaszd ki 5, 10, 15 cm magasságban és mérd meg, hogy ha megtöltöd vízzel milyen távol ér földet a vízszög a palack szélétől. Ábrázold milliméter-papíron a lyuk feletti vízoszlop magasságát a távolság függvényében.*”. A kísérlet kivitelezése igényes mérési feladatot jelentett a diákoknak, amelyben a részfeladatokat leoszthatták a csapattagoknak. A kódot a parabola szó 2., 5. és 4. betűjéből a 5. ábra szerinti megfeleltetéssel kapták a diákok (121).

Az **ötödik feladat**, egyben a negyedik, utolsó kísérlet ismét a felületi feszültegről szólt, ahol egy szabályos tetraéder alakú drótkeretet szappanoldatba mártva figyelhették meg a kialakuló szappanhártyát. Itt a kód egyetlen számjegyből állt, amely a következő kérdésre adott válaszukból származott: „*Hány különálló síkfelülete van a szappanhártyának?*” A helyes válasz sokak számára meglepetést hozott, hiszen első megközelítésben sokan a kísérlet elvégzése nélkül rávágták a választ, amely szerintük négy felület lett volna, vagyis a tetraéder oldalainak számával megegyezően, amelyek mentén a szappanhártya szerintük létrejönne. Meglepetést okozott a kísérlet elvégzése, a 6. ábra szerint, hiszen a szappanhártya a tetraéder súlypontjából kiindulva jön létre (tehát 6 különálló síkfelület).



6. ábra Szappanhártya keletkezése tetraéder fémkereten (*saját fotók*)

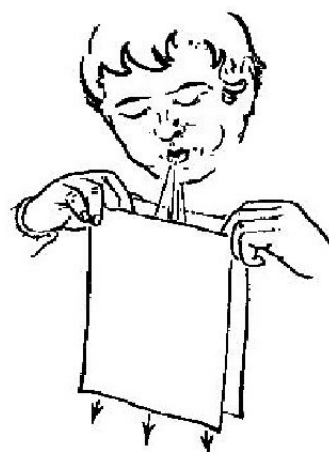
A fenti válasz eredményeként a csapatok közösen kinyithatták a dobozt, amelybe beszabadulhattak. Első alkalommal a dobozba a Torricelli-kísérlet vizes változatához szükséges eszközök voltak bezárva. A kísérletet a diákok közösen, tanári irányítással végezheték el, amely mindenki számára tanulságos volt. Másodszor a tehetséggondozó táborban kivitelezett játék jutalma az volt, hogy a szálláshely udvarán leláncolt háromszemélyes hinta lakatát nyithatták ki a résztvevők. Mindkét esetben minden csapat teljesítette a teljes feladatsort, amelyet a '2. fejezet mellékletei' című melléklet tartalmaz.

Ugyanezt a feladatsort alkalmaztam a Mindennapok fizikája vetélkedőhöz kapcsolódó négy szabadulószoza foglalkozáskor is, amelyet a Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán szerveztünk meg. A lényeges különbség azonban az volt, hogy egy kisebb teremben egyidejűleg egy csapat kellett megoldja a feladatsort és az utolsó kód segítségével megkapja a terem bejárati ajtajának kulcsát. Itt egymás után hét csapat szerepelt, közülük egyetlen egynek nem sikerült az időkorláton belül kijutni a szobából.

2.3.3. A második feladatsor

A szabadulósobás tevékenység a diákok számára nagyon újszerű volt és a 2018-as „Iskola másként” hét megtervezésekor iskolánk diáksága körében végzett felmérés eredményeként 176 megkérdezett diákunk közül 35-en igényelték, hogy szervezzünk ismét fizikus szabadulósobát. Vagyis többen, mint ahányan előző évben résztvehettek. Ezen kérésnek eleget téve ezúttal is szerveztem egy újabb tevékenységet, amely ismét a folyadékok fizikájának témakörét járta körbe, s mivel részben ugyanazon diákok vettek részt, egészen új feladatsorral. Az előző évi foglalkozáshoz képest a következő újításokat eszközöltem: számozás lakatokat és egy kódos, hétszámjegyű széfet szereztem be. A lakatokkal hátizsákokat, tolltartókat zártunk le, amelyek tartalmazták a következő feladatlapot. Felhasználtuk a fizika laboratóriumban a falra felszerelt laptoptartó dobozt is, amely kulccsal zárható volt. Ebben a dobozban rejtettük el a labor bejárati ajtajának kulcsát. Így elmondható, hogy egy igazi szabadulósobát hoztam létre. A feladatsor ismét lineáris felépítésű volt, de mivel ezúttal az időkeret 60 perc volt kevesebb feladattal. A tevékenység elején a csapatok ismét megkapták a kerettörténetet, illetve a kísérleti eszközöket is. Újdonságot képezett, hogy az első feladatlapot a laborban elrejtve kellett minden csapatnak megkeresnie, illetve az 5. ábrán látható kódoló lapot is.

Az **első feladat** a *Ki volt Daniel ?* című keresztrejtvény (lásd a '2. fejezet mellékletei'-ben). Ennek segítségével a diákok a Bernoulli törvény következményeivel ismerkedhetnek meg két kísérlet által. Az egyik az asztallapon levő pénzérme átemelése a mellette levő tányérba (7. ábra). A feladat így hangzott: „*Juttasd a pénzérmét a tányérba anélkül, hogy hozzányúlnál!*”. Ezt úgy oldhatták meg, ha az asztalappal párhuzamosan elfújtak a pénzérme fölött. A másik kísérlet az volt, hogy fújjanak két párhuzamos papírlap közé. A két kísérlet elvégzése alapján kellett kitölteni a keresztrejtvényt, amely az észlelt jelenségek leírását és magyarázatát várta el. A kódot úgy kaphatták meg a diákok, hogy a keresztrejtvényben kiemelt mezőkben levő betűket a már ismert kódlap (5. ábra) segítségével számoknak feleltették meg. Ezen számokkal elvégzett matematikai művelet sor adta meg a hétszámjegyű kódot, amelyet a számsor utáni hét aláhúzó vonal jelzett. Így kellett rájönniük, hogy ez a kód a széfet nyitja, amely annyi egyforma feladatlapot tartalmazott ahány csapat vett részt a tevékenységben.



7. ábra Bernoulli-törvény következményeit szemléltető kísérletek (bal oldali saját fotó, jobb oldali kép forrása https://tcl.arcc.albany.edu/knilt/index.php/Lesson_Two:What_is_the_Bernoulli_principle%3F)

Bernoulli törvényének alkalmazásait nem ismerték a diákok, sok esetben segítségre volt szükségük ahhoz, hogy sikerélményük legyen. A pénzérmék esetében természetesen elsősorban azzal próbálkoztak, hogy aláfújjanak az érméknek. A papírlapok esetében volt olyan csapat is, amelynek gondot jelentett a papírlapok párhuzamos elhelyezésének értelmezése is, így egymás mellé helyezték őket és úgy próbálták a lapok közé fújni. A keresztretjvény kitöltése azonban már a sikeres kísérlet után az esetek többségében sikerült. Néhány esetben a diákok hamarabb rájöttek a feladat kérdésére adott válaszra (a keresztretjvény kiemelt oszlopában) és már nem töltötték ki a vízszintes sorokat. Daniel Bernoulli volt a megoldás.

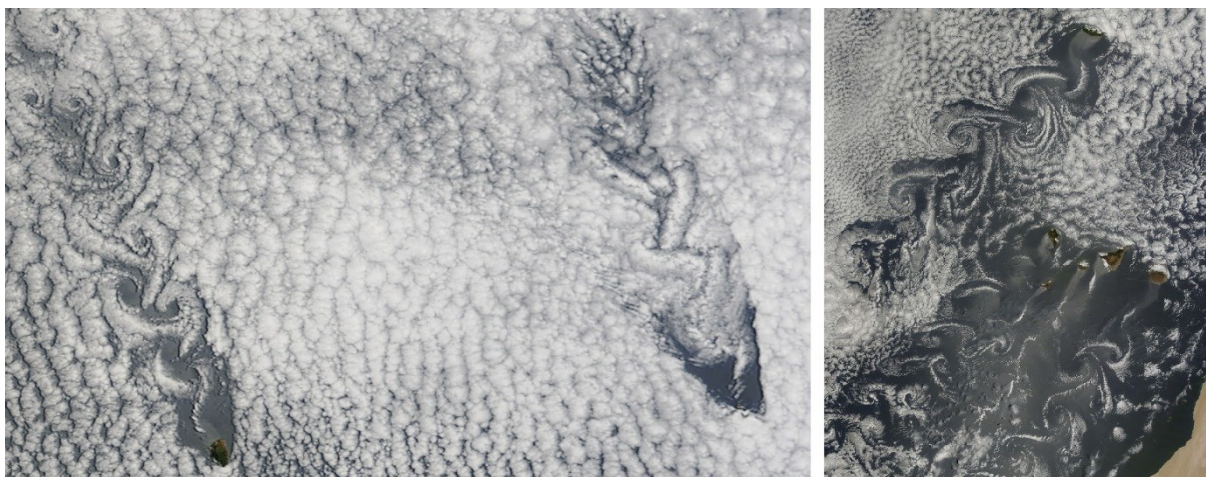


8. ábra Cartesius-búvárral kísérleteznek a diákok (saját fotók a Madách Gimnáziumban és az Apáczai Líceumban).

A **második feladatban** elkészítettek egy fél literes műanyag palackban egy Cartesius-búvárt. Amikor tanórai keretben szerveztem a tevékenységet, vagyis csak 45 perc állt a diákok rendelkezésére, azzal egyszerűsítettem a feladatsort, hogy a kísérleti eszköz elő volt készítve

már a tevékenység elején a csapatok számára (8. ábra). Ennek elkészítése, illetve tanulmányozása közben a csapat elgondolkozhatott a bűvár működési elvén kitöltve a következő hiányos szöveget: „*Ha a pillepalack térfogata összenyomás során csökken, akkor a benne levő levegő nyomása1....., ennek következményeként az egyik végén zárt csőben2..... a vízszint. Így a cső átlagos3..... megnő. Ennek következményeként a bűvár4..... Ezek után, ha az edény falára ható ..5..... csökkentjük, akkor a bűvár6..... Megfelelő nagyságú7..... esetén a bűvár akár8..... is a vízben.*” A hiányzó helyekre sorrendben a következő szavakat kellett beírják: *megnő (1), emelkedik (2), sűrűsége (3), lesüllyed (4), erőt (5), emelkedik (6), nyomóerő (7), lebeg (8)*. A következő kódot Cartesius, vagyis René Descartes születési évének internetről való kikeresésével kapták meg, vagyis a négyszámjegyű kód értéke: 1596.

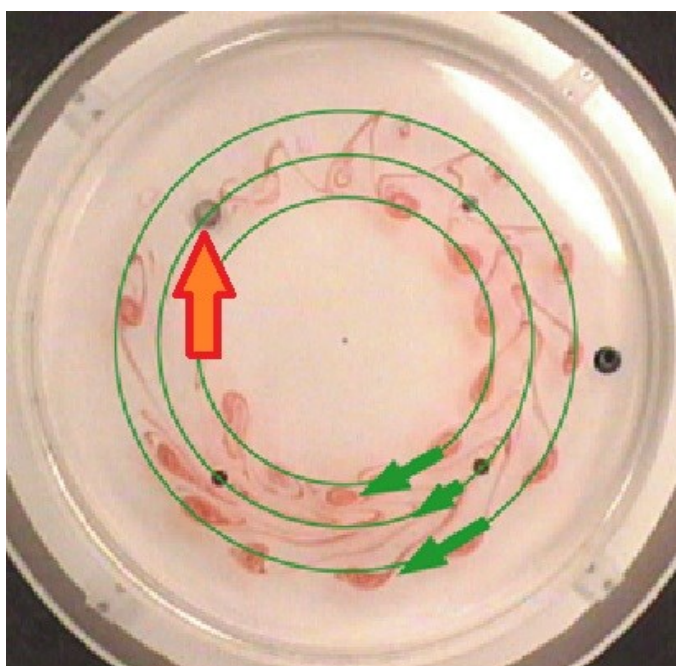
A Cartesius-bűvart a diákok jelentős része nem ismerte, sokan nehezen jöttek csak rá, hogy hogyan érhető el a kémcső fel-le mozgása. A sikeres kísérlet után a hiányzó mondatokban a diákok több, mint 75%-a helyesen töltötte ki az első hat szót. A lebegésre azonban csak nagyon kevesen (18%) jöttek rá.



9. ábra Örvénysor a Csendes-óceán fölött Chile közelében (A kép forrása: https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/80000/80197/juanfernandez_tmo_2013013_lrg.jpg), illetve a Kanári-szigetek mögött https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/85000/85989/canaryIslands_tmo_2015140_lrg.jpg

A **harmadik, egyben utolsó feladatban** a NASA Csendes-óceáni szigetek, illetve a Kanári szigetek felett készült felvételei alapján elemezheték a csapatok a Kármán-féle örvénysort. Az örvénysorra vonatkozóan két légifelvételt (9. ábra) kellett megvizsgálniuk, amelyen a szigetek közötti távolságot a googlemaps alkalmazás segítségével le tudták mérni. Így a felvételeken

megbecsülhették az örvénysor teljes hosszát, illetve két egymásutáni örvény közötti távolságot. Így döbbenhettek rá ennek a jelenségnek a nagyságrendjére, amely a több száz kilométert is eléri. Egy harmadik felvétel a Chicagói Egyetemen laboratóriumi körülmények között előidézett Kármán-örvénysor látható (10. ábra). Az edény alján egy 2,5 cm magas akadály („hegy”) van elhelyezve, amelyet a képen a piros nyíl jelöl. A víz mélysége megközelítőleg 7,5 cm. Az edény forgása következtében a benne levő víz az edényhez képest forog. A diákok a hengeres edényben színes tintával létrejövő örvénysor méretét kellett meghatározni, ismerve az edény átmérőjét, amely 35 cm volt. Ezen mérésekből a diákok észlelhették, hogy a Kármán-féle örvénysor különböző közegekben (levegő és víz), illetve nagyon különböző méretekben (pár *cm*-től, pár száz kilométerig) is létrejöhet.



10. ábra Laboratóriumi körülmények között egy forgóedénybe töltött vízben keletkező örvénysorok, ha az akadály az edény alján van elhelyezve, amelyet a piros nyíl jelöl. (<https://geosci.uchicago.edu/~nmn/LAB/DEMOS/karman.html>)

Ezen feladatsort egy évvel később a budapesti Madách Imre Gimnázium diákjaival is elvégeztük Fülöp Csilla fizika szakos tanárnő közreműködésével. Ezen tapasztalatokról a következő fejezetben írok részletesebben.

2.4. KIÉRTÉKELÉS, TAPASZTALATOK

2.4.1. Az első feladatsor tapasztalatai

Az első feladatsort három különböző alkalommal és diákcsoporttal próbáltam ki. Az Apáczai Líceum „Iskola másként” hetén 24 diákkal, majd az EmpirX Egyesület sztánai tehetséggondozó táborában 20 diákkal, végül a „Mindennapok Fizikája” országos szintű vetélkedőhöz kapcsolódó foglalkozásként 2018 áprilisában, amikor 7 csapatban 41 diák vett részt. A második alkalommal a feladatsorban kisebb módosításként a második kísérlet ki lett cserélve, és helyette különböző zöldségek és gyümölcsök vízben való elsüllyedését, vagy úszását tanulmányozták a diákok. A harmadik alkalommal a résztvevők elsősorban a vetélkedőn résztvevő diákok voltak, de bejelentkezhettek Kolozs megye iskoláiból olyan diákok is, akik nem vettek részt a vetélkedőn. A borítékok helyett már számozásos lakatokat használtam, a kulccsal belülről bezárt tanteremben pedig egyidejűleg csak egy csapat játszott. Ezúttal nem volt életkori korlátozás: a 7 csapatból egy hatodikos, három nyolcadikos, két tizedikes és egy tizenegyedikes csapat vett részt. Ennek ellenére egy csapat kivételével mindenkinek sikerült a 45 perces határidőn belül kiszabadulni. A kivétel egy tizedikesekből álló diákcsoport volt, tehát nem a hiányosabb fizikatudás számított, hanem inkább a rajtuk megfigyelhető lelkesedés hiánya és a gyenge együttműködés, illetve az ezzel járó nagyon komótos munkatempó volt.

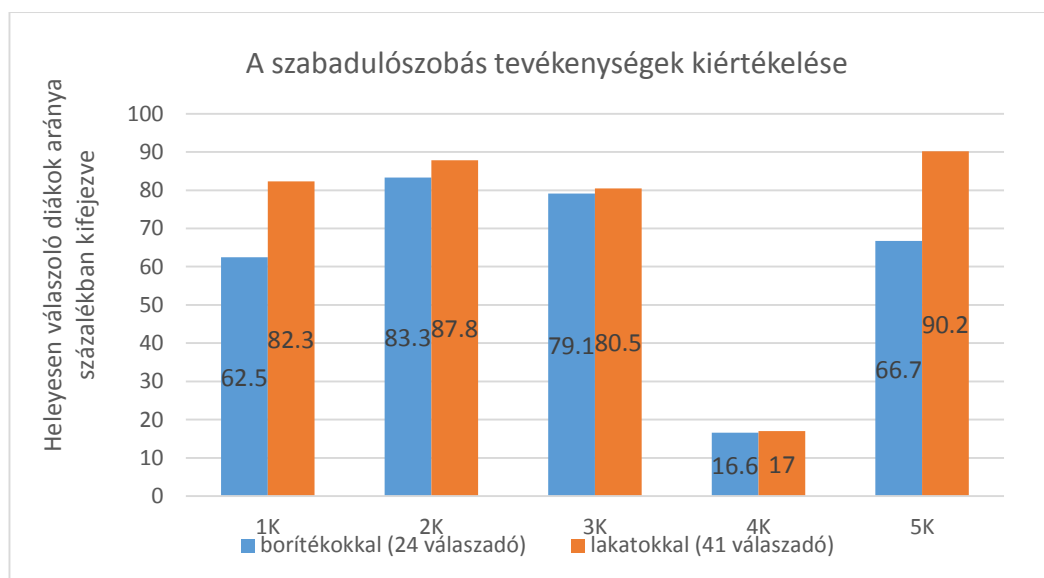
A feladatsorok elvégzése után elsősorban arra voltam kíváncsi, hogy melyik volt a legmeglepőbb kísérlet számukra (több kísérletet is megjelölhettek). A válaszadó 53 diák 72%-a számára a poharak szája mentén kialakuló vízmeniszkusz volt, míg 57%-nak a szappanhártya a tetraéderen jelentette leginkább a meglepetést. Ugyanakkor öt rövid kérdéssel mértem fel milyen mértékben értették meg a tanulmányozott jelenségeket:

1. Kérdés (1K): Melyik kísérlet(ek) szemlélteti(k) a felületi feszültséget?
2. Kérdés (2K): Melyik kísérlet mutatja be a légköri nyomást?
3. Kérdés (3K): Melyik kísérlet során észleltetek izobár folyamatot?
4. Kérdés (4K): Ki tanulmányozta a felületi feszültség hőmérsékletfüggését?
5. Kérdés (5K): Mi az oka a szappanbuborékok gömbszerű alakjának?

A kérdésekre a választ négy megadott válaszlehetőség közül kellett kiválasztani (először a kahoot mobilos alkalmazás (<https://kahoot.com/>) segítségével, másodsor internetes kapcsolat hiányában papíron kitöltve). A kérdésekkel nemcsak a kísérletben megtapasztaltak megértését ellenőriztem, hanem azt is, hogy a feladatokhoz kapcsolódó leíró szövegeket milyen mértékben dolgozták fel a diákok, vagy esetleg csak átsiklottak azok fölött. Ezt célozta meg a 4. kérdés,

hiszen a három poharas kísérlet után részletes leírást kaptak a felületi feszültség jelenségének magyarázatáról, de azt is megtudhatták, hogy *Eötvös Loránd* írta le elsőként a felületi feszültség hőmérsékletfüggését. A kérdőívet első alkalommal 24 diák, másodszor pedig 41-en töltötték ki.

A 11. ábra mutatja az öt kérdésre adott helyes válaszok statisztikáját, amelyen látható, hogy mindkét esetben egy kérdés kivételével nagyon magas volt a helyes válaszok aránya: 60-90% között. Figyelembe véve, hogy a témakör minden diák számára új volt, és a 70 perc alatt nagyon sok új fogalommal, fizikai jelenséggel találkoztak, ugyanakkor egy szabadidős tevékenységen vettek részt, amelynek nem volt iskolai értékelése, a válaszok sikeraránya nagyon jónak tekinthető.

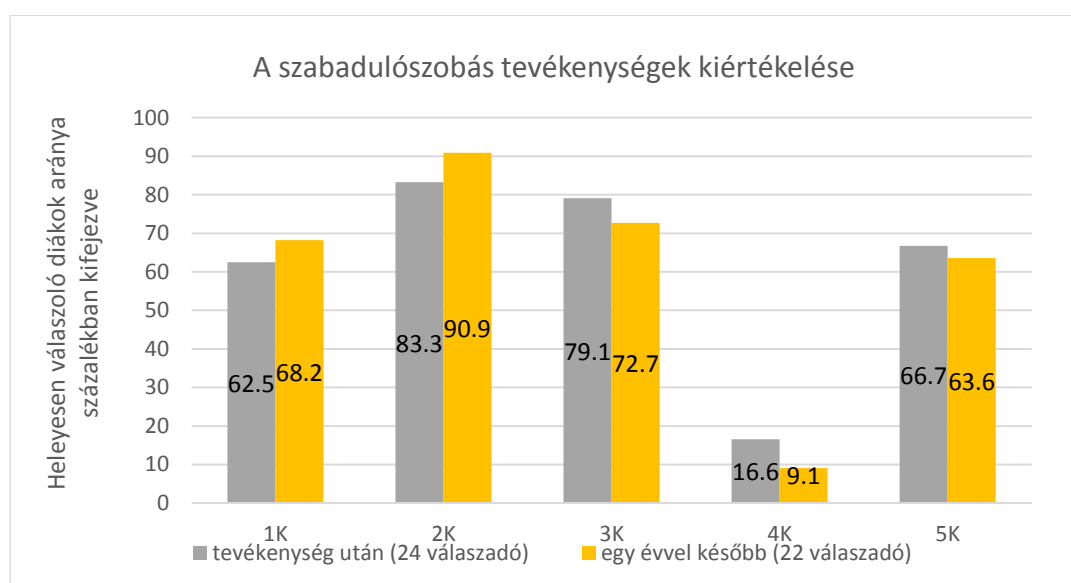


11. ábra A szabadulósobás játékok két változata eredményességének összehasonlítása

Feltűnő a 4. kérdésre adott helyes válaszok alacsony aránya, amely csak az elolvasottak memorizálását feltételezte. Ez, úgy tűnik nem érintette meg érzelmileg a diákokat, nem jelentett felfedezési élményt számukra. Ezen eredmény is alátámasztja, hogy a kutatásalapú oktatás sokkal hatékonyabb a hagyományos oktatási formáknál. A két tevékenység közül a tehetséggondozó táborban résztvevő diákok eredményei átlagosan 10%-al jobbak, mint egy átlagos osztály résztvevői esetében. Ez elsősorban jobb fizikával kapcsolatos tudásháttérüknek tulajdonítható, semmi esetre sem a tevékenység kivitelezésébe bevezetett számszoros lakatok alkalmazásának.

A tanulás hatékonyságát igazán az tükrözi, hogy mi marad meg a diákokban hosszú távon. Ennek érdekében az első tevékenységben résztvett 24 diákkal egy évvel később ugyanazt a

kérdéssort töltöttem ki, amelyet közvetlenül a tevékenység végén is kitöltöttek. Ezúttal 22 diák töltötte ki az egy évvel korábban résztvevők közül. Az eredményeket a 12. ábra szemlélteti. Meglepő módon egy év múlva is jól emlékeztek a diákok az általuk elvégzett kísérletekre, nagyon rövid, pár perces felvezetés után el lehetett kezdeni a teszt kitöltését, és a helyes válaszok aránya nemcsak hasonló volt, hanem az első két kérdésnél még többen is válaszoltak helyesen, mint közvetlenül a tevékenység után. Ehhez az is hozzájárulhatott, hogy a teszt első kitöltése után még sor került egy kiértékelésre, amikor megbeszéltük, hogy miből adódtak a hibás válaszok. Az év folyamán a későbbiekben már nem foglalkoztunk a folyadékok mechanikájának témakörével, így igazán öröndetes, hogy a megszerzett tudás tartósnak mondható.



12. ábra A szabadulósobába által tanultak hatékonysága egy évvel később

2.4.2. A második feladatsor tapasztalatai

Miután a második feladatsort leteszteltem az Iskola másként héten egy vegyes diákcsoporttal, következő célként azt tűztem ki, hogy a fizikus szabadulósobás módszerét egy nagyobb mintacsoporton vizsgáljam és hasonlítsam össze, hogy különböző tudáshátterű, illetve különböző életkorú diákok számára mennyire jelentenek nehézséget a feladatok megoldásai. A felmérés célja az volt, hogy az addig csak reál-érdeklődésű diákok esetében tesztelt szabadulósobákat humán osztályos diákok esetében is kipróbáljam, az erdélyi, illetve magyarországi diákok esetében esetleg létező különbségeknek feltárjam, illetve a gimnázium 9. és 11. osztálya közötti különbségeket is vizsgáljam.

A vizsgálat célpontjaként a 2-es táblázat szerinti hat diákcsoportot választottam. Ezen osztályok páronként megfeleltethetőek voltak kor, érdeklődési kör és diáklétszám szempontjából, így 3-3 osztály a budapesti Madách Imre Gimnáziumban, illetve a kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceumban tanult. Az osztályokon belül 5-6 csoport lett kialakítva, a diákok szabad döntésére bízva a csoportok alakítását úgy, hogy egyik csapatban se legyen több, mint 5 diák.

Tanintézmény	Osztály jellemzése és jelölése	Résztvevők	Tesztet kitöltők	Csoportok	Sikeres csapatok
Budapest, Madách Imre Gimnázium	9. osztály humán érdeklődésű (9M)	28	24	6	1
	11. osztály humán érdeklődésű (11Mh)	25	22	6	5
	11. osztály reál érdeklődésű (11Mr)	21	13	5	5
Kolozsvár, Apáczai Csere János Elméleti Líceum	9. osztály humán érdeklődésű (9A)	27	27	6	5
	11. osztály humán érdeklődésű (11Ah)	28	27	6	5
	11. osztály reál érdeklődésű (11Ar)	24	21	5	5

2. táblázat: A második feladatsor összehasonlító vizsgálatában résztvevő diákcsoportok jellemzése

A táblázatból az is látható, hogy a 34 csapat közül 26 (75%) sikerrel vette a feladatsort. Tulajdonképpen csak egy osztály esetében jelentett az időkorlát túl szűk keretet, amely valószínűleg inkább az én hibámból is adódott, hiszen a Madách Gimnáziumban ez volt az első csoportom és a laboratórium környezetét sem ismertem még eléggé, így nekik a főleg szekrényekben elrejtett első feladatlap megkeresése is túl sok időt vett igénybe.

A feladatsor megoldására mindkét intézményben a 2018-2019-es tanév második félévében került sor azonos feltételek mellett tanórai keretben, így a tevékenységre 45 percük volt a csapatoknak. Minden osztály esetében a tevékenység után pár héttel kitöltöttem egy tesztet, amelynek kérdései a feladatsor során megszerzett tudás ellenőrzését követte. Amint a 2-es táblázatból látszik, a tesztet sajnos kevesebben töltötték ki, mint ahányan a tevékenységen résztvettek. A kérdéssort a quizz mobilos applikációban (www.quizizz.com) dolgoztam ki és részletesen a '2.fejezet mellékletei' fejezetben olvasható, beleértve a helyes válaszokat, amint

az az applikáció internetes oldaláról letölthető. Az első két kérdés a tevékenységgel kapcsolatos értékelést, illetve a diákok besorolását kérte a fenti táblázat szerinti csoportokba. A további 13 kérdésre 4-4 válaszlehetőség volt megadva, amelyek közül egy helyes válasz volt egy kivétellel, ahol három helyes válasz volt. Az eredményeket külön bontottam az alábbiakban két kategóriára: a tudományos gondolkodásmód, illetve az információ memorizálása szerint. Az első kategóriába olyan kérdések tartoznak, amelyek a feladatsor közben elvégzett kísérletekkel kapcsolatos tudományos magyarázatot mérték fel, míg a második kategóriába elsősorban a témához kapcsolódó tudósok életrajzi információit kérte vissza.

Kérdés sorszáma	Osztályok jelölése a 2. táblázat szerint					
	9A	9M	11Ah	11Mh	11Ar	11Mr
3	0.52	0.50	0.48	0.55	0.71	0.92
4	0.44	0.42	0.52	0.59	0.57	0.54
5	0.70	0.58	0.37	0.45	0.57	0.77
6	0.56	0.45	0.56	0.50	0.76	0.92
7	0.56	0.50	0.52	0.59	0.71	0.69
10	0.56	0.58	0.63	0.45	0.86	0.85
13	0.63	0.62	0.70	0.68	0.95	0.90
14	0.44	0.62	0.52	0.64	0.90	0.95
Átlagérték	0.55	0.53	0.54	0.56	0.75	0.82

3. táblázat: A tesztkérdések nehézségi indexe (P) osztályonként a tudományos gondolkodásmódra vonatkozóan. Az információ memorizálást számonkérő kérdéseket a 4. táblázat tartalmazza.

A P nehézségi index azt fejezi ki, hogy az adott csoport diákjai közül hány százalék válaszolt helyesen. Látható a 3. táblázat alapján, hogy gyakorlatilag osztálytól függetlenül a feltett kérdések közepes ($P \in (0,5; 0,7)$) vagy könnyű ($P > 0,7$) nehézségűek voltak. A két iskola diákjai, illetve az azonos érdeklődésű és évfolyamú diákok között nincs lényeges különbség. Érdekes, hogy a humán érdeklődésű 11. évfolyamos diákok teljesítménye nagyon hasonló a két évvel fiatalabb társaikéhoz. Talán elmondható, hogy a természettudományok és konkrétan a fizika iránti érdeklődés hiányában nem mutatnak fejlődést a tudományos gondolkodásmódban. Lényegesen jobb eredményeket tapasztaltam a reál érdeklődésű 11. évfolyamos diákoknál mindkét intézmény esetében. Ez már a tevékenységek közben is világosan észlelhető volt,

hiszen a feladatokat sokkal hamarabb, pontosabban és helyes tudományos nyelvhasználat alkalmazásával oldották meg. Ez természetesen elvárható volt részükről.

Kérdés sorszáma	Osztályok jelölése a 2. táblázat szerint					
	9A	9M	11Ah	11Mh	11Ar	11Mr
8	0.93	0.63	0.78	0.50	0.86	0.54
9	0.63	0.46	0.59	0.45	0.86	0.85
11	0.52	0.50	0.56	0.82	1.00	0.77
12	0.70	0.77	0.78	0.77	0.95	0.92
15	0.52	0.58	0.67	0.59	1.00	1.00
Átlagérték	0.66	0.59	0.68	0.63	0.93	0.82

4. táblázat: A tesztkérdések nehézségi indexe (P) osztályonként az információ memorizálására vonatkozóan.

Az információ memorizálását felmérő kérdések esetében (4. táblázat) is hasonló következtetéseket vonhatunk le, mint a tudományos gondolkodásmóddal kapcsolatban, annyi különbséggel, hogy ebben az esetben az eredmények 5-20%-al jobbak.

Érdeemes elemezni a diákok szabadulósobás tevékenységről kifejtett véleményét is. Egyrészt lehetőségük volt nemstruktúrált véleménynyilvánításra is, pár mondatban kifejtve a foglalkozás pozitívumait és negatívumait. Másrészt egy 1-től 5-ös skálán értékelhették a fluidumos szabadulósobát. Pozitívumként a következőket írták le: lehetőségük volt szabadon kutakodni, keresgélni a fizika laborban (az első feladatlap a falburkolat mögé, az eszköztároló szekrényekben, stb. voltak elrejtve), életében először nyithatott ki egy széfet, a kísérlet végiggondolására egyéni gondolatmenetet követhettek, közösen csapatban megvitathatták véleményüket, nem egy teljesen tanár által irányított gondolatmenet vezérelte a kísérletezést, az internet használata nélkül nem lehetett volna kiszabadulni a fizikumból, a Cartesius-búvár kísérlet meglepő eredménye, keresztrejtvény fizikai jelenségek magyarázatából, a tanár, mint a tevékenység moderátora segítőkész és kedves volt.

Negatívumokként megjelenő diákvélemények: az idő szorítása, túl rövid volt az idő, egyes esetekben a feladat és a kód között nagyon laza volt a kapcsolat (például a Cartesius-búvár esetében), sok csapat kis helyen összesűrítve. Az idő természetesen megjelent mint

stresszfaktor, amely nem mindenkit képes motiválni, tehát a módszer nem alkalmazható bármilyen összetételű csoport esetében. Fontos, hogy a csoporton belül legyen legalább 2 olyan diák, aki a többieket sarkallni tudja, számukra feladatot tud leosztani és így hatékonyá válik a csapatmunka. A labor, amely normális tanórán elég tágas, ebben a helyzetben szűknek bizonyult. A diákok a teremben is kellett mozogjanak, megkeresni a feladatlapot, a lakatokat, a széfet, illetve jó lett volna, ha az egyes csapatok között is nagyobb távolság lehetett volna, hogy ne zavarják, befolyásolják egymás munkáját.

A diákok pontszámokkal kifejezett értékelése is érdekesen alakult (5. táblázat). Legkevésbé a 11. humán érdeklődésű diákok és legpozitívabban pedig a 11. reál érdeklődésű diákok értékelték a szabadulósobás foglalkozást, amely különbségek talán inkább a fizika iránti vonzódásukat tükrözi. Valószínűleg hasonló eredményeket kapnánk egy hagyományos oktatási módszereket alkalmazó fizikaóra esetén is.

Iskola / osztálytípus	9. humán	11. humán	11. reál	Átlag
Apáczai Líceum	4.41	4.18	4.73	4.41
Madách Gimnázium	3.92	3.86	4.23	3.97
Összesítve	4.18	4.04	4.53	4.22

5. táblázat: Az egyes osztályok értékelése **5-ös skálán** a szabadulósobás tevékenységről.

Látható, hogy a kolozsvári diákok sokkal jobban értékelték a tevékenységet, amelynek több oka lehet: a kolozsvári diákok számára már otthonos, ismerős volt az én tanítási stílusom, egyben az intézmény vezetője iránti tisztelet is tükröződik, míg a budapesti diákok jelentő része a tevékenység előtt járt már szabadulósobában, egyesek többször is. Ezzel szemben a kolozsvári diákoknak csak kisebb hányada járt előzetesen szabadulósobában, így a foglalkozás az újdonság élményével is hatott.

2.5. ÖSSZEGZÉS

Ez a fejezet az 1. és 2-es tézist támasztja alá. A szabadulósobák oktatásban való alkalmazása nem egyedülálló, de csak az utóbbi 2-3 évben kezd elterjedni. Középiskolai fizikára vonatkozóan azonban úttörőnek tekinthető úgy az iskolán kívüli informális tevékenységek esetében, mint tanórai keretben is. A folyadékmechanikai témakör, mint tananyagon kívüli terület kiemelten érdekessé teszi a diákok számára a szabadulósobás foglalkozást.

Fentiek alapján elmondható, hogy a diákok rendelkeznek alapvető folyadékmechanikai ismeretekkel, amelyeket alkalmazni tudtak a kísérletek elvégzésénél (például a pohár felemelése a lufi segítségével) és a témakört érdekesnek tartották, alaposabb tanulmányozásra is érdemesnek. Igazoltnak mondható ezek alapján, hogy a tanulás hatékonysága magas a kutatásalapú oktatási módszerek esetében. A szabadulósobás foglalkozások egyike lehet az ilyen stratégiáknak. A tevékenység alkalmas volt új jelenségek bevezetésére, fenomenológikus tárgyalására, de az elmélyültebb megértéshez több időre van szükség, amelyre sajnos jelenleg nincs tantervi időkeret szánva.

A szabadulósobás tevékenységek által olyan képességek fejleszthetőek, mint a komplex problémamegoldó, illetve kommunikációs (szociális) készség, amelyeket a Világgazdasági Fórum 2016-os jelentése kiemelt fontosságúnak ítél meg a jövő munkavállalói számára (World Economic Forum, 2016).

A második szabadulósobás tevékenységet tesztelve hat diákcsoporton elmondható, hogy a feladatsort a csapatok többsége számára sikerélmént jelentett, a hasonló diákcsoportok között nem észlelhetőek számottevő különbségek.

Ugyanakkor el kell mondani, hogy egy ilyen szabadulósobás tevékenység nagyon időigényes, mind az előkészítése, mind a kivitelezése során nagy odafigyelést igényel, hogy sikerélményt okozhasson a résztvevő diákok számára.

IRODALOMJEGYZÉK

Borrego, C.; Fernández, C.; Blanes, I.; Robles, S. (2017) Room Escape at Class: Escape Games Activities to Facilitate the Motivation and Learning in Computer Science, *Journal of Technology and Science Education*, 7 (2), pag. 162-171

- Csikszentmihályi M. (1996) *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*, Harper Perennial, New York, ISBN 0-06-092820-4
- Dietrich, N. (2018) Escape Classroom: The Leblanc Process—An Educational “Escape Game”, *Journal of Chemical Education*, 95 (6), pag. 996–999
- Eukel, H.N.; Frenzel J.E.; Cernusca D. (2017) Educational Gaming for Pharmacy Students – Design and Evaluation of a Diabetes-themed Escape Room, *American Journal of Pharmaceutical Education*, 81 (7), pag. 6265.
- Greenemeier, L. (2017) "Escape Room" Game Challenges Physics-Phobes to Face Their Fear, *Scientific American*, Feb 2, <https://www.scientificamerican.com/article/ldquo-escape-room-rdquo-game-challenges-physics-phobes-to-face-their-fear/>
- Hoellwarth, C.; Moelter, M.J. (2011) The implications of a robust curriculum in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, 79, pag. 540
- Nicholson, S. (2015) Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities., White Paper available at <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>
- Nicholson, S. (2018) Creating engaging escape rooms for the classroom, *Childhood Education*, 94 (1), pag. 44-49.
- Schwink, S (2017) Escape room goes quantum physics in Urbana, <https://physics.illinois.edu/news/article/18546>
- Stone, Z. (2016) The Rise of Educational Escape Rooms, *The Atlantic*, 7, <https://www.theatlantic.com/education/archive/2016/07/the-rise-of-educational-escape-rooms/493316>
- World Economic Forum (2016) The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution, pag. 30 http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- Woitech, J. (2019) Escape Games in Physics Education: Students’ Attitudes and Flow Experience, *GIREP-ICPE-EPEC-MPTL Conference 2019, Programme and Book of Abstracts*, Budapest, 1-5 July 2019, pag. 673-674
- <https://www.szabaduloszobak.hu/Budapest/18-ker-arany-janos>
- <https://www.exittheroom.hu/blog/szabaduloszoba-az-iskolaban>
- <https://www.breakoutedu.com/>

<https://www.theescapeclassroom.com>

A 2. FEJEZET ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ PUBLIKÁCIÓK:

1. **Vörös A.I.V.**, Sárközi Zs. (2017) Physics escape room as an educational tool. *AIP Conference Proceedings*, 1916. 050002. 10.1063/1.5017455., 050002-pag. 1-6.
2. **Vörös A.I.V.** (2019) Szabadulósobák a folyadékok fizikájának tanulmányozására, *Fizikai Szemle*, LXIX, 2., pag. 58-63. oldal
3. Fülöp Cs., **Vörös A.I.V.**, Sárközi Zs. (2019) Fluid Dynamics Knowledge Comparison of Students with Different Educational Background, *AIP Conference Proceedings*, beküldve 2019. szeptember

BÍRÁLT ABSZTRAKT:

10. **Vörös A.I.V.** (2019) Educational Escape Rooms for Physics of Fluids, *GIREP-ICPE-EPEC-MPTL Conference 2019, Programme and Book of Abstracts*, pag. 618-619.

3. FOLYADÉKOK FIZIKÁJA ÉS LÉGKÖRFIZIKA A TUDOMÁNYOS JÁTSZÓHÁZAKBAN

3.1. TANULÁS A TUDOMÁNYOS JÁTSZÓHÁZAKBAN

A diákok számára a fizika tanulásának folyamata nagyon összetett, részben a következők miatt: a sok tudományos elmélet absztrakt volta és ezeknek sokak számára nehéz matematikai leírása. A tantervekben szereplő fizikai tartalmak általában leegyszerűsített fizikai modellek, amelyek a legtöbb esetben alig kapcsolódnak a valós helyzetekhez. A fluidumok fizikája és ezen belül a légkörfizikai jelenségek matematikai leírása – komplexitása miatt – bonyolult, így a középiskolában kerüljük ezeket. Ezért a középiskolában inkább kísérleti, tapasztalati megközelítést tudunk alkalmazni. Mivel jelenleg kevés befolyással rendelkezünk az országos oktatási politikákra (hogyan a tanterv része legyen ez a témakör), ezen témák tárgyalása elsősorban iskolán kívüli keretek között oldható meg, például tudományos játszóházakban.

A múzeumok általában és a tudományos játszóházak kiemeltképpen fontos oktatási szerepet töltenek be. A múzeumokban való tanulásra a fő motivációs eszközök belső tényezők, mint például a kíváncsiság, a tanulás élvezete és a kihívások kezelése. Így a múzeumokban a tanulás jellegében eltér az iskolai tanulástól, ahol olyan külső tényezők próbálják motiválni (sok esetben inkább kényszeríteni) a diákot a tanulásra, mint a vizsgák, az osztályzatok, a tanárok és diáktársak elismerése (Semper, 1990). Csíkszentmihályi Mihály különféle belsőleg motivált tevékenységet tanulmányozott (Csíkszentmihályi, 1988). Ezek alapján rámutat arra, hogy ez a fajta tanulás akkor lehet sikeres, ha a kihívás nehézségi foka közel áll, de kissé meghaladja a személy képzettségi szintjét, és ha a visszajelzés azonnali.

A legjobb múzeumokban a tanulás multiszenzoriális jellegű tevékenység. A kiállított eszközök, berendezések vizuálisan izgalmasak, a legtöbbnek van egy bemutató szövege, amely segít megmagyarázni a jelenségeket. De ugyanakkor sok esetben hangot is produkálnak és ösztönöznek arra, hogy megérintsük a kiállított tárgyakat, eszközöket. Ezen változatosság miatt az így bemutatott múzeumi tárgyak révén lehetőség van az emberek által használt különböző tanulási módokhoz egyéni módon kapcsolódni. A tudományos játszóházak játékos hangulata miatt sokan csak gyerekeknek szánt múzeumoknak tekintik ezeket. Azonban a tudományok oktatásában a „játékos” egy komoly oktatási módszer lehet, hiszen a megfigyelési készségek fejlesztéséhez vezet, valamint a kísérletezés és az ötletek tesztelésére sarkall. Ugyanakkor lehetőséget kínál arra, hogy a látogató önállóan fedezze fel a természeti törvényeket.

Vannak esetek, amikor a tudományos játszóházak a tudomány közvetlenebb népszerűsítésére is törekednek. Ilyen a ljubljanoi Hiša Eksperimentov (<https://www.he.si>) esete, ahol minden évben három napos tudományos fesztivált szerveznek. A fesztivál lebonyolítását, szervezését sok önkéntes is vállalja, ezáltal a tudományos előadások, kísérletek a múzeum falain kívül is eljutnak, és az egész város központját belakják érdekes tudományos előadásokkal, eseményekkel. Ilyen módon a fizika eljuthat a nagyközönséghez.

A tudományos játszóházak és a játékos tudományos rendezvények a tanuláshoz minimálisan irányított megközelítést jelentenek és különféle néven írhatók le: felfedeztető tanulás (inquiry-based learning), kutatás alapú tanulás vagy tapasztalati tanulás (experiential learning) (Bell és tsai, 2010; Sims, 1983). A formális oktatás csak ritkán alkalmazhatja ezeket a módszereket, tehát ezek az események és intézmények kiválóan alkalmasak a meglévő strukturális kompetenciák és ismeretek elmélyítésére (Kirschner és tsai., 2006).

3.2. FLUIDUMOK DINAMIKÁJA ÉS LÉGKÖRFIZIKA A TUDOMÁNYOS JÁTSZÓHÁZAKBAN

Az alábbiakban számbaveszem a különböző európai tudományos játszóházakban a fluidumok fizikájával és a légkörfizikával kapcsolatos kiállított eszközöket. Ezen felmérést személyes látogatások, illetve az egyes tudományos játszóházak múzeumpedagógiai szakértőivel folytatott levelezés és a honlapok tanulmányozása alapján végeztem. Így sikerült megismerni a következő tudományos játszóházakat: At-Bristol, Techniquet Cardiff, Science Museum London, mind az Egyesült Királyságban, Csodák Palotája Budapest, Magyarországon, Heureka, Helsinki, Finnországban, Hiša Eksperimentov, Ljubljana, Szlovéniában, MUSE, Trento, Olaszországban, NEMO Központ, Amszterdam, Hollandiában, Phaeno Wolfsburg, Münchener Deutsches Museum, Németországban, Technisches Museum Wien, Ausztriában.

A fenti játszóházakban a fluidumok fizikájához és a légkörfizikához kapcsolódó összes kísérleti eszköznek a részletes bemutatása ebben a keretben lehetetlen, csak egy szűk válogatásra teszek kísérletet. A folyadékdinamikával kapcsolatos jelenségeket emelném ki, mivel a közoktatási fizika tantervekben ez a téma nem szerepel. A leggyakrabban bemutatott jelenségek: turbulens és lamináris áramlás, a Bermuda-henger, illetve örvények és tornádók.

Áramlási tartály több múzeumban is előfordul, ahol a folyadék áramlását fényes csillámkristályok segítségével teszik láthatóbbá. Ezekben a látogató különböző alakú tárgyakat mozgathat és forgathat egy mágnes segítségével, amint az látható a Cardiff-i Techniquetben a

13. ábrán. Ennek segítségével a látogató megtapasztalhatja a turbulens áramlás előfordulásának feltételeit és kapcsolatot teremthet a mindennapi életben tapasztalt hasonló jelenségekkel. Egyes múzeumokban a turbulens áramlást úgy mutatják be, hogy félgömb alakú kupolán belül egy kisebb sugarú gömb van elhelyezve. A kettő közötti teret töltik fel a csillámkristályos folyadékkal. Így a belső gömb elforgatásakor a folyadékban kialakuló örvények láthatóvá válnak (NEMO Centre Amsterdam). Ennek az az előnye, hogy azt sugallja, hogy a Föld körüli légköri mozgások is hasonlóan jönnek létre. Ugyanakkor félrevezető is lehet, hiszen a konvekció, a Hadley-cellák kialakulása ilyen módon nem reprodukálható.



13. ábra Áramlási tartály a Cardiff-i Techniquestben *A kép forrása:*
<http://www.business.techniquet.org/forces/flow-tank>

A Bermuda háromszög rejtélye egy közismert jelenség, ahol állítólag több repülőgép és hajó rejtélyes körülmények között tűnt el. Vitatható az adatok pontossága, de a célunk csak egy lehetséges magyarázat megtalálása. A laboratóriumi kísérletek bebizonyították, hogy a vízben keletkező levegőbuborékok hatására nehezebb tárgyak is elsüllyedhetnek, mivel lecsökken a víz átlagos sűrűsége, így a felhajtóerő nagysága is (May és Monaghan, 2003). Ennek alapján sok tudományos múzeumban a kísérlet neve: Bermuda-buborékok, vagy Bermuda-henger. Ezen eszköz egy vízzel feltöltött nagy méretű hengeres tartályból áll, amelyben a látogató szabályozhatja a tartály alján beáramló levegő mennyiségét. A látogató megfigyelheti (14. ábra), hogy a modellhajó hogyan süllyed a tartály alja felé (At-Bristol). Ha a víz tele van buborékokkal, akkor sokkal kisebb a folyadék átlagos sűrűsége, mint a normál víznek, így a buborékokkal teli víz nem tudja fenntartani a hajót (Egyed, 2012).



14. ábra A Bermuda henger kísérlet az At-Bristol Múzeumban. *A kép forrása:*
<https://www.youtube.com/watch?v=C7A645F-3sk>

3.3. ÁRAMLÁSTANI KÍSÉRLETEK AZ EMPIRX EGYESÜLET ÁLTAL SZERVEZETT KÍSÉRLETSZOMBATON

Az alábbiakban összefoglalok néhány informális tanulási tevékenységet saját tapasztalatomból a légkörfizika és a folyadékok fizikájának témaköréből, amelyet bármely fizikatanár könnyen alkalmazhat. Az ilyen informális tanulási tevékenységeket a tudományos játszóházak, különféle tudományos rendezvények, fesztiválok jelenthetik. Így például bemutatom a Babeş-Bolyai Egyetem Fizikai Kara és az EmpirX Egyesület szervezésében évente megrendezett *Kísérletszombat* rendezvényt. A szervezők egyetemi oktatók, önkéntes kísérletvezetőként egyetemi hallgatók és középiskolai tanárok vesznek részt. Önkéntes kísérletvezetőként az elmúlt években elsősorban áramlástani kísérleteket mutattam be.

Jelenleg Romániában még nincs egy igényesen, komolyabb befektetések árán kialakított tudományos játszóház, csak kisebb helyi kezdeményezések vannak Temesváron és Kolozsváron, illetve egy bukaresti kezdeményezésű vándorkiállítás (Illúziók Múzeuma), amely csak az érzéki csalódások témakörét járja körbe. A tudományos gondolkodásmód népszerűsítése és a tudományos pályaválasztás támogatása érdekében ezek az intézmények kiemelt szerepet töltenek be több országban is, amelyet mind kormányzati forrásokból, mind a tudományos fejlesztéseket támogató magáncégek hathatósan segítenek. Hasonló célt tűzött ki a kolozsvári EmpirX Egyesület és a Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Kara, amely állandó tudományos játszóháza alkalmas tér hiányában már 10 éve szervezi a *Kísérletszombat* című egynapos rendezvényt. Az eseményre az egyetem főépületében és udvarán kerül sor

minden tavasszal. Összehasonlítva tudományos játszóházakkal ez egy alacsony költségvetésű esemény, mivel a kiállított tárgyak jellemzően nem túl drágák, kivitelezési módjuk nem feltétlenül tartós, strapabíró, így nem mindegyik használható egyénileg (hands-on). Emiatt minden kiállított eszköz mellett egy önkéntes (egyetemi hallgató vagy tanár) mutatja be a kísérletet és magyarázatot ad az észlelt jelenségre. Gyakorlatilag ez a fő előnye az ilyen típusú rendezvényeknek a tudományos játszóházakkal szemben, hiszen a látogatók kérdéseket tehetnek fel, a megfigyelt jelenségeket részletesen megvitathatják, az esetleges tévhitet tisztázódhatnak, elősegítve egy magasabb szintű megértést. Sok esetben a látogatók nemcsak az adott kísérlettel kapcsolatban tesznek fel kérdéseket, hanem olyan fizikával kapcsolatos dilemmáikat is megpróbálják tisztázni, amely hosszabb ideje fejtörést okoz nekik. A magyarázatokat lehet adaptálni bármely korosztályra és az egyéni ismeretek szintjére. Az egyetemi hallgatók számára a rendezvényen való részvétel egyúttal kiváló szakmai gyakorlat is, amelynek által fejlődik kommunikációs készségük, a tudományos magyarázatok logikai felépítését gyakorolják, illetve remek csapatépítő tevékenység is.

A Kísérletszombat látogatóinak mintegy 80% -a 5-18 év közötti diák, mivel a rendezvény célja a fizika iránti érdeklődés felkeltése, megerősítése. Az eseményen általában 40-50 kísérletet mutatunk be, több olyan, amelyet minden évben bemutatunk, de minden évben teljesen új kísérletek is megjelennek. A látogató a tudományos játszóházakhoz hasonlóan szabadon választhatja meg, hogy mely kísérleteket szeretne megnézni, de ezek látogatási sorrendjét is, így nem feltétlenül egy adott tematikát követve ismerkednek meg a jelenségekkel. A rendezvény ingyenes és az elmúlt 10 évben Erdély egyik fő tudomány- és kiemelten fizika népszerűsítő rendezvényévé vált.

Hátrányai ezen rendezvénynek a tudományos játszóházakhoz képest: sok önkéntesre van szükség, az eseményen rövid idő alatt nagyszámú látogató van, így nincs alkalmuk minden bemutatott kísérletet behatóan megismerni. Mivel ebben a formában a szervezés időigényes, bonyolult feladat, illetve a szervezők nem főállásban készítik elő, ezért évente csak egyszer vállalható.

Mivel az első benyomás mindenhol fontos, a rendezvény bejáratánál olyan kísérlet van elhelyezve, amely egyből felkelti a látogató érdeklődését, például az óriás füstkarikák vagy cseppfolyós nitrogénnel végzett kísérletek.

Az alábbiakban összefoglalom tapasztalataimat az általam bemutatott a folyadékok, légköri áramlások témakörébe tartozó kísérletekkel (füstkarikák, szolitonhullámok és időjárási frontok, illetve a Kármán-féle örvénysor) kapcsolatban.

3.3.1. Füstkarikák

Az óriás füstkarikákat egy kartondoboz (kb. 80x80 cm alap) vagy az alján kivágott műanyag kuka segítségével hozzuk létre, amelynek a tetején egy kb 30 cm-es lyukat képeztünk, míg a doboz alját egy membrán helyettesíti. A dobozt egy színházi füstgép segítségével töltjük periódikusan füsttel. A füstkarikák a membrán megütésével keletkeznek (15. ábra). A füstkarika impulzusát mutathatjuk be, ha egy műanyag poharat célzunk meg, amelyet így fel tudunk borítani. Ez a célzó feladat roppant izgalmas tud lenni főleg a fiú látogatók számára, amely miatt sajnos sokszor a kísérlet lényege a háttérbe szorul. Hasonló tapasztalatom van tudományos játszóházakban, például a londoni Science Museum, ahol az erős kifeszített membrán a látogatók átlagos korához (3-10 év között) képest túl magasan van elhelyezve. Így ahelyett, hogy kézzel mozgatnák a membránt, a gyerekek rajta ugrálnak. Ez persze roppant szórakoztató tud lenni a gyerekek számára, de a tudományos magyarázatot még a felnőttek sem olvassák el, továbbrohanva a következő kísérlethez. További lehetőség, ha két dobozt használunk egyszerre és a füstkarikákat egymás felé irányítva majdnem egyidőben indítjuk el. Így meg lehet figyelni a füstkarikák egymással való találkozását is, megállapítható, hogy a füstkarikák irányváltoztatás nélkül csak csekély impulzusváltozással haladnak tovább (áthaladnak egymáson).

ITT HIANYZIK A KEP

15. ábra Füstkarikák előállítása a Kísérletszombaton. *(saját fotó)*

3.3.2. Szolitonhullámok és időjárás frontok

A látogatók körében felmérést végeztem a számukra legérdekesebb kísérletekről, ilyen módon kaptunk egy visszajelzést az eseményről. Látogatásuk végén a látogatókat felkértük egy kérdőív kitöltésére, nevezzék meg az öt legérdekesebb kiállított eszközt. Az általuk egyik leginkább említett kísérlet (a látogatók 18%-a) az úgynevezett szökőár volt, amely egy hosszú víztartályból áll (az ELTE Kármán-labora által létrehozott berendezéshez hasonlóan, <http://www.karman.elte.hu/?x=kiserletek/szolitonok>, Gyüre és tsai, 2006). A víztartály mérete: $297 \times 12.8 \times 35$ cm, amelyet egy plexi üveg ketté választ egy kisebb (30-40 cm) részre és egy hosszabb (260-270 cm) részre. A kísérlet kiindulási állapotában szintkülönbséget hozunk létre az elválasztó fal két oldalán. Az elválasztó fal eltávolításakor egy hullám alakul ki, amely a felület mentén halad végig, mint azt a 16. ábra mutatja. Ezt a nagy amplitúdójú hullámcsomagot nevezük szoliton hullámnak, amely terjedés közben megtartja alakját, miközben állandó sebességgel terjed (<http://www.karman.elte.hu/?x=kiserletek/szolitonok>). A hullámterjedés megfigyelhető a víztartályban való továbbterjedés közben, illetve a végéről való visszaverődés által. A víz színezésével, illetve megfelelő fehér háttér választása által a hullám terjedése jobban követhető. A szoliton hullámok érdekessége, hogy a hullámok ütközés után nagyon hosszú ideig (akár 10 percig is) megőrzik alakjukat és sebességüket.



16. ábra Szolitonhullám a víztartályban, az elválasztó fal eltávolítása után, a 2015-ös Kísérletszombaton (saját fotó)

Ezen felszíni szoliton hullámoknak egy jól ismert példája a tsunami vagy szökőár, amelyet földrengés hozhat létre és az óceán felszínén több ezer km-t is haladhat a partokig, ahol pusztító erővel adja le hatalmas energiáját. A szoliton hullámok belső hullámokként is keletkezhetnek a folyadék belsejében két különböző sűrűségű réteg határfelülete mentén.

Ugyanezzel a kísérleti berendezéssel hideg-, illetve melegfrontok is bemutatathatóak. Ha az edény kisebb tételét színes meleg vízzel töltjük fel, az elválasztó fal eltávolításakor ez a vízmennyiség a nagyobb sűrűségű hideg víz felszínére kúszik fel és terjed végig az edény

hosszában. A határfelület mentén a Kelvin-Helmholtz instabilitás vehető észre, amely sokszor a felhők mintázatában is megfigyelhető (Vincze, 2016).

3.3.3. Kármán-féle örvénysorok

A Kísérletszombat keretében több alkalommal is bemutattam a Kármán-féle örvénysorokat, amelyeket a szabadulószozához kapcsolódóan is tárgyaltam a 2.4.2. alfejezetben. Ez egy örvénymintázat, amely áramló kétdimenziós folyadékban jön létre a benne levő tárgyak mögött. Az örvények a tárgy két oldalán felváltva válnak le, egymással ellentétes irányba forognak és okuk a folyadék nagy sebességű áramlása (Jánosi és Tél, 2012; Feynman és tsai, 1986). Az örvénysor megjelenését a Reynolds-szám értéke szabályozza, csak 90 fölötti érték esetében jelenik meg. A Reynolds-szám az eredő erő és a belső súrlódási erők viszonyzáma (mértékegység nélküli szám), amelyet az alábbi képlet definiál:

$$Re = \frac{vd}{\nu}, \quad (1)$$

ahol Re a Reynolds szám, v az áramlási sebesség, d az akadály mérete, és ν a kinematikai viszkozitása a folyadéknak.

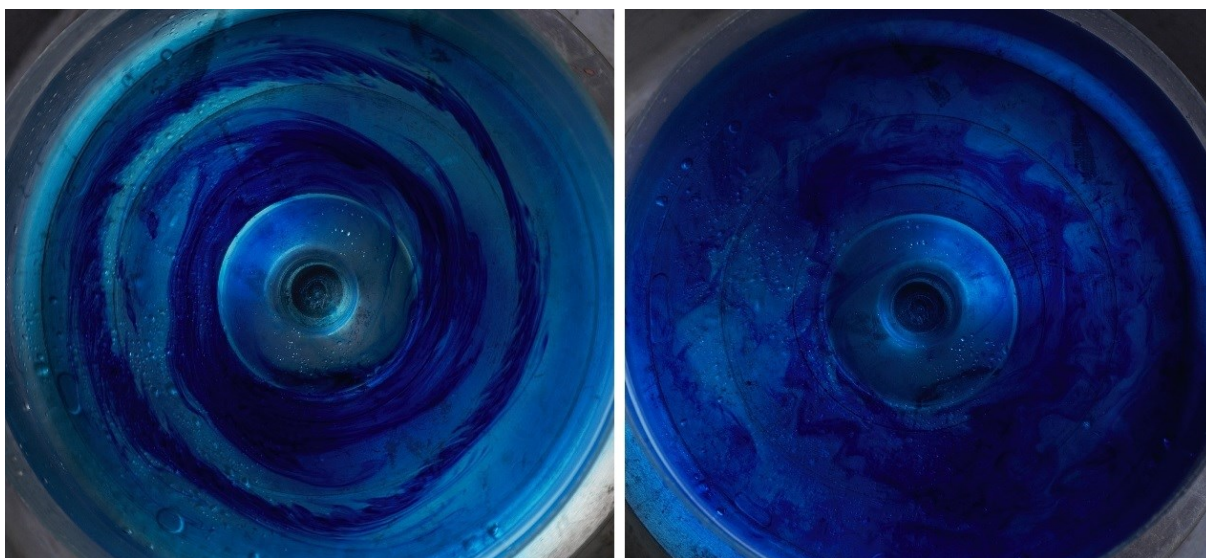


17. ábra Forgó tárcsa hengeres víztartállyal – bal oldal, Kármán-féle örvénysor a fecskendő mögött – jobb oldal (fotó: Vörös Ádám)

A legkevesebb folyadék felhasználásával úgy hozható létre a folyadék áramlása, ha egy forgótárcsára egy hengeres edényt helyezünk el. A forgótárcsa forgási sebessége motor segítségével szabályozható különböző értékekre. A mi esetünkben egy orvosi fecskendő tüje képezi az akadályt a forgás miatt áramlásban levő vízben (a 17. ábra bal oldali képe). Ismert, hogy a forgatott közegekben (Jánosi és Tél, 2012) az áramlás kétdimenziós, azaz jó közelítéssel független a magasságtól. A fecskendőből lassan kinyomott kék tintával a fecskendő mögött

kirajzolódik a tű mögött kialakuló örvénysor. A fecskendőt lassan mozgatjuk az edény széle felől a közepe felé, így az örvények hosszabb ideig, több teljes kör megtétele után is láthatóak (a 17. ábra jobb oldali képe). A Kármán-örvénysor tisztán egy negyedkörben látható csak, az utána keletkező nagyobb méretű örvényhatások kialakulását a forgatott folyadék áramlása erősíti.

A Kísérletszombat keretében a látogatóknak megmagyarázom, hogy ugyanilyen örvénysor figyelhető meg közvetlen környezetünkben egy kő körül egy patakban, amit jobban láthatóvá lehet tenni a patakba dobott falevelek segítségével. Egy másik mindennapokban tapasztalt példája pedig a zászló lobogása a szél hatására, ahol az akadályt a zászló képezi. Hasonló módon képződnek a felhőkben örvénysorok, ahol a hegycsúcsok vagy magas gyárkémények jelenthetnek akadályt (Tél, 2006).



18. ábra A forgó rendszerben a festék (szennyeződés) függönyszerűen helyezkedik el (bal oldal), álló rendszerben a festék az edény teljes térfogatában szétterül (jobb oldal)
(fotó: Vörös Ádám)

Ezen kísérleti berendezés segítségével az is megfigyelhető, hogy a forgó rendszerben a festék befecskendezése után a festék csak kis mértékben oszlik szét. A festék nagy része a függőleges mozgás miatt függönyszerűen megmarad a befecskedés helyének megfelelő sugarú körben. A korong lefékezésekor azonban azt tapasztaljuk, hogy amikor a forgás megszűnik a festék hirtelen szétterül (18. ábra). Ezzel szemléltethető az, ahogy a Föld, mint forgó rendszernek, olyan hatása van a légkörbe kilövelt füstre, vagy vulkáni hamura, hogy az nem oszlik szét egyenletesen, hanem hosszú ideig magas koncentrációban fertőzi a szennyező hely környezetét. A folyamatot több képkockán keresztül követve lehet megfigyelni az M1 és M2. ábrákon a '3.fejezet mellékletei' fejezetben.

3.3.4. Kármán-féle örvénysorok alkalmazása tanórán

Amennyiben a diákokkal tanítási órán tárgyaljuk az örvénysorokat, konkrét méréseket végezhetünk és elemezhetjük, hogy mekkora az örvénysor keletkezéséhez a határsebesség értéke (6. táblázat). Az alábbiakban egy lehetséges tevékenység lépéseit mutatom be, amelyeket reál tagozatos 11. osztályos diákok számára dolgoztam ki és alkalmaztam. A romániai tanterv szerint 11. osztályban utolsó fejezet a Káoszelmélet, amely megengedi, hogy tegyünk egy kitérőt áramlástani jelenségekhez is, mint a Kármán-féle örvénysor. Ezen a szinten egy tanóra keretében a fenti kísérlet és az alábbi számítások könnyen elvégezhetőek a diákok segítségével.

A mi esetünkben az edény átmérője 26 cm volt, a megközelítőleg 20 Celsius fokok víz kinematikai viszkozitásának értéke $0.97 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$, a tű külső átmérője 1.2 mm . Így az áramlási sebesség minimális értéke (90-es Reynolds-számmal számolva) könnyen kiszámolható az 1-es képlet segítségével, amely megközelítőleg 7.3 cm/s . Tehát már relatív kis áramlási sebességek is elegendőek a Kármán-féle örvénysorok keletkezéséhez.

Az edény forgási periódusa (s)	Az edény szögsebessége (rad/s)	A tű távolsága az edény középpontjától (cm)	A víz áramlási sebessége a tű körül (cm/s)	Az áramlási sebesség határértéke (cm/s)
1.616	3.88	6	23.28	7.3
		8	31.04	
		10	38.8	
1.087	5.77	6	34.62	
		8	46.16	
		10	57.7	

6. táblázat: Az áramlási sebesség Kármán-féle örvénysor keletkezéséhez szükséges határértékének számítása a Reynolds-szám alapján

Megfigyelhető, hogy 8 rad/s szögsebesség fölött az akadálymentes vízben az áramlás már nem stacionárius, így a forgókorong szögsebességét $0.25 - 6\text{ rad/s}$ között változtattam. A szögsebesség alsó határa alatt a Kármán-féle örvénysor még csak nehezen figyelhető meg. A 7. táblázat mutatja konkrét eredményeinket, amelyeket a diákok számítottak ki, ahol a diákok az

edény forgási periódusát és a tű középponttól mért távolságát mérték meg. Ezek szerint a kísérletileg vett esetekben a tű körül a víz áramlási sebessége 20 – 60 cm/s között változott. Tehát az edény sugara felénél nagyobb távolságokra az áramlási sebesség lényegesen nagyobb, mint a Reynolds-szám által meghatározott határérték az örvénysorok keletkezéséhez, sőt már 2 cm-nyi távolságra is teljesül az örvénysor keletkezésének feltétele.

Tanítási órán azt is elemezhetjük, hogy különböző természeti jelenségek esetében mekkora a határsebesség értéke (7-es táblázat). Ezen adatokból látható, hogy levegőben még nagyon kis akadályméret esetében is az áramlási sebesség határértéke nagyon alacsony, így az örvénysor könnyen létrejöhethet, a patak esetében azonban sekély, lassú folyású patakok nem kedveznek a Kármán-féle örvénysorok létrejöttének. Ugyanakkor videófelvevételeket is elemeztünk tanórán, ahol a diákok észrevehették, hogy a túl nagy áramlási sebesség estében már nem keletkezik Kármán-örvénysor, hiszen ekkor az örvénylés turbulenssé válik. Ennek oka, hogy az örvénysor megközelítőleg $Re=10\ 000$ -ig marad meg (Feynman és tsai, 1986).

Az örvénysor kialakulásának közege és az akadály típusa	A közeg hőmérséklete (°C)	v (m^2/s)	Akadály mérete d (m)	Áramlási sebesség határértéke v (m/s)
Patakvízben egy kő	1	1.64×10^{-6}	0.20	0.738
Patakvízben egy kő	10	1.27×10^{-6}	0.20	0.57
Patakvízben egy kő	20	0.97×10^{-6}	0.20	0.4365
Felhőben egy sziget hegycsúcsa körül	10	1.42×10^{-5}	100	1.278×10^{-5}
Felhőben egy sziget hegycsúcsa körül	20	1.51×10^{-5}	10	1.36×10^{-4}
Levegőben a zászló rúdja mögött	20	1.51×10^{-5}	0.03	0.0453
Alacsony felhőben egy repülőgép szárnya mögött	10	1.42×10^{-5}	0.10	0.0127

7. táblázat: Az áramlási sebesség Kármán-féle örvénysor keletkezéséhez szükséges határértékének számítása a Reynolds-szám alapján

3.4. ÖSSZEGZÉS

Jelen fejezet a 3. tézis állításait támasztja alá. A fejezet elején a tudományos játszóházak természettudományos szemléletformálásban és az ez iránti érdeklődés megerősítésében játszott fontos szerepét elemzem. Ebben a fejezetben a tudományos játszóházakban bemutatott kísérletek közül csak azokat mutattam be, amelyek a folyadékdinamikával foglalkoznak, mivel nagy érdeklődésre tarthatnak számot, amiatt hogy ez a téma hiányzik a iskolai tantervekből.

A 3.2.-es fejezetben felsorolt tudományos játszóházakban elvégzett elemzés alapján kijelenthető, hogy az általam bemutatott két kísérlet (szolitonhullámok és a Kármán-féle örvénysor) nem jelenik meg egyikben sem. Ezen kísérleteket nagyon szuggesztív hatásuk miatt javaslom erre a célra és terveink szerint a Kolozsvárra tervezett EmpirX játszóházban meg tudjuk valósítani a közeljövőben. Mivel a tudományos játszóházak esetében fontos, hogy minden kísérletet a látogató korosztálytól függetlenül egyénileg tudja kezelni, ezáltal a jelenséget önállóan felfedezni a fentiekhez képest az alábbi módosításokat javaslom.

A szolitonhullámok esetében az üvegtartály törésálló kell legyen és felülről is zárt. A látogató mozgathatná az elválasztó falat, illetve egy gomb megnyomásával újratöltheti a tartály kisebb oldalát. A jelenség tanulmányozását segítené egy az eszközre irányított kamera, amelynek felvétele egy képernyőn újranézhető lehet. Amennyiben az időjárás frontokat szeretné megnézni a látogató, a kisebb térrészt színezett melegvízzel töltheti újra.

A Kármán-féle örvénysor kísérlet esetében a berendezést el lehet úgy készíteni, hogy a látogató változtathassa az edény forgási sebességét és mozgathassa a fecskendő sugárirányban. A fecskendőt úgy kell rögzíteni, hogy azt ne lehessen kivenni, csak fel-le és oldalirányban lehessen mozgatni a víz szintje körül. Ebben az esetben a hengeres víztartály mérete a jobb láthatóság érdekében 50-70 cm közötti átmérőjű kell legyen. Robusztus, törésmentes kivitelezésben a kísérletet még egy fiatal kisdiák is biztonságosan kezelheti. Ugyanakkor meg kell oldani az edényben levő víz periódikus lecserelését, illetve a fecskendő újratöltését festékekkel, amelyet az edény belsejéhez rögzített nagyobb festékes tartállyal lehet megoldani.

A Kármán-örvényt ezen eszköz segítségével könnyen be tudtam mutatni tanórán is, ahol a diákok egyszerű számításokkal elemezték az örvénysor keletkezésének feltételeit is az áramlási sebesség alapján. Ugyanígy elemezték a diákok azon természeti jelenségeket is, ahol látványos a Kármán-örvényt létrejött.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bell, T.; Urhahne, D.; Schanze, S.; Ploetzner, R. (2010) Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges, *International Journal of Science Education*, 3, 1, pag. 349–377
- Csikszentmihályi M.; Csikszentmihályi I.S., eds, (1988) *Optimal Experience: Psychological studies of flow in consciousness*, Cambridge U. P., New York
- Egyed L. (2012) Arkhimédész nyomában, *Fizikai Szemle*, 5, pag. 169-171

- Feynman, R.P.; Leighton, R.B.; Sands, M. (1986) *Mai fizika*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 7, pag. 190-196.
- Gyüre B., Jánosi I., Szabó K.G., Tél T. (2006) Környezeti áramlások. Szemelvények a Kármán Laboratórium kísérleteiből. 1. és 2. rész. *Légkör*, 51/1, pag. 6-12, ibidem 51/2, pag. 6-10
- Jánosi I.M., Tél T. (2012) *Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába*, Typotex, Budapest, pag. 78.
- Kirschner, P.A.; Sweller, J.; Clark R.E. (2006) Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, *Educational Psychologist*, 41, 75, pag.
- May D.; Monaghan, J. (2003) Can a single bubble sink a ship, *American Journal of Physics*, 71, 842,
- Semper, R.J. (1990) Science Museums as Environments for Learning, *Physics Today*, 43, 50
- Sims, R.R. (1983) Kolb's Experiential Learning Theory: A Framework for Assessing Person-Job Interaction. *Academy of Management Review*, 8, 3, pag. 501–508.
- Tél T. (2006) Örvények, festékek, káosz: a keveredés fizikája, előadás kivonat, <http://www.atomcsill.elte.hu/program/kivonat/2005-2006-arch/9>
- Vincze M. (2016) Modelling climate change in the laboratory, *Teaching Physics Innovatively New Learning Environments and Methods in Physics Education, Proceedings of the International Conference Teaching Physics Innovatively (TPI-15)*, Eötvös Loránd University, Budapest, pag. 79-84.

A 3. FEJEZET ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ PUBLIKÁCIÓ:

- 4. Vörös A.I.V.,** Sárközi Zs. (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 Intern. Conf. Teaching Physics Innovatively (TPI-15)*, Graduate School for Physics, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Budapest, pag. 79-84.

4. ENERGIATERMELÉS TANULMÁNYOZÁSA A KÖZÉPISKOLÁBAN

4.1. BEVEZETÉS

A jelenlegi oktatási rendszerben egyre fontosabbá válik a fiatalok kommunikációs készségeinek fejlesztése. Ennek egyik formájaként kiemelt fontosságúnak tekintem a tudományos érvelés elsajátítását köziskolában, és minél több olyan tevékenység szervezését, amelyben a diákok vitatott kérdések kapcsán érveket ütköztetnek. A tudományalapú politikáknak számos olyan területe van, amelyben a közvéleménynek is hatással kell lennie. E kérdések közül sok, mint például a levegőtisztaság, a helyi forgalomirányítás, az élelmiszerek géntechnológiája, az energiatermelés, az éghajlatváltozás összetett problémák. Ezen témák alapjául szolgáló tudományos ismeretek sokszor ellentmondóak. A jelenségek komplexitása miatt többféle társadalmi és környezeti következmény vonható le. Ennek okai lehetnek: az adatok hiánya, a nagyszámú adat feldolgozásából adódó bizonytalanság vagy az elméletek bizonytalanságából származó empirikus bizonytalanság is. Mindezek ellenére a téma iránt érdeklődő személyek megalapozott következtetésekre juthatnak, amelyek alapján képesek lehetnek véleményt formálni olyan fontos kérdéskörben is, mint például az energiatermelés. Így a fizika-tanítás egyik célja az is, hogy segítsen a diákoknak a szakirodalmi adatok, információk alapján megfelelő érveléssel ésszerű következtetéseket levonni.

Az energiatermelés iránti kereslet világszerte növekszik, így az elmúlt 50 évben átlagosan több mint 250% -kal növekedett a termelés világszerte (Ritchie és Roser, 2019). Ugyanakkor a népességnövekedés és a gazdasági fejlődés következtében az Egyesült Államok Energiainformációs Igazgatósága (International Energy Outlook 2017) azt vetíti előre, hogy a világ energiafogyasztása 28%-kal fog nőni 2015 és 2040 között (IEO2017). A fosszilis tüzelőanyagok használatával szembeni nyilvános nyomás sok országban növekszik, így minden országban vita folyik az energiaágazat fejlesztéséről. Ennek következtében ezen fontos gazdasági ágazat átrendezése folyamatosan történik. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a bolygónk energiatermelésének környezeti hatása jelentős, így fontos, hogy minden polgár és különösen a fiatal felnőttek rendelkezzenek az energiaforrásokkal és azok környezetre gyakorolt hatásával kapcsolatos alapvető ismeretekkel, hogy képesek legyenek döntést hozni és véleményt alkotni a jövőbeli energiasztratégiákról (Gambro és Switzky, 1999). Mivel ez a téma sok ellentmondásos kérdést vet fel, így kiváló alkalom arra, hogy vitát kezdeményezzünk tanórán úgy, hogy a diákokat egy szerepjátékba vonjuk be. A szerepjáték egy gyakorta

alkalmazott pedagógiai módszer a társadalomtudományok terén, de a természettudományok tanításában ritkán, vagy egyáltalán nem használják. Példát találunk arra vonatkozóan, hogy bizonyos esetekben az éghajlatváltozás megvitatására alkalmazzák (Belova, 2015).

A romániai iskolai tantervek szinte teljesen elhanyagolják az energiaforrásokkal kapcsolatos információszolgáltatást. A romániai fizika tanterv az általános iskolai évfolyamok számára a 7. évfolyamon csak egy a kötelező tananyag kiterjesztéseként szereplő lehetőségként szerepel egy rövid 2-3 tanórás fejezet energia és élet címmel (lásd a román Oktatási Minisztérium 3393/2017.-os számú rendeletének 2.-es mellékletét), amelyben nagyrészt a tanár döntésére van bízva, hogy konkrétan milyen témát tárgyal ennek keretében. A fizika középiskolai tantervében egyáltalán nem szerepelnek az energiatermeléssel kapcsolatos témák, csak a 12. osztályos földrajz tanterv ír elő a megújuló és nem megújuló erőforrásokról szóló rövid 2 tanórás fejezetet (lásd a román Oktatási Minisztérium 4805/2000 számú rendelete). Jelenleg a román Oktatási Minisztérium tervezi, hogy a 2021-2022-es tanévtől kezdve új középiskolai tantervet dolgozzon ki. Tehát itt az ideje, hogy vitákon alapuló javaslatokat tegyünk a lehetséges új témákra vonatkozóan. Számos állam (Egyesült Királyság, Ausztrália, Magyarország, egyes államok az Egyesült Államokban) az energiaforrások fogalmát a nemzeti tantervbe való felvétel szempontjából fontosnak tartják. Ennek példaként említhető az Amerikai Egyesült Államokban a közoktatásban résztvevő diákok számára kifejlesztett energiarendszer-projektet (Powers és DeWaters, 2009). Ezen témakör bevezetését támasztják alá azok a tanulmányok is, amelyek a közoktatásban résztvevő diákok energiaforrásokkal és az energia termeléssel kapcsolatos téveszméinek felmérésére készültek (Doménech és tsai, 2007; Millar, 2014).

Az energiaforrások és az energiatermelés oktatására több szakértői csoport által nagyon jól kidolgozott oktatási anyag látott napvilágot az elmúlt években. Az angol nyelvű tananyagok jellemzője, hogy elsősorban a megújuló energiaforrásokra koncentrálnak (Sherman, 2003; REACT; Gibson, 2013). Az európai és ezen belül a magyar tananyagok szélesebb rálátást igyekeznek biztosítani (Ortega, 2008; Havas és Varga). Az E.ON által kidolgozott honlapon Havas és társai egy olyan játékos foglalkozást is létrehoztak, amelyen a diákok az energiaforrás kiválasztása után össze kell állítsák az energiatermeléshez használt erőmű főbb komponenseit az energiaátalakítási folyamatok megfelelő sorrendjében, amely egy kiváló segédeszköz lehet az energiatermelési folyamatok megértéséhez. A szakirodalomban nem találunk utalást a vita módszerének alkalmazására az energiaforrások és az energiatermelési folyamatok oktatására.

4.2. A ZÖLD ENERGIATERMELÉS LEHETŐSÉGEI

A fizikaoktatás egyik fontos célkitűzése a diákok környezettudatos attitűdjének kialakítása, amelynek az energiafogyasztás és energiatermelés terén is kiemelt szerepe van. A mindennapokban gyakran találkozunk olyan eszközökkel, amelyek segítségével az ember által kifejtett mechanikai munka elektromos energiává alakító át. Az alábbiakban megvizsgálom, hogy milyen esetekben érdemes / nem érdemes, illetve hogyan lehet ezt a viszonylag kis mennyiségű mechanikai munkát elektromos energiává alakítani. A sok kicsi tényleg sokra megy?... Sajnos nem. Az emberi munkavégzés által termelhető energiamennyiség összességében is kis mennyiség. Mégis lokálisan fontos lehet, olyan helyeken, ahol nincs elektromos hálózat. Pozitív hozadéka lehet még a fogyasztókra gyakorolt nevelő hatása: az, hogy az ember megtapasztalja, hogy milyen fáradtságosan tud önjerejéből elektromos energiát termelni, és az mire elegendő. Elősegítheti az energiafogyasztásunk mértékének közvetlen megértését, illetve a tudatos és ésszerű energiafelhasználást.

Napjaink energiaproblémáinak megoldása kapcsán egyre gyakrabban a helyi, kis mennyiségű energiatermelési módok felé fordítódik a figyelem. Bár sok területen jelennek már meg alternatív energiatermelési módok, meggyőződésünk, hogy még számtalan területen kihasználatlan energiaforrások vannak. Ilyen például az emberi energia. Felmerült, hogy ennek egy részét vissza lehetne nyerni és akár az elektromos hálózaton keresztül hasznosítani. Ennek érdekében számbavesszük, hogy milyen megoldások voltak/ vannak emberi energiával működő berendezésekre és megbecsüljük a kihasználatlan/ kihasználható energiamennyiséget.

4.2.1. Emberi energia régen

A puszta kézzel kifejtett munkát az ember mindig is különböző áttételeken keresztül próbálta úgy átalakítani, hogy az igényeinek megfeleljen, például emelők, csigák, prések. Ahol folytonos munkavégzésre volt szükség, inkább a lábizom munkáját használták ki, esetleg egy lendkerék közbeiktatásával: fazekaskorongok, ferde és egyenesállású mókuskerekek meghajtására (malom működtetésére), vagy taposómalmok működtetésére. Ez utóbbit az emberek büntetés gyanánt élték meg a XIX. században, ugyanis a szerkezet kialakítása olyan volt, hogy folytonos üzemmódot igényelt, amit csak nagy fegyelem mellett lehetett megvalósítani, ezért csak a fegyenceket lehetett erre kényszeríteni. A 19. ábrán látható szerkezeten 6 fegyenc taposta egyszerre a malom lépcsőfokait 30 percig, 5 percet pihent, így 7 fegyencel biztosítani lehetett a folytonosságot, ha 5 percenként mindig egyet felváltott a soron

következő társa (Dean, 2008). Ezeket a taposómalmokat víz pumpálására vagy gabonaszemek őrlésére használták.

A népi eszközök meghajtására nálunk is ismert volt a lábító: emelő, melyet lábbal hajtunk oly célból, hogy annak kilengését egyenes vonalú vagy forgó mozgássá valamely géprészre átvigyük. Gyakran alkalmazták a kézi szövőszékeknél, a rokkáknál, esztergapadoknál, köszörűgépeknél stb., általában ott, ahol nagyobb munkamennyiség kifejtéséről nincsen szó. Tervezésénél figyelembe kellett venni az ember által kifejthető munkamennyiséget és a láb maximális emelkedési magasságát (<http://www.kislexikon.hu/labito.html>).



19. ábra Taposómalom A kép forrása: <http://www.nationalarchives.gov.uk/education/prisoner4099/historical-background/enlarge-treadmill.htm>

4.2.2. Emberi energia napjainkban

A keramikusok ma is szívesen használják a lábbal hajtható korongozóasztalt, sőt egyes varrónők is jobban kedvelik a lábbal hajtható varrógépet. Közismert a mechanikus karóra is, sőt az a változata is, amelyet nem kell felhúzni, mert a járás közbeni mozgás során „húzódik fel”. Olyan vidékeken, ahol nincs elektromos hálózat (magas hegyvidéken vagy a sivatag közepén), érdekes megoldásokat találunk arra, hogy ennek ellenére hogyan működtetnek különböző gépeket. Ilyen például a turmixgép, amely akár 6000 fordulatra is képes percenként. Guatemalában, mivel területének jelentős részét 3000 méter fölötti hegyiségek képezik, így nehéz megoldani az elektromos áramellátást, 1997-ben létrejött egy Maya Pedal elnevezést viselő vállalkozás (<http://www.mayapedal.org>), amely bicikliket alakít úgy át, hogy különböző

gépek meghajtását biztosítsa: **bicilicuada** (turmixgép) (20. ábra), **bicidesgranadora** (kukoricadaráló), **bicibomba** (pedálos vízpumpa), **despulpadora** (kávészemelő), **bicimacademia** (mogyoróhámozó), **biciesmeril** (fémkösörű).



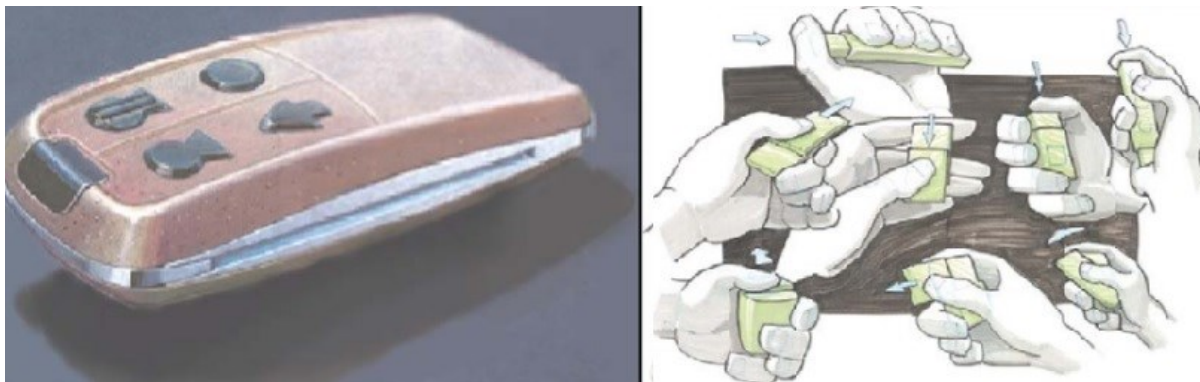
20. ábra Bicilicuada (turmixgép) Guatemalában (Dean, 2008).

Hasonló megoldást használtak még néhány évtizede itthon is a biciklis vándorkösörűsök: a kerékpárral közlekedtek, majd a meghajtott kereket feltámasztva, a pedállal kösörűt hajtottak meg. Természetesen ma is használunk kézi meghajtású fűrőgépet, darálót.

A dinamo-elv alapján ma már át lehet alakítani elektromos energiává is az ember által kifejtett mechanikai munkát. Így az olyan vidékeken, ahol nincs elektromos hálózat, lehet működtetni egy televíziókészüléket, laptopot, zseblámpát. Az elmúlt években megjelentek, és komoly fényerővel rendelkeznek a kis kurblival hajtható LED-es kézilámpák is. A viszonylag kis fogyasztású készülékek töltését is meg lehet így oldani (Jansen & Stevels, 2006). Így például eléggé népszerűek a kézzel felhúzható MP3-as lejátszók, hisz nem kell félni, hogy kifogy az elem, útközben is könnyedén fel lehet tölteni.

A piezoelektromos hatás felhasználásával is történtek próbálkozások. Itt két ismertebb alkalmazást említenék: a testbe építhető szívritmus-szabályozó (pacemaker) töltőt, mint egy igen fontos komfort-megoldást azoknak a szívbetegeknek a számára, akik így nincsenek egy feszültségforráshoz kötve dróttal, illetve az inkább reklámfogásként kihasznált LED-es, világító talpú sportcipőt. Mindezen kis energiafogyasztású eszközökhöz hasonlóan az autó

távirányítójának (21. ábra) működtetéséhez szükséges energiát is egy piezoelektromos cella hajtásából származó energiával oldotta meg a Volvo (Jensen és Stevels, 2006).



21. ábra A Volvo által kifejlesztett piezoelektromos távirányító és működtetési lehetőségei. (Jensen és Stevels, 2006)

Tény az is, hogy manapság az ember izomenergia helyett sok esetben elektromos energiát használ fel munkájának elvégzésére a háztartásban is: seprés helyett porszívóz, mosás helyett mosógépet használ. Viszont, hogy teste egészségét megőrizze tornázik, konditerembe jár. Természetesen felmerült a kérdés, hogy e torna során kifejtett munkát hasznosítani lehetne-e, be lehetne-e táplálni az elektromos hálózatba.

Az első „zöld konditeremben”, amelyet 2007-ben indítottak a Floridai Egyetemi Campuson (<http://rerev.com/>) az edzőbicikliket alakították át úgy, hogy a tekerésükre fordított munkát elektromos energiává alakítsák és tárolják. A gépeken általában digitális kijelző is található, amely feltünteti a termelt energiamennyiséget. Az ötlet alapvetően már száz éves, hiszen 1914 januárjában beszámolnak arról (Popular Mechanics Magazine, 1914), hogy háztartási céllal felhasználható elektromos energia termelésére alkalmas szobabiciklit fejlesztettek ki francia feltalálók. Az energia tárolására két típusú akkumulátort használtak: egy 12 V és 12 A -est, illetve egy 12 V és 25 A -est, amelyek feltöltése körülbelül egy órát vett igénybe. Mivel a termelt energiamennyiség csak egy izzó működtetésére volt elegendő, az ötlet nem fejlődött tovább.

Szinte száz évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy megalakulhassanak a „zöld konditermek”, s az egyidejűleg több edzőgépet energiatermelésre használó létesítmények kis teljesítményű erőművekként szolgáljanak. Az emberek torna közben jól érzik magukat, jószántukból, sőt tudatosan – környezettudatosan cselekszenek, amikor a testedzésük közben felszabaduló energiát a köz javára fordítják. Megjegyzendő, hogy ez egy lényegesen más hozzáállást jelent, mint a taposómalmokban munkára fogott fegyencek esetén. A kondigépek közül a folytonos mozgásúakat érdemes átalakítani, mint az elliptikus kerékpár és a futógép (22. ábra). A kar- és hasizom edzésére kialakított gépeket nem, hiszen ezek esetén kevés a folytonos mozgás.



22. ábra Zöld konditerem A kép forrása: <http://rerev.com/>

Ma már az Amerikai Egyesült Államok több egyetemi kampuszán működnek ilyen „green gym”-ek (zöld konditermek), amelyek eléggé népszerűek. Az ötletgazda nagy reményeket fűz ahhoz, hogy ha Amerika minden konditerme, amit kb. 35.000-re becsül, átállna, akkor ez jelentős mértékű energia volna (<http://rerev.com>). Az elmúlt évek tanulmányai mégis ellentmondóak ezen a téren. A futógépeket tanulmányozva a Kalifornia Egyetem edzőközpontjában több érdekes következtetést vonhattak le. Egyrészt az $1,2\text{ kW}$ energiafogyasztású futógépek működtetése a létesítmény energiafogyasztásának jelentősnek mondható 17%-át teszi ki. Amennyiben a futógépbe egy DC/AC áramátalakítót építünk be, akkor a futó által kifejtett mechanikai energia átalakítható elektromos energiává, de ez az energiafogyasztásnak mindössze 6%-a (Haji és tsai, 2010).

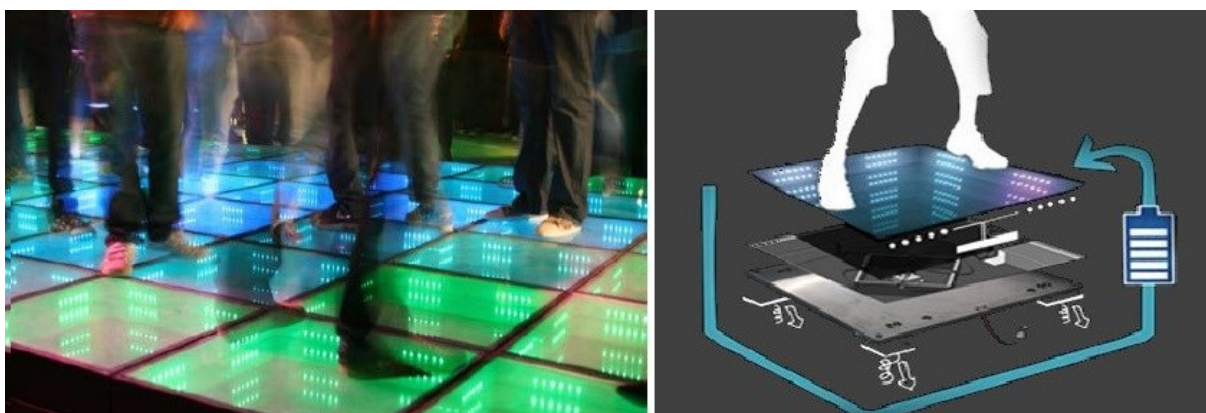


23. ábra Környezettudatos testedzés Nadim Inaty tervei alapján – futurista kép. Kb. 100 W teljesítményt jelenthet, amikor működtetik. A kép forrása: <https://www.coroflot.com/nadiminaty/Green-wheel>

Több elképzelés is született arra, hogy szabadtéri testedzésre is fel lehetne állítani zöldövezetekben olyan futószalagokat (23. ábra), amelyek a megtermelt energiát az elektromos hálózatba juttatnák (<https://www.coroflot.com/nadimnaty/Green-wheel>).

Ötlet szintjén nagyon sok változata van az emberi energia felhasználásának: a gyerekjátékszíntereken levő hinták (főleg körhinták és libikókák) átalakítása, speciális piezoelektromos anyagból készült hátizsákok és melltartók, amelyek futás közben töltenek akkumulátort, sőt egyesek még a légzés közbeni mozgást vagy a véráram mozgásának kiaknázását sem átallják fontolóra venni (Dean, 2008).

Ugyancsak izgalmas próbálkozás a piezoelektromos hatással kialakított padlólapok klubokban (például a rotterdami Watt klubban), ahol a táncosok talpa alatt mozgó padlólap energiát termel. Ezt az energiát a padlólapba beépített LED-csík működtetésére használják. A rendszer a 24. ábrán látható és a tesztelése során átlagosan 2-8 W közötti energiaterjesztmény leadására volt képes (Paulides és tsai, 2011). A rendszer kis energiatermelése miatt nem képes a klub nagyobb fogyasztóinak (reflektorok, hangfalak, légkondicionáló berendezések) működtetésére, így csak a kis fogyasztású LED világításra használható, amelynek elsősorban környezettudatosító szerepe van.



24. ábra A rotterdami Watt klub táncparkettjének piezoelektromos elemei (bal oldal) egyetlen energiatermelő modul tervrajza (jobb oldal) (Paulides és tsai, 2011).

4.2.3. Mire elegendő a zöld konditermek által termelt energia?

Érdekes számításokat végezhetünk diákokkal szakkörön az emberi energiafogyasztással kapcsolatban. Az emberi szervezet élelem és folyadék által felvett napi energiamegnyisége mintegy 2500 Cal, vagyis 10500 kJ. Ebből az energiából, mintegy 60-75%-ot fordítunk az alapvető anyagcsere folyamatokra (légzés, emésztés, vérkeringés, stb.), 10%-ot a szervezetünk hőmérsékletének megtartására (termogenezis) és csak 15-30%-át adjuk le a fizikai munkavégzésünk során (Westerterp, 2013). Így egy teljes napi fizikai aktivitásunk által

maximum 3150 kJ energiát adunk le. Amennyiben ezt 6 órás effektív munkavégzési időre számítjuk, elmondható, hogy egy átlagos ember megközelítőleg 145 W teljesítményű gépnek felel meg. Természetesen, ha figyelembe vesszük, hogy előbbi számításaink szerint napi 18 órát nem történik hasznos energialeadás, akkor a napi átlagos teljesítményünk mindössze 36.25 W. Ezt az értéket összehasonlítjuk egy ember által a saját háztartásában átlagosan fogyasztott elektromos teljesítménnyel. Kiindulva az európai háztartási elektromos energiafogyasztás átlagos évi értékéből, amely 1579 kWh (*forrás*: Eurostat ([nrg_cb_e](#))), elosztva 8760 órával, azt kapjuk, hogy egy európai ember átlagos teljesítményfelhasználása 180.25 W. Ebből következik, hogy jelenleg mintegy ötször több háztartási energiát fogyasztunk, mint amennyit napi aktivitásunk során maximálisan leadhatunk.

Az alapkérdés ezek után az, hogy hány százalékos hatásfokkal tudjuk átalakítani elektromos energiává a fizikai munkavégzésünk során leadott mechanikai energiát. A Californiai Műegyetem Cal Poly Recreation Center projektje keretében tesztelték egy elliptikus kerékpár által termelt elektromos energiateljesítmény értékét különböző (férfi és női) tesztalanyok segítségével. A kerékpárral csak akkor termelhető elektromos energia, ha a rendszerre egy rezisztív terhelést kapcsolunk, hiszen a termelt energiateljesítmény a következő képlettel számítható:

$$P_{le} = M_{ind} \cdot \omega, \quad (2)$$

ahol P_{le} az elliptikus kerékpár által leadott teljesítmény, M_{ind} a a kerékpár által a tengelyre kifejtett indukált forganyomaték, míg ω a kerék szögsebessége. A mérések alapján a négy tesztalany ideális terhelés esetében a leadott teljesítmény értéke 47 és 98 W között változott a tesztalany erőnlététől függően (Arakaki és tsai, 2010). A futógépek esetében hasonló mértékű leadott teljesítményt mértek (Haji és tsai, 2010). Így az alábbi számítások esetében 75 W leadott teljesítménnyel számoltunk mindkét edzőgépre vonatkozóan. Az anyagi vonatkozásairól érdemes Tom Gibson cikkét elolvasni (Gibson, 2011), hiszen a hagyományos eszközök átalakítására is energiát és pénzt kell fordítani.

Az alábbi számítási feladatot 11. osztályos diákokkal az elektromos energia előállítása téma keretében, a váltóáram előállítása fejezethez kapcsolódóan végeztük el. A pusztán energetikai számításoknál a következő egyszerű gondolatmenetet érdemes követni. Hasonlítsuk össze egy atomerőműblokk teljesítményével (kb. 500 MW) azt a teljesítményt, amit Magyarország, Románia vagy az Amerikai Egyesült Államok összes konditerme tudna nyújtani, ha minden edzőgépe át lenne már alakítva. Ahhoz, hogy könnyebb legyen a számok világában eligazodni,

bevezettük mi is a kWh/nap mértékegységet (MacKay, 2011), ami azért áll közelebb a mindennapjainkhoz, mert naponta könnyűszerrel leolvashatjuk az elfogyasztott energiát villanyóránkon. Ebben a mértékegységben kifejezve például a paksi atomerőmű egy blokkja $500 \text{ MW} \times 24 \text{ h/nap} = 12.000 \text{ MWh/nap}$ teljesítményű. A konditermek számára a következő adatokat használjuk: Magyarország 731 (<https://www.edzek.hu/fitness-terem>), Románia 550 (<http://penzcsinalok.transindex.ro/lokalis/20131104-meg-van-hova-izmosodnia-a-helyi-fitnesspiacnak>), illetve USA 38.477 (<https://www.statista.com/statistics/244922/us-fitness-centers-und-health-clubs/>).

Számításunk példaként vegyük Magyarországot. Ha az ország 731 konditermének mindegyikében volna 10 átalakított edzőgép, amelyet állandóan használnak, napi 10 órán át, az $100 * 75 \text{ Wh/nap/konditerem}$. Ez országos szinten összesen $731 * 7,5 \text{ kWh/nap} = 10,6 \text{ MWh/nap}$.

Ország	Konditermek száma	Edzőgépek átlagos száma	Konditermenként 10 h alatt termelt teljesítmény <i>Wh/nap/konditerem</i>	Országos szinten termelt napi teljesítmény <i>MWh/nap</i>
Magyarország	731	10	7.500	5,48
Románia	550	10	7.500	4,12
Amerikai Egyesült Államok	38477	20	15.000	577,15

8. táblázat Zöld konditermek által potenciálisan termelhető elektromos energia-teljesítmény maximális értéke 3 országban

A 8. táblázat értékeiből látható, hogy amennyiben minden konditermet zöld futógépekkel és kerékpárokkal szerelnénk fel, az általuk termelt energiaterjesítmény messze elmaradna egyetlen atomerőműblokk teljesítményétől (egy nagyságrenddel kisebb az USA-ban, a másik két országban négy nagyságrenddel kevesebb).

Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a számításainkban napi 10 órás kihasználtságot vettünk figyelembe, amely csak nagyon ritka esetekben valósul meg. A diákokkal megvizsgáltuk azt is, hogy mit jelent ez háztartási fogyasztókat tekintve. Legyen az átlagos háztartási fogyasztás az egyszerűség kedvéért 10 kWh/nap . Így a magyarországi termelési lehetőség, $5,48 \text{ MWh/nap}$ érték, azt jelenti, hogy 548 magyar háztartás, vagyis egyetlen kis település elektromos energiaszükségletét fedezné az összes zöld konditerem ideális esetben. Románia szintjén ez

mindössze 412 román háztartás energiaszükségletét fedezné. Az Amerikai Egyesült Államok esetében figyelembe kellene venni a jóval magasabb háztartási fogyasztást, amelyet tekintsünk *20 kWh/nap* értékűnek, így 28.857 amerikai háztartás energiaszükségletét fedeznénk. Ez nagy szám egyetlen város szintjén, viszont egész Amerikát tekintve, a háztartások elenyésző hányada. Azt is érdemes hozzátennünk, hogy 7.695.400 amerikai állampolgárnak kellene legalább napi egy órán keresztül edzenie a zöld konditerem gépein.

Talán nem árt, ha diákokkal tanórán elvégzünk egy túlzottan optimista, utópisztikus számítást is: tételezzük fel, hogy a Föld lakosságának az egyhatoda (mondjuk *1 milliárd* ember, hiszen a csecsemőket, betegeket, időseket nem vehetjük számításba) naponta *1 órát* testedzés közben energiát adakozna. Ez már *75.000 MWh/nap*, amely *6* atomerőmű-blokkal érne fel. Viszont ne feledjük, hogy egy ilyen mértékű, globális infrastruktúra kialakítása költségesebb lenne, mint a szóban forgó atomerőművek megépítése (egy atomerőműblokk építési költsége *5-6 milliárd* euró). Könnyebben elképzelhető, hogy ez ~~tehát~~ nem sok, hanem kevés, ha azt nézzük, hogy ha a *10 millió* magyar ember mindegyike adakozna naponta *1 órányi* testedzés-energiát, akkor a termelt összenergia mindössze egy atomerőműblokk energiatermelésének egy tizenhatodával volna egyenértékű. Gibson hasonló számításai szerint az Amerikai Egyesült Államok teljes energiatermelésének biztosításához a világ összes lakója hét és fél hónapon keresztül kellene folyamatosan tekerjen (Gibson, 2011).

A kerékpárral való elektromos energiatermelést oktatási céllal is kamatoztathatjuk, hiszen semmi sem teheti az energiafogyasztásunkat jobban érzékelhetővé, mint az, ha nekünk személyesen kell megdolgoznunk a felhasznált energia előállításáért. A diákok számára emlékezetes tanórai élményt nyújt, ha saját energiájukat elektromos energiává alakíthatják át. Wisconsin-ban bevezettek „energia kerékpár” néven egy oktatási eszközt, amelynek célja egy új perspektívát nyújtani az energia témakörre. A generátorra alakított kerékpárra rákapcsoltak egy oktatási szemléltető panót, amelyre több fogyasztó (hagyományos izzó, kompakt fénycső, hajszárító, rádió, merülőforraló, stb.) van egy áramkörön keresztül bekötve. A diákok kipróbálhatják egyenként működésbe hozni ezen fogyasztókat, illetve egyidőben minden fogyasztót is. Így saját verejtékük által érthetik meg az energia fogalmát és válhat kézzel tapinthatóvá az egyes fogyasztók által felhasznált energiamentiség (Dean, 2008). Hasonló berendezés több tudományos játszóházban is kipróbálható.

Az emberi testedzés melléktermékeként létrejött elektromos energia összességében is kis mennyiség egy atomerőműben termelt energiához képest (kb. 500 MW), de még egy szélérőműben megtermelt energiához képest is (kb. 1,5 MW). Mégis lokálisan fontos lehet,

olyan helyeken, ahol nincs más módja az elektromos energia előállításának. Sok kicsi sokra megy, de haszna inkább csak egy kis energiaspórolás. Pozitív hozadéka főként a fogyasztókra gyakorolt nevelő hatása: elősegíti az energiafogyasztásunk mértékének közvetlen megértését, illetve a tudatos és ésszerű energiafelhasználást.

4.3. PANELVITA AZ ENERGIATERMELÉSRŐL KÖZÉPISKOLÁBAN

4.3.1. A kutatás céljai

A kutatás célja, hogy rávilágítsak a középiskolásoknak az energiaforrások és az energiatermelés oktatásának fontosságára. Tettem ezt egy egyedi új módszerrel, az energia-vita révén, mely az energiatermelési politikákról szól. Az elmúlt években a kolozsvári Apáczai Csere János Gimnáziumban alkalmaztam az energia-vitát. Megállapítást nyert, hogy az energia-vita megfelelő gyakorlati módja annak, hogy a benne résztvevő diákok kiküszöböljék a tévhitet, és új fejezetet vezessen be a fizika tanításába, és esetlegesen a közeljövőben elfogadásra kerülő fizika tanterv számára egy fontos témára tegyen javaslatot. Hasonló céllal született meg az idén Gärtner István energetika elektronikus jegyzete, amelyet középiskolások számára dolgozott ki és a jövőbeli energiapolitikák megismerése céljából dolgozott ki (Gärtner, 2019).

További cél az volt, hogy vizsgáljam meg a 9.-11. osztályos romániai középiskolás diákok energiaforrásokkal és energiatermeléssel kapcsolatos ismereteit. Erre az Alec Bodzin által kidolgozott tesztet alkalmaztam, amelyet ő az Amerikai Egyesült Államok Pennsylvania államában használt, a nyolcadik osztályos diákok energiaforrásokkal kapcsolatos ismereteinek felmérése céljából (Bodzin, 2012).

Ennek a fejezetnek a célja, hogy rávilágítson a diákoknak a témával kapcsolatos téves elképzeléseire, és megmutassa az energiapolitikák megvitatásának hatékonyságát a 11. osztályos diákok esetében.

4.3.2. Az energia-vita módszere

Az energia vitát először a 12. osztályos diákokkal alkalmaztam, majd később a 11. osztályos diákok számára kialakított környezetfizika és -földrajz választható tantárgy (amelyet részletesebben a 6. fejezet mutat be) részeként a tanév végén vezettem be. Ebben a korban a diákok már elegendő háttérinformációt kapnak a témáról, és szellemi fejlődésük elég érett ahhoz, hogy komplex folyamatokat, például energiatermelési stratégiákat, az energiatermelés

környezeti hatásait elemezzék. Ugyanakkor, ebben a korban a diákok többsége már képes érvelni egy alapos dokumentációs folyamat nyomán. Az elmúlt évek tapasztalatai alapján elmondható, hogy a diákok könnyen bevonhatóak ezen téma tanulmányozásába, és szívesen vállalják, hogy további erőfeszítések árán megszerezzék a szükséges információkat egyéni kutatások során.

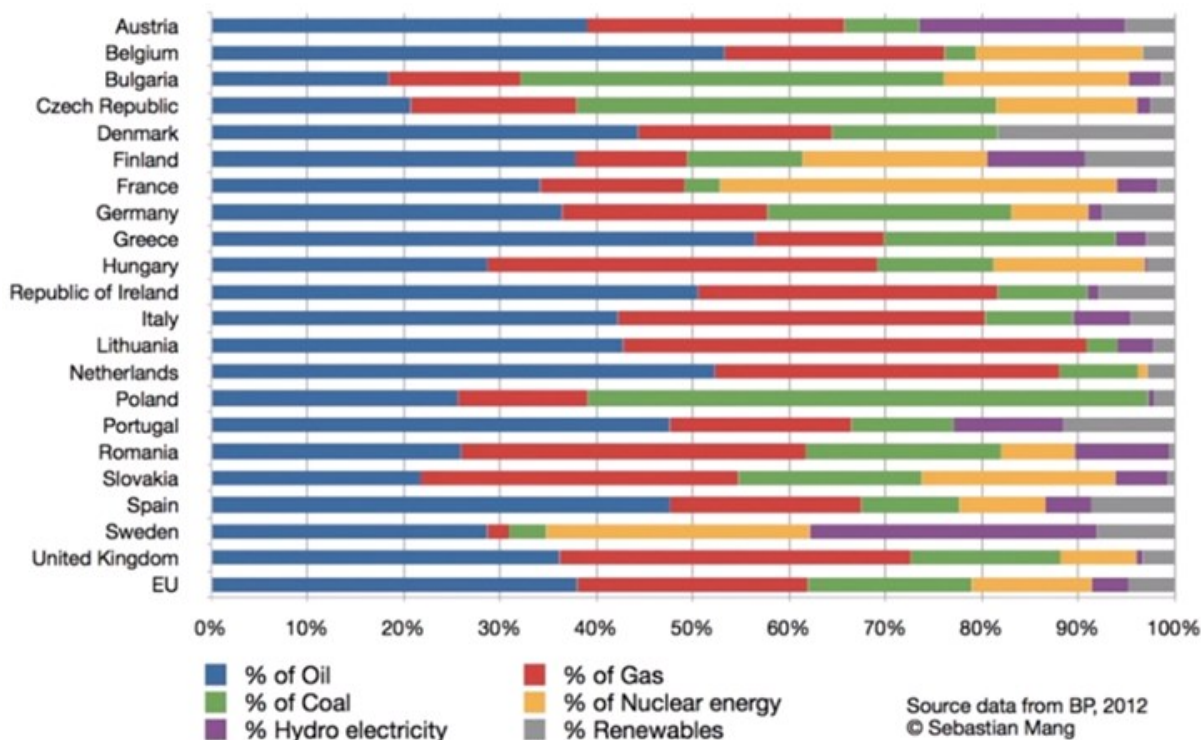
Az érvelés központi szerepet játszik a tudományban és a tudomány megismerésében. Mindazonáltal ritkán használjuk a tudományos érvelést segítő módszereket (Driver és tsai, 2000). Ebben az alfejezetben az energia-vitát mutatjuk be, mint egy egyedi tanítási módszert az energiatermelés megértésére. A módszert a disputa program alapján dolgoztam ki, amely a Soros Alapítványnak köszönhetően erőteljesen terjedt Magyarországon és Romániában egyaránt a kilencvenes években. A disputa programot arra találták ki, hogy megtanuljuk azokat a technikákat, amelyek elengedhetetlenek ahhoz, hogy kritikusan gondolkodó, aktív állampolgárként boldoguljunk egy nyitott, demokratikus társadalomban. A vita elsődleges célja a tanulás. A disputázás legfőbb értékeiként említik a kommunikációs készség és képesség fejlesztését, a kooperációs készséget és a toleranciát, a kritikus és logikus gondolkodást, az ismeretszerzés és a rendszerezés gyakorlását (Hunya, 1998; Gardiner, 2017). A disputa program alapján kidolgozott energia-vita négy különböző részből áll, amely hat tanórát ölel fel. Egy tanítási órát szánok a bevezető résznek (*bevezetés a panelvitába*), az előkészítő megbeszéléshez (*előkészítő megbeszélés, globális nézet*) kettőt, további kettőt a tulajdonképpeni vitának (*az energia-vita*), és az utolsó órát a vitát követő megbeszélésre (*megbeszélés a vita után*).

Bevezetés a panelvitába. A bevezető részben a tanár bemutatja a vita témáját: a diákoknak szerepjáték-helyzetbe kell helyezniük magukat, ahol egy élő közvetítésű TV-műsor résztvevőiként tematikus panelvita zajlik a régiójuk (a mi esetünkben Erdély) energiatermelésének jövőjéről. Fontosnak tartom, hogy a vita ne csak általánosan az energiatermelésről, hanem konkrétan a saját régiójukhoz kötötten történjen, amely érzelmi kötődés által a diákok motivációja is erősebb lesz a téma iránt. Így valószínűbb, hogy a diákok képesek lesznek relevánsabb adatokat kapni a helyi energiatermelésről, annak környezeti hatásait akár saját tapasztalatuk alapján is feleleveníthetik. Ebben a tanórában a diákok rövid ismertetést kapnak az aktuális energiatermelési kérdésekről, és meghívott vendégeket és szakértőket javasolhatnak erre a „TV-műsorra”. A műsorvezető szerepébe helyezve magukat a diákok több lehetséges meghívott előadót javasolhatnak: szakértők különböző energiaforrások típusaihoz (napenergia, nukleáris, szél, vízerőmű, fosszilis tüzelőanyagok, geotermikus

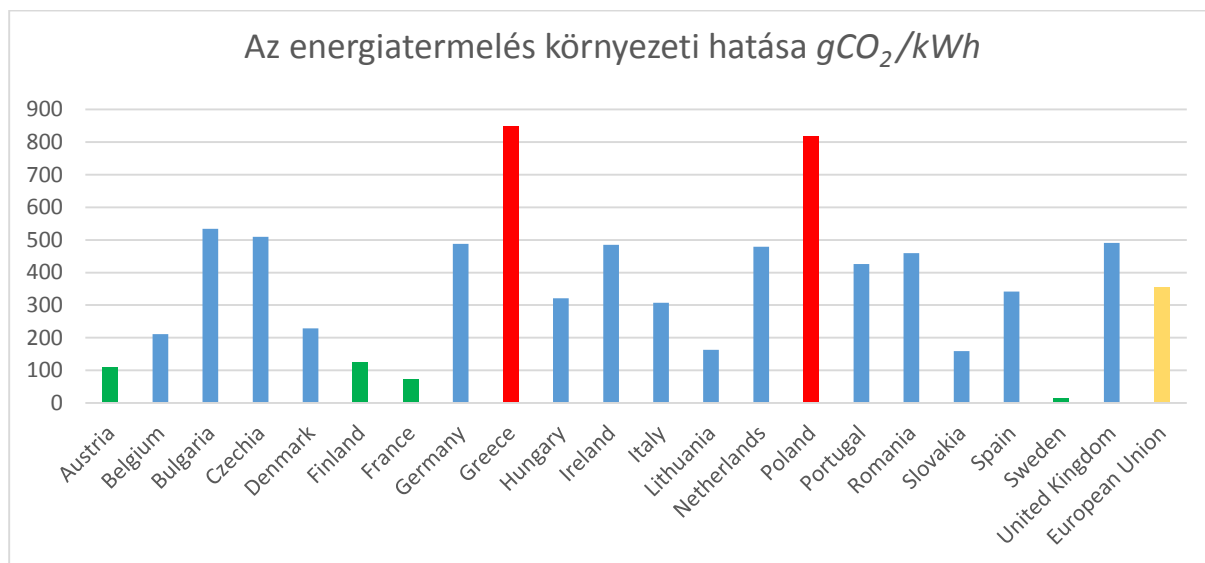
energia, biomassza és más megújuló energia), környezetvédelmi aktivisták, politikusok (városunk polgármestere, miniszterelnök, pénzügyminiszter), az Európai Unió energiapolitikájának szakértője vagy geológus. Vannak olyan szerepek, amelyeket több diák oszt meg, mint például a környezetvédelmi aktivisták, mivel fontos, hogy a diákok olyan témakört képviseljenek a vitában, amelyik érdekli őket. Azok a diákok, akik kevésbé motiváltak erre a témára, vagy akik gyengébb kommunikációs készséggel rendelkeznek, így nem szeretnék résztvenni a vitában a vita megfigyelői lehetnek. A feladatuk, hogy kritikus értékelést készítsenek a panel-vitaról, és azt mutassák is be a a vitát követő megbeszélés során.

Előkészítő megbeszélés, globális nézet. A bevezető szakasz után az energiatermeléssel (főként villamos energiával) kapcsolatban néhány jelentős problémát vizsgálunk: 1. az energia iránti igény növekszik, mivel a népesség és az életszínvonal világszerte emelkedik; 2. szükség van az energiatermelés költségeinek csökkentésére technológiai újítások felhasználásával, 3. az erőművek időben amortizálódnak, jövőbeli beruházásokra és modernizálásukra van szükség; 4. csökkenteni kell az energiatermelési folyamatok környezeti hatásait. Fontos, hogy a diákok megismerkedjenek az energiatermelésben használt mértékegységekkel (*kWh*, *ETA*, *EJ* – Kiss, 2018), illetve hogy össze tudják hasonlítani a különböző erőművek hatékonyságát.

Az előkészítő megbeszélés következő szakaszában megvizsgáljuk különböző országok energiatermelését, elemezve a különböző energiaforrások százalékos eloszlását az adott ország energiatermelésében (lásd a 25. ábrát). Az ábrán például látható, hogy Görögország és Lengyelország kiemelkedik a fosszilis tüzelőanyagok magas hányadával. Ez erős környezeti terhelést eredményez, amit a 26. ábrán látható átlagosan *846,8 g* görög CO₂ kibocsátás tükröz, amelyet *1 kWh* energiatermelés okoz. Franciaország és Svédország energiatermelése nagy mértékben támaszkodik az atomenergiára, illetve a megújuló erőforrások felhasználására. Ennek köszönhető, hogy ezen országokban a legalacsonyabb az energiatermelés környezeti terhelése. Ezen adatok elemzése által a diákok jobban megértik az energiatermelési folyamatokat és ezek környezeti hatásait.



25. ábra Az Európai Unió országainak energiatermelésének százalékos összetétele 2011-ben (Mang, 2012).



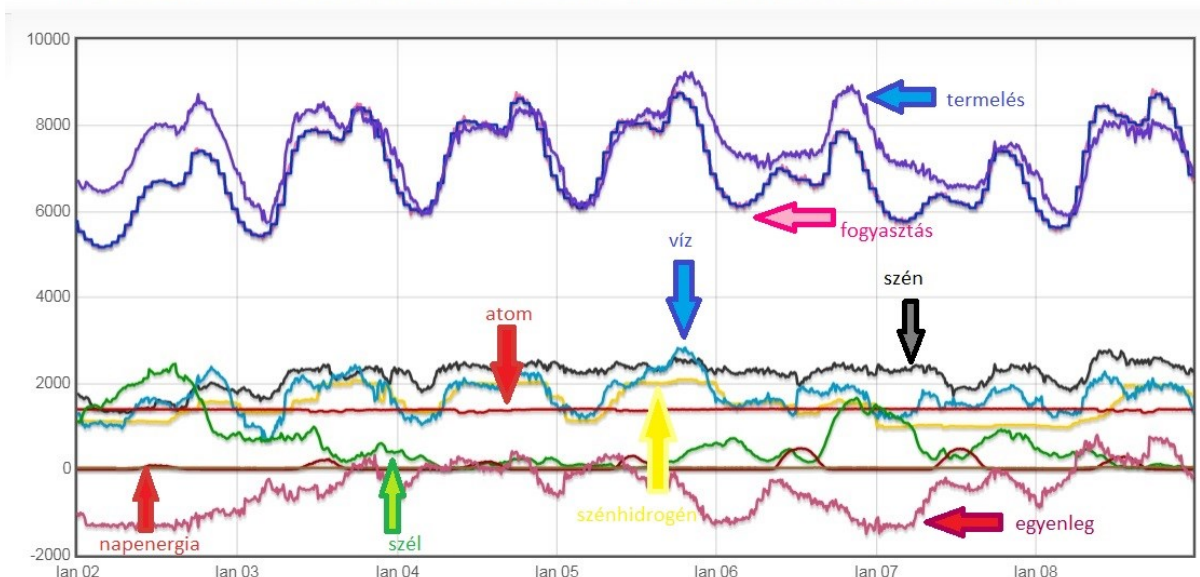
26. ábra Az energiatermelés által okozott CO₂ kibocsátás az Európai Unió országában 2011-ben (Az adatok forrása: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment-4>).

Az előkészítő megbeszélés utolsó kérdésköre a helyi energiatermelés, melyet részletes, naprakész adatok által követhetnek a romániai Nemzeti Energiatermelési Ügynökség honlapján (www.sistemulenergetic.ro), amely értékes és megbízható információforrás. Meg szoktuk vitatni a társadalom egy nap során történő energiafogyasztási változásait, illetve az évszakok

szerinti változásokat is. Ez által láthatják a diákok, milyen mértékű változások történnek az energiafogyasztásban napszaktól és évszaktól függően, amelyet az energiatermelési hálózatnak folyamatosan követnie kell. A honlap által grafikusán is közölt adatok az energiatermelés különböző forrásait is megmutatja (27. ábra). A diákok így láthatják, hogy az atomerőművek állandó teljesítményt biztosítanak, a periódikus változásokat más energiaforrásokkal, főleg vízierőművekkel lehet megoldani. Az egyenleg a termelés és a fogyasztás közötti különbséget adja meg. Ezen elemzések segítik elő, hogy jobban meg lehessen érteni a nemzeti energiatermelési rendszer összetettségét.



Románia energiatermelése és fogyasztása forrásokra bontva 2019. január 1. 23h45 és január 8. 23h45 között (MW)



27. ábra Románia energiatermelésének adatai 2019. január 1-8. között (Az adatok forrása: http://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/-/SENGrafic_WAR_SENGrafic_portlet).

Ebben az előkészítő szakaszban az energia vita minden résztvevője egyéni útmutatást kap a vitában betöltött szerepéhez kapcsolódóan a számára releváns nyomtatott vagy online források segítségével. A tanulók további szakirodalom után kutatnak, amelyet a vitában felhasználnak. Így feladatuk a következő információk dokumentálása: az erőmű építésének és üzemeltetésének költségei, az egyes erőműtípusok humán erőforrásainak szükségessége és kiemelten a környezeti hatások elemzése az erőmű működési elvének megismerése által.

Az energia-vita. A tevékenységet egy dupla tanítási óra (2 x 50 perc) keretébe iktatjuk be. Általában szünet nélkül szervezzük, mivel a diákok a téma, illetve a rendkívüli tanítási módszer

miatt annyira motiváltak, hogy nem is tartanak igényt a szünetre. Az osztályterem elrendezése fontos annak érdekében, hogy megteremtsük a panelvita hangulatát, amint azt a 28. ábra fotói szemléltetik. A diákok névtáblákat készítenek a szerepükkel. Általában ezt egyénileg előkészítik, anélkül, hogy a tanár ezt elvárná tőlük. Az energia-vita forgatókönyvét az alábbiakban ismertetjük, amely azonban függhet a folyamatban résztvevő osztály attitűdjétől, de kiemelten a moderátor személyiségétől.

A fő szerepe a vita moderátorának van, amely szerepet úgyszintén egy diák tölt be. Ő egy rövid vitaindítóval kezd, amelyben bemutatja a vita témáját és néhány általános információt a régió új energiastratégiájának szükségességéről. Az első beszélgetési körben a moderátor szót ad a különböző energiaforrások szakértőinek, így bemutatásra kerülnek a hőerőművek, a napelemes erőművek, a szélgenerátorok, a vízierőművek, az atomreaktorok és a geotermikus erőművek működési elvei, előnyei, környezeti hatásai. Az egyes szakértők által bemutatott prezentációk után lehetőség van a környezetvédelmi aktivisták részéről a véleménynyilvánításra. A részükről elhangzó álláspontra válaszolva reagálhatnak az egyes energetikai szakértők. Ebben az első körben a politikusok szerepét betöltő diákok is tehetnek fel kérdéseket a szakértőknek az információgyűjtés érdekében, illetve hogy a későbbiekben tudományosan megalapozott állásponthoz képviselhessenek.



28. ábra. Az energia-vita teremrendezése (saját fotók, 2018).

A vita második beszélgetési körében az Európai Unió energiapolitikájának szakértője bemutatja a pénzügyi támogatási forrásokat, amelyek lehívhatóak különböző erőművek építése céljából, illetve az Európai Unió energiapolitikáját. Ezt követi a geológus bemutatása a régió jelenleg még kiaknázatlan energiaforrásairól. Végül a politikusok bemutatják az energiatermelő ágazatra vonatkozó politikáikat. Nyilatkozataik után az energetikai szakértők és a környezetvédelmi aktivisták további javaslatokat vagy kritikákat terjeszthetnek elő a bemutatott állásponthoz.

A vita zárásaként a moderátor összegzi a vita főbb következtetéseit, amelyben javaslatokat fogalmaz meg a szakértői vita alapján a régió energiapolitikájára vonatkozóan. Meg kell említeni, hogy a legtöbb esetben a tizenegyedik osztályos diákok már jól kialakult vitakultúrával rendelkeznek, nagyon komolyan veszik szerepüket, lényegretörő kérdéseket képesek feltenni, illetve jól strukturált válaszokat képesek adni a témához kapcsolódóan. A kiemelt szerepeket vállaló diákok sok új információt dolgoznak fel, több esetben a tanár számára is újdonságokkal szolgálhatnak. Az ezek alapján kialakított véleményük releváns, nagy hatással lévén társaik véleményére.

Megbeszélés a vita után. Az energiavita módszerének negyedik és egyben utolsó részére szánt egyetlen tanóra keretében történik a tevékenység kiértékelése. Itt kerülnek előtérbe a megfigyelő szerepét betöltő diákok, akik beszámolójuk által kiemelik a vita főbb elemeit, annak erős és gyenge pontjait, esetleges tárgyi tévedéseket. Általában nagyon kritikusak tudnak lenni társaikkal szemben, de rávilágítanak arra is, hogy ezen a tevékenységen keresztül sok új információt gyűjtöttek össze.

Sok esetben a diákok arról számolnak be, hogy alapvetően megváltozik az adott energiaforrások iránti hozzáállásuk. Általában a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos téves elképzeléseket vázolják fel, így azt, hogy a „zöld energia” kifejezés félrevezető számukra. Arról számolnak be, hogy úgy gondolják, hogy ezeknek nincs egyáltalán környezeti hatása, és hogy széles körben használhatóak, amely révén az energiatermelés jelentős hányada kiváltható. Az atomerőművekkel szemben kialakult erős szembenállásról is beszélni szoktunk. Ennek kapcsán mondták el, hogy osztálytársaik információgazdag érvelése alapján kiderült, hogy ezek megfelelő irányítás és a jelenlegi technológiák mellett elfogadható alternatívák lehetnek.

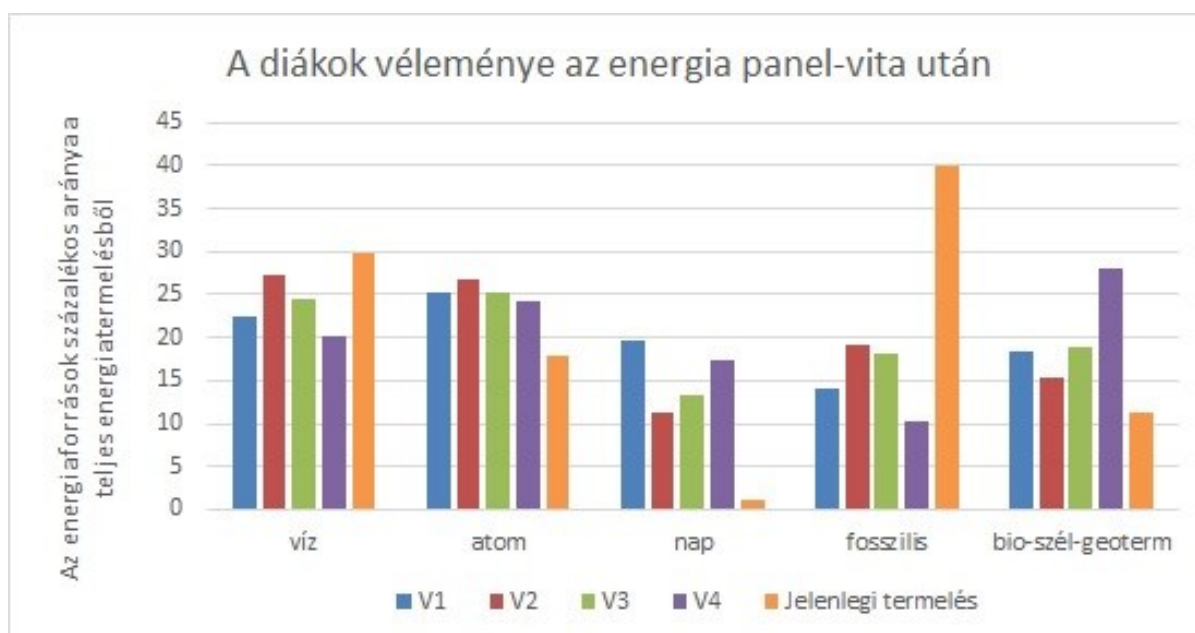
Az egész tevékenység fontos része, hogy a tanárnak erősen bíznia kell a tanulóiban, a vita során lehetőleg semmilyen észrevétel nem szabad közbeavatkoznia. A tanár csak ezen utolsó értékelési szakaszon keresztül ad visszajelzést minden résztvevőnek, és az esetleg elhangzott helytelen információkat kihívítja, vagy kiegészíti olyan részletekkel, amelyek megerősítik a vita során elhangzottakat.

4.3.3. Az energia-vita módszerének kiértékelése

A vita módszerének általában több pozitív hatása van a diákok szellemi fejlődésére: az önbizalom építése, a szóbeli készségek növelése, nyitott gondolkodáshoz, kritikus és logikus gondolkodáshoz vezet (Najafi és tsai, 2016).

Ezek mellett az elmúlt öt évben (2014-2018) a tevékenységek végén felmérés készült az energiatermeléssel kapcsolatos tanulói attitűd változásáról az energia-vita következményeként. Minden évben egyetlen osztály vett részt ebben a tevékenységben. Az első vita (V1) 2014-ben 28 diákkal, 2016-ban a 2. vita (V2) 24 diákkal, a 3. vita (V3) 2017-ben 26 diákkal, és a 4. vita (V4) 2018-ban 24 diákkal zajlott le. Meg kell említeni, hogy az említett 5 éves időszakban csak négy tevékenység követte az energia-vita módszerének pontos módszertanát, míg 2015-ben a tevékenységet a második rész, az „előkészítő megbeszélés, globális nézet” nélkül szerveztük meg. Ebben az esetben a diákok nem kaptak útmutatást, egyénileg kellett információt gyűjtsenek, nem kaptak javaslatokat a bibliográfiai forrásokra vonatkozóan. Minden vita után felmérést végeztem a diákok véleményéről a következő kérdés feltevésével: az energiatermelésnek milyen százalékos összetétele az, amelyet a jövőben (2040-re) elfogadnánk a régióknak számára. Tehát meg kellett adniuk az 5 fő energiatermelési típus százalékos arányát az ország teljes energiatermeléséből. A diákok a nemzeti energiatermelő ügynökség fentiekben már említett honlapjáról ismerték a tényleges termelési adatokat.

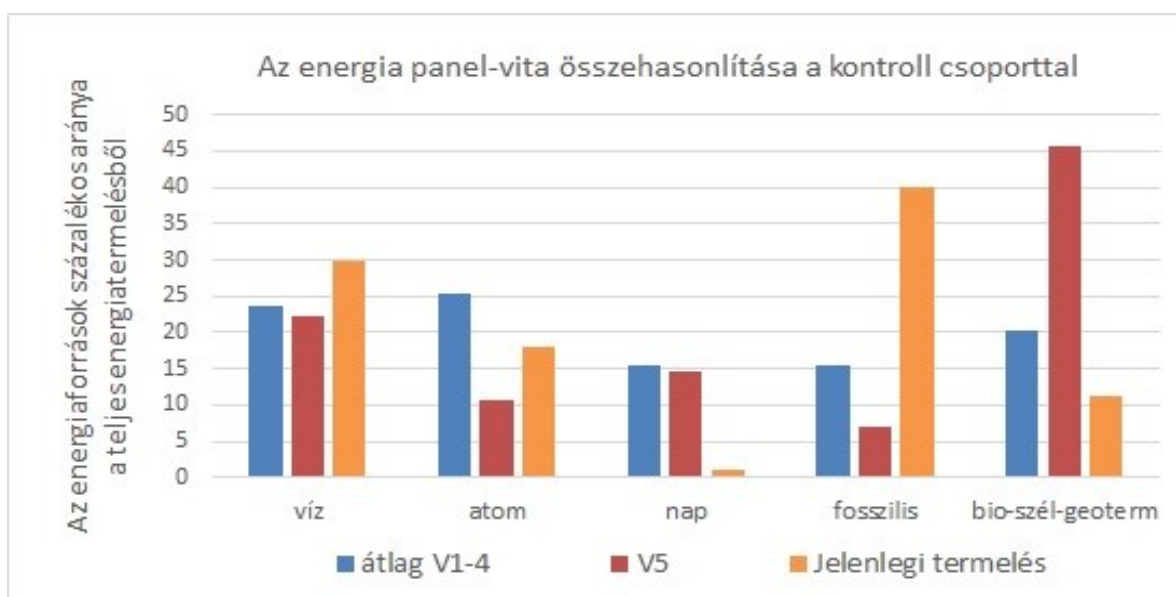
A 29. ábra a fenti kérdésre adott válaszok átlagértékeit mutatja be azon osztályok esetében, amelyeknél a tevékenység a bemutatott módszertant követte. Megfigyelhetjük a diákok nagyon hasonló hozzáállását. A különbségek csak a különböző energiaforrások szakértőinek szerepét betöltő diákok előadásainak hatékonyságát mutatják. Például az első vitában (V1) egy diák nagyon meggyőző volt a napelemek használatával kapcsolatban. Majd a 2. vita (V2) során, egy a közösségen belül nagyon karizmatikus diák, a vízenergia előnyei mellett érvelt hatékonyan. A negyedik vitában (V4) az egyik szereplő nagyon erős érveket mutatott be más megújuló erőforrásokkal kapcsolatban, különösen a geotermikus energiaforrásokra, amelyek az ő megközelítésében Erdélyben egy nagyon fontos erőforrás lehet. Ugyanakkor egy környezetvédő szerepkörben résztvevő diák nagyon meggyőző, sokak számára új érveket hozott fel a vízierőművek környezetre gyakorolt negatív hatásáról.



29. ábra A diákok véleményének felmérése az energia-vita után az elfogadható energiaösszetételről a tényleges energiatermeléshez képest Romániában (www.sistemulenergetic.ro, 2016)

A 2015-ös energetikai vita tevékenysége (V5) kontrollcsoportként szolgált, amely által megvizsgáltam, hogy a diákok hogyan tudják előkészítés és útmutatás nélkül feldolgozni az energiaforrásokról és az energiatermelésről szóló információkat és adatokat. A vitát és az utána következő megbeszélést ugyanabban a formában folytattuk le ebben az osztályban is, majd ugyanezt a kérdést tettem fel a régióink energiatermelésének jövőjéről: az energiatermelésnek milyen százalékos összetétele az, amelyet a jövőben (2040-re) elfogadnánk a régióink számára. Már a vita során észrevehető volt, hogy a szereplők érvelése gyengébb volt, több tárgyi tévedés, hibás kijelentés is történt.

Ugyanakkor, ahogy az a 30. ábrán is látható, az energia-vitát követően a diákok attitűdje ugyanazokat a félreértéseket mutatta, mint azon fiatalok esetében, akik nem vettek részt az energia-vitában (Leitner, 2018). Ez a kontrollcsoport úgy véli, hogy viszonylag rövid időn belül más megújuló erőforrások 45% -os részesedéssel rendelkezhetnek a teljes energiatermelésből, míg a napenergia 15% -os részesedést érhetne el. Ezen “zöld energiaforrások” nagyrészen helyettesítené a nukleáris (10%) és a fosszilis tüzelőanyagokat (7%), amelyeket ezen diákok erősen elutasítanak. Legnagyobb különbség az atomenergia elfogadottsága terén mutatkozik: a V1-4 csoportok mindenike egyetértene az atomenergia részesedésének növelésével, míg a V5 csoport inkább csökkentené ennek részesedését.



30. ábra A kontrollcsoport (V5) összehasonlítása a vélemények négy csoportra vett átlagával (V1-4), és a tényleges termeléssel 2016-ban.

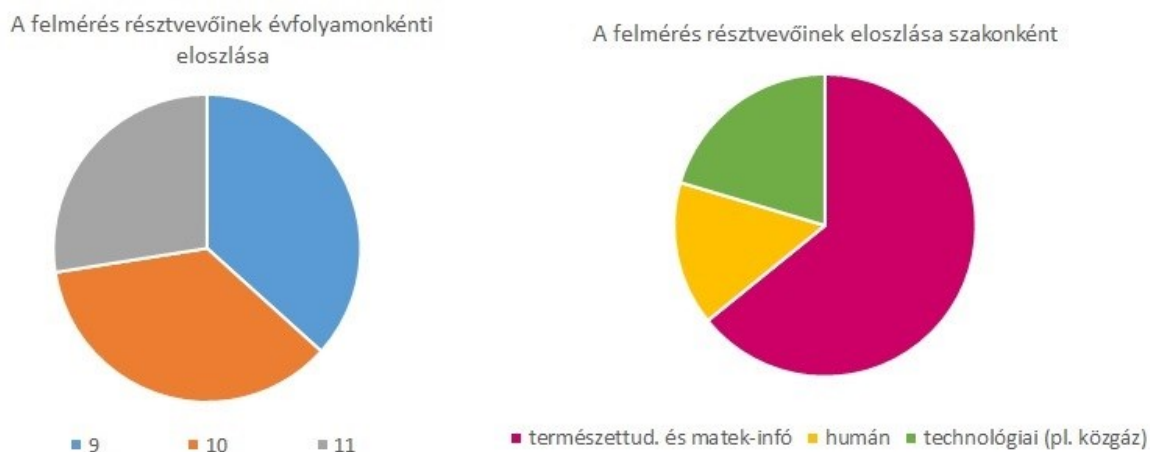
Az eredmények is mutatják, hogy a V5 csoport nézetei csak néhány felületes információforráson alapulnak, nem mélyültek el kellőképpen a témában. Ezen eredmények is mutatják, hogy az energia-vita előkészítésére időt kell szánni, kiemelt szerepe van az „előkészítő megbeszélés, globális nézet” résznek.

4.4. ÁLTALÁNOS TUDÁSSZINT FELMÉRÉS AZ ENERGIAFORRÁSOK ÉS ENERGIATERMELÉS TÉMAKÖRÉBEN

4.4.1. A felmérés tesztalanyai

Ebben a kutatásban tíz romániai magyar tannyelvű középiskolából, tizenhárom tanár által tanított 720 diák vett részt, az erdélyi régió nyolc különböző városából. A felmérés célcsoportjának korcsoportja az alapján volt kiválasztva, hogy fiatalabbak vagy egyidősek legyenek az energia-vita módszer résztvevőivel, ezáltal láthassam az adott korosztály tudásszintjét a témához kapcsolódóan.

A diákok közül 264 (36,7%) a 9. osztályból származott, 258 (35,8%) a 10. osztályból és 198 (27,5%) a 11. osztályból, lásd a 32a. ábrát. A diákok többsége, 573 fő (79,6%) elméleti középiskolai osztályokban tanult, csak 20,4% technológiai osztályokban, főként a gazdasági és turizmus profilon. A diákok mintegy 64%-a (462 diák) matematika-informatika vagy természettudományok profilú osztályba járnak, 111 pedig humán területen: társadalomtudományok vagy filológia (32b. ábra).



31. ábra Az energiaforrás-értékelés résztvevőinek statisztikai adatai (31a. balra - osztályok szerinti megoszlás, 31b. jobb - tudományos program szerinti megosztás)

A diákok iskolai tanulmányaik során csak néhány töredékes információt kaptak az energiaforrásokról és az energiatermelésről. Ez a 4. és 8. osztály földrajz egy-két, a témát érintő tanóráján történt, illetve ugyancsak a földrajzórakon a természeti erőforrások tágabb perspektíváján keresztül 11. osztályban. Esetleg az idegen nyelvek (főként angol és német vagy francia) tanulmányozásán keresztül találkozhattak környezetvédelmi kérdésekkel. Ezek nem tudományos megközelítésének komoly veszélyei lehetnek, hiszen az idegennyelvek tanítására kidolgozott tankönyvek több esetben tartalmaznak olyan újságcikkeket, amelyeknek a forrása nincs ellenőrizve. Így a diákok tudásának nagy része a médiából, online forrásokból és olvasmányaikból származik.

4.4.2. A felmérés módszertana

Az energiaforrások és energiatermelés ismeretfelmérést a Bodzin tanulmánya alapján használtuk fel, amely 39 feleletválasztós kérdést tartalmaz három tartalmi területhez kapcsolódóan: 1. energiaforrások, 2. energiatermelés, tárolás és szállítás és 3. energiafogyasztás. A teszt egy módosított változatát alkalmaztam, annak érdekében hogy legfeljebb 15 perc alatt ki lehessen tölteni, így csak 21 kérdés került kiválasztásra Bodzin felmérő tesztjéből (Bodzin, 2012). Az eredeti felmérés Pennsylvania állam nyolcadikos diákjaival történt. Az első tartalmi területre vonatkozóan 9, a másodikra 7 és 5 kérdés a harmadik tartalmi területre vonatkozó ismereteket mért fel. Minden kérdésre öt válaszlehetőség volt, amelyek közül csak egyetlenegy volt helyes. A felmérés eredményeit a 2., 3. és 4. táblázatok tartalmazzák.

A könnyebb adatkezeléshez és feldolgozáshoz egy online szolgáltatást (www.quizizz.com) használtam. Ennek előnyei: a különböző helyszíneken lévő diákok ugyanazokat a tesztekkel tölthetik ki (a rendszer maximum 5000 diákot enged meg), amelyet bármilyen internetes böngészővel rendelkező eszközön (PC, laptop, tablet, okostelefon) megtehet. A kérdések diákok eszközén egyénileg jelenik meg, így a kérdésekre saját ütemben válaszolhatnak, és a végén megerősítést kapnak a válaszukra. Az alkalmazás részletes jelentéseket nyújt a tanár számára a teljes tanulói csoport szintjén vagy egyéni szinten is, amely egy Excel táblázatban tölthető le. Az alkalmazás segített abban, hogy könnyen eljuttassam a tesztet az összes résztvevő iskolába, és azonnal követhessem az eredményeket, amint a teszt befejeződött. Ily módon az adatok könnyen és gyorsan elemezhetőek, ugyanakkor nem igényelnek papíryomtatást sem. A felmérést otthoni projektként töltötték ki (mivel bárki kitölthette, aki a projekt kódjával rendelkezett) a 2018-2019-es tanév utolsó hetében.

4.4.3. Eredmények

Az 5. táblázat az energiaforrások és energiatermelés teszt alapján mutatja be a diákok ismereteinek összefoglaló statisztikáját. Minden helyes válasz esetén a diákok egy pontot kaptak, míg a rossz válaszokra nulla pontot, így a maximális pontszám 21 volt. A teljes mintacsoport átlagos pontszámai hasonló tévHITEKET és alacsony szintű megértést mutatnak, mint a meglévő irodalom esetében kapott eredmények (Bodzin, 2012; Tortop, 2012; Yuenyong, Jones, Yutakom, 2008; Lee, 2016), attól függetlenül, hogy a vizsgált diákok melyik országból (Pennsylvania állam, Törökország, Thaiföld és Új-Zéland, vagy Németország) származásnak. A diákok többsége nem ismeri fel az úgynevezett zöld források, mint a vízerőművek, a napenergia, a szélturbinák vagy a geotermikus erőművek környezetre gyakorolt negatív hatását. Sok diák úgy gondolja, hogy egy ország energiatermelésének több mint felét nagyon rövid távon megújuló energiaforrások fedezhetik. Az atomenergiával szemben továbbra is komoly fenntartások élnek a társadalomban, amelynek részben az az oka, hogy nem ismerik a jelenleg működő atomreaktorok működési elvét, biztonsági előírásait (Gärtner, 2019). Ezen tényt az elmúlt években több hazai kutatás is megerősítette (Horváth, 2011; Puskás, 2013; Radnóti, 2018).

A 9. táblázatban az átlagérték azt mutatja, hogy a diákok átlagosan csak a tételek felére tudtak helyesen válaszolni, és a szórás is viszonylag magas, vagyis elég sok olyan diák van, akinek a témához kapcsolódó ismeretei minimálisak. Megfigyelhetjük az átlagérték különbségét a diákok szakonkénti bontása szerint is. Természetes, hogy a természettudományok terén jobb

háttérrel rendelkező diákok eredményei a legjobbak. A társadalomtudományok és a filológia szokról származó diákok jobb eredményeit a technológiai osztályok diákjaihoz képest azzal magyarázhatjuk, hogy a középiskolai felvételikor általában magasabb felvételi átlagot értek el, vagyis általános tudásszintjük magasabb, illetve ezen osztályok számára a tizenegyedik osztályban is szerepel az alaptantervben a természettudományok, míg a technológiai osztályok már csak földrajzot tanulnak.

A diákok által végzett középiskolai szakok	N	Átlagos eredmények	Szórás
minden szak	720	10.54	3.9
matematika-informatika vagy természettudományok	462	11.53	3.7
technológiai szakok (közgazdaságtan, turizmus, stb.)	147	7.61	3.2
társadalomtudományok vagy filológia	111	9.32	3.1

9. táblázat Az energia források és energia termelés felmérés eredményei szakonként 21-es skálán (n=720)

A feladatsor elemzéseként számoltam a tételek nehézségi szintjét és az egyes tételek diszkriminációját vagy meredekségét. A 2.4.2 alfejezetben megismert módon elemzem a tételek nehézségi szintjét. A 10-12. táblázatokból látható, hogy minden tétel esetében a P értéke 0,24 és 0,71 között volt. Két tételnél a P érték kisebb, mint 0,3, amely nagyon nehéz kérdést jelent. Kilenc tétel P értéke 0,3 és 0,5 között volt, ami magas nehézségi szintet jelent, míg ugyancsak kilenc tétel közepes nehézségi szintű, vagyis a P értéke 0,5 és 0,7 között volt. Csak egy tétel volt alacsony nehézségi szintű, amelynél P értéke 0,7 felett volt.

A tételek diszkriminációja vagy meredeksége azt mutatja meg, hogy az adott kérdés mennyire képes differenciálni a gyenge és a jó képességű diákok között. Ezt úgy számoltam ki, hogy a legjobban és leggyengébben teljesítő diákok 27%-a esetében számoltam egy átlagos tétel nehézségi indexet. Ezen két érték közötti különbség adja meg a tételek diszkriminációját. A 21 kérdésre vonatkozóan ez az érték 0,31-0,6 között van. Megemlítendő, hogy az alacsony P-értékű (nagyon nehéz) tételek alacsony diszkriminációval rendelkeznek, vagyis csak kis mértékben differenciálnak a diákok között (Hobsley, 1999).

Az alábbi táblázatokban részletesen megvizsgáljuk az egyes tételeket. Az adatokat külön-külön mutatjuk be a három felmért energia-tartalmi területnek megfelelően. Szaktól függetlenül a

diákok teljes csoportját veszem figyelembe. Természetesen, ha az egyes csoportokat szakosodásuknak megfelelően vennék, ugyanazokat a különbségeket tapasztalnánk, mint az 9. táblázatban, ahol a természettudományos háttérű diákok érték el a legjobb eredményeket. A ismerethiány és a tévhitiek többsége minden csoport esetében észlelhető, csak ezeknek a szintje különbözik. A táblázatok utolsó oszlopában összehasonlításként Bodzin eredményeit használom a pennsylvaniai diákokra vonatkozóan.

A 10. táblázat eredményeiből kitűnik, hogy a romániai diákok az energiaforrásokról körülbelül ugyanolyan tudással rendelkeznek, mint a Pennsylvania állambeli diákok. Enyhén jobb teljesítményük elsősorban az idősebb korosztálynak köszönhető, mivel 1-3 évvel idősebbek, így sokkal több ismeretet szereztek. Első látásra feltűnő, hogy a teljes felmérés egyetlen tétele, ahol az amerikai diákok teljesítménye szignifikánsan magasabb volt, az első tétel, ahol a romániai diákoknak csak 58% -os sikeressége volt, míg az amerikai diákok több mint 80% -a tudta a helyes választ. A romániai diákok majdnem 36% -a úgy véli, hogy a víz az eredeti energiaforrás szinte minden élőlénynek a Földön, ami félreértést mutat az energiaforrás és a táplálkozás fogalma között.

Tételkérdés	Helyes válasz	N	P – tétel nehézségi index	Tétel diszkrimi- náció	Bodzin – tétel nehézségi index
1. Mi az elsődleges energiaforrás minden földi élőlény számára?	Nap	720	0.58	0.45	0.81
2. Az alábbiak közül melyik NEM megújuló bioüzemanyag?	kőolaj	720	0.71	0.49	0.51
3. Miből származik a kőolaj és a földgáz?	elhalt tengeri egysejtű élőlények, planktonok bomlásterméke	720	0.42	0.46	0.13
4. A megújuló energiaforrás kifejezés jelentése:	emberi időléptékben megújulni képes energiaforrás	720	0.52	0.57	0.57
5. Melyik energiaforrás nem megújuló	Földgáz	720	0.65	0.56	0.36
6. Melyik fosszilis energiahordozó jött létre többmillió évvel ezelőtt élt mocsári növényekből	Kőszén	720	0.32	0.31	0.17
7. Geotermális erőforrással rendelkező területek	gejzirek, fumarolák, vulkánok, melegvízű források	720	0.69	0.44	0.48

8. A nukleáris energia NEMMEGÚJULÓ, mivel...	az uránium üzemanyagot kőzetekben találjuk, amelyet kibányásznak	720	0.33	0.51	0.21
9. 2250-ben a világ energiatermelésének nagy rész a következő energiaforrásból fog származni	különböző megújuló energiaforrásokból	720	0.61	0.52	0.58

10. táblázat Tétel -elemzés az energiaforrások tartalmi területre vonatkozóan (n=720)

A diákok nagyon magas aránya (71% és 65%, 2. és 5. tétel) meg tudja különböztetni egymástól a megújuló és a nemmegújuló üzemanyagokat. Ugyancsak magas a helyes válaszok aránya a 7. tétel esetében is (69%), amely alapján elmondható, hogy a diákok jól ismerik a geotermális erőművek energiaforrását. A megújuló energiaforrások meghatározásáról (4. tétel) sok diáknak téves elképzelése van. A diákok úgy vélik, hogy a megújuló energiaforrások deffiníciója szerint nem termelnek légszennyezést (14%), vagy nagyon hatékonyak az energiatermelésben (12%), vagy közvetlenül átalakíthatóak hő- és villamos energiává (15%). A romániai diákok jóval nagyobb százalékban (42%, szemben a 13% -kal) ismerik a kőolaj és a földgáz eredetét (3. tétel), mint az amerikai diákok, de még így is elég magas azoknak az aránya (21%), akik az elhalt dinoszauruszok maradványaival társítják ezen energiahordozókat. Hasonlóképpen nem tudták megnevezni a több millió évvel ezelőtti mocsári növényekből képződő fosszilis tüzelőanyagot (6. tétel), mivel a diákok nagyon magas aránya (33%) úgy gondolja, hogy ez a kőolaj, nem pedig a kőszén (32%). A 8. tétel azt mutatja meg, hogy jelentős azon diákok száma, akik nem ismerik az atomerőmű energiatermelő mechanizmusát. Erről elsősorban az jut eszükbe, hogy nagyon radioaktív hulladékot termel, így ezt a válaszlehetőséget választották nagyon sokan (34%) annak megmagyarázására is, hogy a nukleáris energia miért nem megújuló. A kérdéssor utolsó kérdése (9. tétel) természetesen nehezen értelmezhető, inkább a egyének elvárásait tükrözi a jelenlegi tudásunkra építve. Ilyen hosszú időtávlatban (2250) azonban nehéz gondolkodnunk, sőt sokakban az is megfogalmazódik, hogy akkor már nem lesz földi élet.

A 11. táblázatban megvizsgáljuk a második energia tartalmi területre kapott eredményeket: energiatermelés, tárolás és szállítás. Az adatfeldolgozás során kiderült, hogy a diákok többsége nem érti, hogy a különböző energiaforrások hogyan alakulnak át energiaforrásból villamos energiává. A diákok nem ismerik a különböző energiaforrások környezeti hatásait, vagy előnyeit a villamos energia előállításához.

Tételkérdés	Helyes válasz	N	P – tétel nehézségi index	Tétel diszkrimináció	Bodzin – tétel nehézségi index
10. Melyik elektromos energiatermelési módozatnak van a legkisebb környezeti hatása?	geotermális erőmű-nek geotermális potenciállal rendelkező vidéken	720	0.24	0.37	0.14
11. Mit értünk az alatt, hogy egy elektromos energiát termelő erőmű hatásfoka 35%?	az erőműbe bekerülő minden 100 egységnyi energiamennyiségből 35 egység elektromos energiát állítanak elő	720	0.40	0.41	0.36
12. A legtöbb elektromos energiát Romániában a következő energiaforrásból állítjuk elő:	Szén	720	0.32	0.48	0.22
13. A fotovoltaikus cellák energiát alakítanak át direkt módon elektromos energiává.	Fény	720	0.68	0.56	0.43
14. Mi a geotermális erőművek előnye a fosszilis energiahordozók elégetésével működő hőerőművekhez képest?	A geotermális erőművek esetében nem kell szállítani az energiahordozót.	719	0.30	0.38	0.22
15. Egy vízierőmű esetében a víz nyomása eredményezi a turbina forgását, amely révén elektromos energia termelődik. Ez a folyamat példája annak, hogy	a gravitációs helyzeti energia mozgási energiává alakul át.	719	0.28	0.40	0.20
16. A legjobb helyszín egy új gyár felépítésére egy elektromos energiát termelő erőmű közelében van, mivel.....	a szállítás folyamán kisebb az elektromos energiavesztés.	717	0.40	0.60	0.34

11. táblázat Tétel -elemzés az energiatermelés, tárolás és szállítás tartalmi területre vonatkozóan (n=720)

Valószínűleg hosszas vita folyhatna a 10. tétel kérdéséről: a legkisebb környezeti hatású energiatermelési módszerről. Mivel a legújabb kutatások azt mutatják, hogy a geotermikus erőművek földrengéseket okozhatnak (Kwang-Hee és tsai, 2018), a kérdésre adott válaszként több helyes választ is javasolhatnánk, amelyek a következő évek kutatási eredményei alapján és valószínűleg a technológiai folyamatok fejlesztése által is változhat. A lakosság komoly fenntartással kezeli az atomerőművek környezeti hatását a modern erőművek biztonságáról szóló információk hiánya miatt. Ebből is kitűnik, hogy az atomerőművek környezeti hatását ugyanolyan szinten értékeli a diákok, mint a széntüzelésű erőműveket (mindössze 8% -uk jelzi azt, hogy ezeknek a legkisebb a hatásuk). A diákok igen nagy hányada nem ismeri a

szélerőművek (32%), vagy a vízerőművek (28%) lehetséges környezeti hatásait, míg csak 24%-a gondolt a geotermikus erőművekre a feltett kérdéssel kapcsolatban.

Az erőművek hatásfokának meghatározása (11. tétel) is gondot jelent, mivel sok esetben helyes válaszként jelzik az alábbiakat: az erőműbe bekerülő minden 35 egységnyi energiamennyiségből 100 egység elektromos energiát állítanak elő (19%), vagy az erőműbe bekerülő minden 100 egységnyi energiamennyiségből 35 egység veszteség lép fel (23%). A 12. tétel azt mérte meg, hogy a diákok mennyire jól tájékozottak hazánk energiatermelésének forrásaival, hiszen meglehetősen hasonló mennyiségben termelnek energiát szén, kőolaj vagy vízerőművek segítségével. Ezt tükrözik a diákok válaszai is, hiszen 17,5%-a úgy gondolja, hogy a földgáz, 20% a víz, 23%, hogy a kőolaj az ország legjelentősebb villamosenergia-forrása.

Az eredmények azt mutatják, hogy a különböző energiaforrások előnyei nagyon rosszul értelmezhetőek a diákok számára, mivel mind a geotermikus energiaforrások (14. tétel), mind a gyárépítés legjobb helyének (16. tétel) esetében a rossz válaszok hasonlóan magas arányban vannak jelen. A vízerőművek energiaátalakítási folyamata (15. tétel) nem egyértelmű a diákok számára, mivel csak 28% tudta a helyes választ.

A 12. táblázatban bemutatjuk a harmadik energia tartalmi területre vonatkozó eredményeket: az energiafogyasztásra. Ezt a területet értik a legjobban az erdélyi diákok, minden egyes tétel esetében jelentős különbség figyelhető meg az ő tudásuk és a pennsylvaniai diákok ismeretei között. Mégis vannak tévhitek, különösen az energiafogyasztással kapcsolatban, mivel sokan úgy gondolják, hogy a legtöbb elektromos energiát (17. tétel) szórakoztatásra (20%) és a ház világítására (18%) használjuk. Ez a választásuk talán azzal magyarázható, hogy a fiatalok által az otthonukban leggyakrabban használt eszközök a számítógép, a TV és a világítótestek. Ami a legkevesebb energiát fogyasztó eszközt (18. tétel) illeti, a diákok helyesen gondolnak a szórakoztatásra (36%), de sokan azt jelezték, hogy főzésre és élelmiszer-tárolásra (25%), illetve a ház világítására (21%). Ez utóbbi bizonyos esetekben helyes válasz is lehet, mivel a háztartások jelentős része az elmúlt években lecserélte világítási rendszerét az energiahatékony LED-es világító testekre.

Tételkérdés	Helyes válasz	N	P – tétel nehézségi index	Tétel diszkrimináció v. meredekség	Bodzin – tétel nehézségi index
17. Egy átlagos európai háztartásban mire használunk a legtöbb energiát éves átlagban?	a lakás melegítésére és hűtésére	717	0.46	0.47	0.25

18. Egy átlagos európai háztartásban mire használunk a legkevesebb energiát éves átlagban?	szórakoztatásra (TV, számítógép és videójátékok)	716	0.36	0.38	0.10
19. Mire használunk a legtöbb kőolajat Európában?	közlekedésre	716	0.56	0.47	0.30
20. Melyik energiahordozó fog valószínűleg a leggyorsabban kifogyni?	kőolaj	714	0.67	0.49	0.30
21. Milyen mértékegységben mérjük a fogyasztott elektromos energia mennyiségét?	kilowatt-óra (kWh)	713	0.66	0.56	0.18

12. táblázat Tétel -elemzés az energiafogyasztás tartalmi területre vonatkozóan (n=717)

Nem meglepő, hogy a romániai diákok sokkal jobban ismerik a különböző fizikai mennyiségek mértékegységeit (21. tétel), mivel a fizika tanterveiben nagy hangsúlyt fektetünk rá.

Kontrollcsoport eredményei. A fenti energiaforrások és energiatermelés tudásfelmérő tesztet elvégeztem egy olyan osztályban (24 diák) is, amelyben egy évvel korábban az energia-vita módszert alkalmaztam. Ez az osztály matematika-informatika szakos volt, így az összehasonlításnál a 720 diákból csak az ennek megfelelő szakra járó 462 diák (kontrollcsoport) válaszait veszem figyelembe.

Jelentős különbséget észlelhettem a tesztcsoport és a kontrollcsoport között. A 13. táblázatban bemutatott eredmények azt mutatják, hogy ez a csoport jobban megértette a megújuló és nem megújuló erőforrások közötti különbségeket, illetve a villamosenergia-termelés mechanizmusait is. Az energia-vitában résztvett csoport átlagértéke a 21 kérdés elemzésénél 16,14 volt, míg a kontrollcsoporté csak 11,53 volt, vagyis 40% -os a különbség az első csoport javára. Az energia-vita csoport esetében tíz tétel volt alacsony nehézségi szintű ($P > 0,7$), a többi tétel pedig mind közepes nehézségű volt, P-értéke 0,5 és 0,7 között változott. Ez azt mutatja, hogy az energia-vita során megszerzett tudás hosszú távon megmaradt, ez is bizonyítja a módszer hatékonyságát.

Tétel sorsz.	Kontroll csoport		Energia panel-vita csoport		Tétel sorsz.	Kontroll csoport		Energia panel-vita csoport	
	N ₁	P ₁ – tétel nehézségi index	N ₂	P ₂ – tétel nehézségi index		N ₁	P ₁ – tétel nehézségi index	N ₂	P ₂ – tétel nehézségi index
1.	462	0.65	24	0.83	12.	462	0.36	24	0.54

2.	462	0.77	24	0.95	13.	462	0.76	24	0.91
3.	462	0.47	24	0.67	14.	462	0.32	24	0.62
4.	462	0.60	24	0.91	15.	462	0.30	24	0.57
5.	462	0.73	24	0.91	16.	460	0.46	24	0.67
6.	462	0.34	24	0.54	17.	460	0.51	24	0.71
7.	462	0.75	24	0.91	18.	460	0.39	24	0.54
8.	462	0.38	24	0.62	19.	459	0.61	24	0.83
9.	462	0.67	24	0.91	20.	458	0.72	24	0.95
10.	462	0.27	24	0.54	21.	457	0.71	24	0.87
11.	462	0.47	24	0.79					

13. táblázat Az **energia-vita** módszer hatékonyságának tanulmányozása az energiaforrások felmérő teszt **alapján**

4.5. ÖSSZEGZÉS

Ezen fejezet a 4. és az 5. tézis tematikáját dolgozza fel. A fejezet első részében vizsgált emberi energiaforrások lehetőségeivel kapcsolatban megállapítható, hogy bár az ember nem képes jelentős energiamennyiséget leadni, vannak helyzetek, amikor indokolt ezen lehetőségek kiaknázása. Ide tartoznak olyan hordozható kis energiaigényű eszközeink, mint az elemlámpák, távirányítók, stb. Kiemelten indokolt az emberi energia használata olyan földrajzi környezetben, ahol nehéz kiépíteni az elektromos energiahálózatot, mint a magas hegyvidékek, vagy sivatagok. Ugyancsak jelentős szerepe van az emberi energiatermelés alkalmazásának olyan társadalmakban, amelyeknek magas az energiafogyasztása. Ezen közösségek esetében a zöld konditermek elterjedése elősegíti az energiafogyasztással kapcsolatos gondolkodásmód tudatosítását. Ennek nevelő hatása fontos, hiszen a diákok által elvégzett számítások elősegítették az energia fogalmának jobb megértését és így tudatosabb energiafogyasztáshoz vezet.

A 4.3 alfejezet azt vizsgálta, hogy milyen hatással van a diákok attitűdjére az energia-vita, mint új módszer. A diákok legutóbbi öt csoportjával végzett kutatás megmutatja ezen tevékenység beszélgetési és előkészítési szakaszának fontosságát, mivel ez segít a tanulóknak az energiatermelési rendszerek jobb megértésében és az előre megállapított tévhitek feloldásában. Az elmúlt évek energia-vitái során szerzett tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a diákok nem rendelkeznek elegendő ismeretekkel az energiaforrásokkal, az energiaátalakítással, illetve az elektromos energia termelésével kapcsolatban, sőt több tévhit is megfigyelhető. Annak

érdekében, hogy jobban megértsük ezeket a problémákat, egy felmérést végeztem az erdélyi középiskolákból származó fiatalok nagy számú (720 diák) mintáján.

A 13. táblázat eredményei azt mutatják, hogy az energia-vita módszerének köszönhetően a diákok megértik a megújuló és nemmegújuló energiaforrások közötti különbségeket, az energiatermelési folyamatokat, és a tévhitek többségét is tisztázták.

Míg sok országban fontos szerepet tölt be az energiaforrások és az energiatermelés különböző folyamatainak tanulmányozása a fizika tantárgy tantervében, Romániában ezt a témát teljesen elhanyagolják. A diákok energiatermeléssel kapcsolatos hiányos ismeretei, ugyanakkor magas érdeklődési szintjük az adott kérdéskört érintően meggyőző érv, hogy javasoljuk egy új fejezet bevezetését a fizika tantárgy középiskolai tantervébe, különösen a felsőbb, 11. vagy 12. osztályban. Ezen téma tárgyalásának egyik lehetséges módja lehet az energia-vita módszere. A módszer nemcsak készségek fejlesztésére és ismeretek szerzésére alkalmas, hanem a diákok értékelésének is egy alternatív lehetősége, a hagyományos értékelési módszerekkel szemben (Anker-Hansen és Andrée, 2015).

Az átfogó energiaforrás és energiatermelés tudásfelmérésben 720 tanuló vett részt. Megállapítást nyert, hogy ez a mintacsoport alacsony és közepes megértést mutat az energiatermelési folyamatokról. Hasonlóságokat találtunk más országokban végzett felmérésekkel. Összehasonlítva a Bodzin által a pennsylvaniai nyolcadik osztályos diákok alacsony szintű ismereteivel, a mintacsoportunk esetében jobb tudásszintet figyeltem meg. Ez magyarázható az idősebb korcsoporttal, hiszen az iskolán kívüli helyzetekben több információt szerezhetnek a témáról.

A 4.3. alfejezetben az energiaforrásokkal és az energiatermelési folyamatokkal kapcsolatos sok tévhitet mutattam be egy nagy létszámú kontrollcsoporttal (462 hallgató) a Bodzin féle felmérést használva. Mivel ugyanazt a tesztet töltötték ki az energia-vitában résztvevő diákok is, kimutatható az energiaforrások és az energiatermelési ismeretek megértésének releváns változása (40%-os eltérés). Ez mutatja az energia-vita módszer hatékonyságát és az energiapolitikák megvitatásának fontosságát a 11. osztályos diákokkal.

IRODALOMJEGYZÉK

https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_cb_e&lang=en

- Anker-Hansen, J.; Andrée, M. (2015) Affordances and Constraints of Using the Socio-Political Debate for Authentic Summative Assessment, *International Journal of Science Education*, 37 (15), pag. 2577-2596
- Arakaki, J.; Lawrence, P.; Nakamura, A. (2010) Energy Harvesting From Exercise Machines Cal Poly Recreation Center Implementation, pag. 35-38, <https://pdfs.semanticscholar.org/0686/3e79ad8012c77e2421df6199de64e9279976.pdf>
- Belova, N.; Eilks I.; Feierabend T. (2015) The evaluation of role-playing in the context of teaching climate change, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13 (Suppl. 1), pag. 165-190
- Bodzin, A. (2012) Investigating Urban Eight-Grade Students' Knowledge of Energy Resources, *International Journal of Science Education*, 34 (8), pag. 1255-1275
- Dean, T (2008) Human-Powered Home: Choosing Muscles over Motors, *New Society Publishers*
- Doménech, J.L; Gil-Pérez, P.; Gras-Marti, A.; Guisasola J; Martinez-Torregrosa, J; Salinas, J.; Trumper, R; Valdes, P.; Vilches, A. (2007) Teaching of Energy Issues: A debate proposal for a global reorientation, *Science & Education*, 16, pag. 43-64
- Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. (2000) Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, *Science Education*, 84 (3), pag. 287-312
- Gambro, J.S.; Switzky, H.N. (1999) Variables associated with American high school students' environmental knowledge. *The Journal of Environmental Education*, 27 (3), pag. 28-33
- Gardiner, J. (2017) Debate, Argumentation and the Public Sphere: The Importance of Debate in Education and the Wider Society, pag. 1-17.
- Gärtner I. (2019) Energy supply only with renewables?, GIREP-ICPE-EPEC-MPTL Conference 2019, Programme and Book of Abstracts, Budapest, pag. 541-542.
- Gärtner I. (2019) Energetika középiskolák számára, elektronikus jegyzet
- Gibson, J.; Isermann, S.; Gahm, J.; Lynch R.M. (2013) Renewable Energy Projects for the Classroom, *Illinois Valley Community College*, <https://www2.ivcc.edu/mimic/nsf/Resources%20for%20Teachers/Renewable%20Energy%20Projects%20-%20Handbook.pdf>
- Gibson, T. (2011) Turning sweat into watts, *IEEE Spectrum*, 48 (7), pag. 50-55

- Haji, M.N.; Lau, K.; Agogino, A.M. (2010). Human Power Generation in Fitness Facilities. *ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability*, 1, pag. 495-501
- szerk. Havas P.; Varga A. EnergiaVilág tanári kézikönyv, EnergiaKaland, E.ON Hungária és E.ON Földgáz Kommunikációs osztálya <http://www.energiakaland.hu/energiavilag>
- Hobsley, M. (1999) Counting apples with oranges: A limitation of the discrimination index. *Medical Education*, 33 (3), pag. 192-196
- Horváth A. (2011) Az atomenergetika megítélése Magyarországon a fiatalok körében, *Nukleon*, 4 (91), pag. 1-8
- Hunya M. (1998) A disputa program, *Soros Alapítvány*, Budapest http://www.kka.hu/_soros/kiadvany.nsf/44cfa372d3c5a279c1256e9600682640/dfd9dd049983bfb3c1256e1900651f43?OpenDocument
- IEO2017, International Energy Outlook 2017, *US Energy Information Administration*, [https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo17/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo17/pdf/0484(2017).pdf)
- Jansen, A.; Stevels A. (2006) Combining eco-design and user benefits from human-powered energy systems, a win-win situation, *Journal of Cleaner Production*, 14, pag. 1299-1306
- Kiss, Á. (2018) *Energiatermelés és környezet Phd kurzus fizikatanároknak*, ELTE, Fizika tanítása doktori program, kézirat
- Kwang-Hee, K.; Jin-Han, R.; YoungHee, K.; Sungshil, K., Su Young, K.; Wooseok, S. (2018) Assessing whether the 2017 Mw 5.4 Pohang earthquake in South Korea was an induced event, *Science*, 360, 6392, pag. 1007-1009
- Lee, R.P. (2016) Misconceptions and biases in German students' perception of multiple energy sources: implications for science education, *International Journal of Science Education*, 38 (6), pag. 1036–1050
- Leitner L. (2018) Gondolom, hogy tudom, I think I know, *Gradus*, 5 (2), pag. 292-297
- MacKay, D.J.C. (2011) Fenntartható energia - mellébeszélés nélkül, *Vertis&Typotex*, Budapest
- Mang, S. (2013) The need for a new European Union Energy Policy, <https://www.e-ir.info/2013/08/16/the-need-for-a-new-european-union-energy-policy/>
- Millar, R. (2014) Teaching about Energy: From Everyday to Scientific Understandings, *School Science Review*, 96 (354), pag. 45-50

- Najafi, M.; Motaghi, Z.; Nasrabadi, H.B.; Heshi, K.N. (2016) “Debate” learning method and its implications for the formal educational system, *Educational Research and Reviews*, 11 (6), pag. 211-218
- Ortega, S.A. (2008) Energy resources teaching notes http://www.xtec.cat/monografics/cirel/pla_le/nottingham/susanna_amoros/teaching_notes.pdf
- Paulides, J.H.; Jansen, J.W.; Encica, L.; Lomonova, E.A.; Smit, M. (2011) Power from the people: Human-powered small-scale generation system for a sustainable dance club, *IEEE Industry Applications Magazine*, 17 (5), pag. 20–26
- Szerk. Popular Mechanics Magazine (1914) New French Exercising Machines, *Popular Mechanics Magazine*, 21 (1), pag. 5-6
- Powers, S.E.; DeWaters, J.E. (2009) Energy Systems and Solutions, *TeachEngineering Digital Library* https://www.teachengineering.org/curricularunits/view/cla_energyunit
- Puskás F.B. (2013) Az atomenergia megítélése az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának hallgatói körében, *Nukleon*, 6 (149), pag. 1-6
- Radnóti K. (2018) A nukleáris energia elfogadása a tanulóifjúság körében több évtizedes távlatokban vizsgálva http://nuklearis.hu/sites/default/files/nuklearis2018-toto-elemzes_RadnotiK.pdf
- R.E.A.C.T. Renewable Energy Activities – Choices for Tomorrow Teacher’s Activity Guide for Middle Level Grades 6-8, *National Renewable Energy Laboratory Education Programs*, <https://www.nrel.gov/docs/gen/fy01/30927.pdf>
- Ritchie, H.; Roser M. (2019) Energy Production & Changing Energy Sources. *OurWorldInData.org*. <https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources>
- Sherman, R. és tsai. (2003) Renewables are Ready A Guide to Teaching Renewable Energy in Junior and Senior High School Classrooms, Union of Concerned Scientists https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/clean_energy/renewablesready_fullreport.pdf
- Tortop, H.S. (2012) Awareness and misconceptions of high school students about renewable energy resources and applications: Turkey case, *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4 (3), pag. 1829-1840

- Westerterp, K.R. (2013) Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants and effects, *Frontiers in Physiology*, 4 (90), pag. 1-11.
- Yuenyong, C.; Jones, A.; Yutakom, N. (2008) A Comparison of Thailand and New Zealand Students Ideas about Energy related to Technological and Societal Issues, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, pag. 293-311

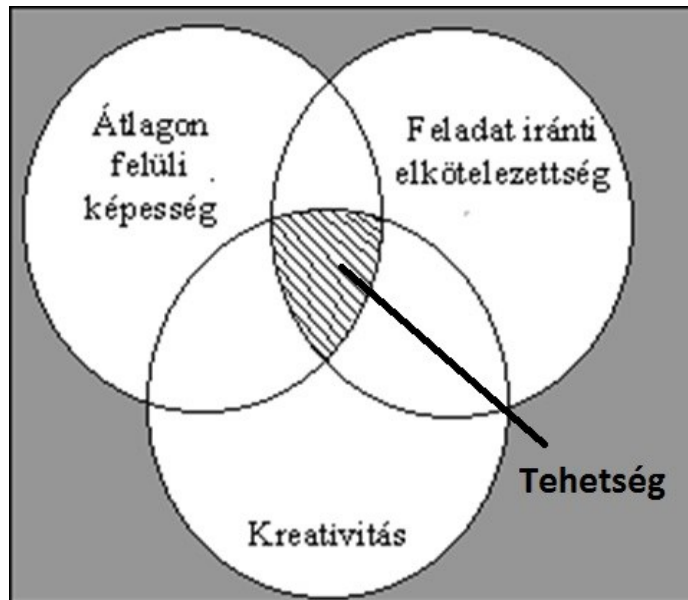
A 4. FEJEZET ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ PUBLIKÁCIÓK:

5. **Vörös A.I.V.** (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 A.I.V.** (2019) Outcomes of an Optional Environmental Physics Course in High School, *AIP Conference Proceedings*, beküldve 2019. szeptember
7. **Vörös A.I.V.**, Sárközi Zs. (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 A.I.V.** (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.

5. TEHETSÉGAZONOSÍTÁS ÉS TEHETSÉGGONDOZÁS ALTERNATÍV LEHETŐSÉGEI

5.1. TEHETSÉGGONDOZÁS A FIZIKÁBAN

A tehetségek meghatározásának számtalan lehetősége van és nagymértékben meghatározza, hogy milyen tehetségterület megközelítésében történik. A tehetség fő kritériumának első körben az intelligenciát tartották, amelynek mérése és tehetséggel való kapcsolata fokozatosan problémátikussá vált. E mellett a későbbiekben fontosnak tartották az intuíción, spontaneitást, az alkotó magatartását, de fontos szerepet tulajdoníthatunk a jellemnek és az akaratnak is (Gyarmathy, 2011). Az egyik legelfogadottabb általános tehetségmodell Renzulli nevéhez fűződik, aki egy háromkörös szemléletes modellt alkotott meg, amely három alapvető tulajdonságcsoporthoz (átlag feletti képesség, kreativitás és feladat-elkötelezettség) egyidejű jelenléteként ír le a 32. ábra szerint (Renzulli, 2011).



32. ábra Renzulli háromkörös tehetségmodellje (a kép forrása: http://polc.ttk.pte.hu/tamop-4.1.2.b.2-13/1-2013-0014/89/2_tbbdimenzis_tehetsgmodellek_renzulli.html)

A tehetséggondozás első fontos lépése a tehetségazonosítás, amelynek fontos szerepét jelzi, hogy a tehetségek jelentős hányada szunnyadó tehetségként nem tűnik ki egyből társai közül kiemelkedő képességeivel. Így fontos az állandó megfigyelés és olyan programok szervezése,

amely elősegíti ezen lappangó tehetségek felbukkanását, azonosítását. Az azonosítás alapján beválogatott tehetségek fejlődése szempontjából fontos a tehetséggondozó programok megszervezése elsősorban kiemelt készségeik továbbfejlesztésére, de ugyancsak fontos a gyengébb oldalak erősítése, amelyet dúsító programok által érünk el.

A fizika sokak számára a nehéz tantárgyak közé tartozik, hiszen sokoldalú készségeket feltételez a diák részéről. Ezek közül a legfontosabbak: tud logikusan gondolkodni, képes rendszerekben való és elvont gondolkodásra, következetes, kreatív, jó a számolási készsége, megfelelő tanulási technikával rendelkezik, tud koncentrálni, divergens gondolkodásra is képes, türelmes és kitartó, gyors gondolkodású, kíváncsi, fantáziadús, szereti a kihívást, jó a memóriakészsége, elmélyülten képes dolgozni. A fizikában tehetséges fogalma Kelet-Európában még mindig elsősorban a jó feladatmegoldó készségű diákokat tekintjük, hiszen a tehetséggondozás elsősorban ezen irányba fordul. Természetesen a fenti jellemzők mindegyike nincs egyidejűleg jelen egyik diákunkban sem, de 3-4 személyiségjeggye jelenléte már elégséges lehet ahhoz, hogy valaki sikeres lehessen fizikában. A fizikán belül a következő részterületekre vonatkozóan azonosíthatóak be a tehetségek: tanulásban tehetségesek, gondolkodásban, matematikai képességekben, gyakorlati tevékenységben, kísérletezésben és eszközkészítésben tehetségesek (Kirsch és tsai, 2010). Jelen fejezetben két olyan tevékenységet mutatok be, amely utóbbi két részterületen tehetséges fiatalok beazonosítására, illetve fejlesztésére irányul.

5.2. TEHETSÉGGAZONOSÍTÁS KÖRNYEZETISMERETI VETÉLKEDŐ ÁLTAL

Tanári pályám kezdetétől a matematikai képességekben fejlett diákok feladatmegoldás terén való fejlesztése mellett kiemelten fontosnak tartom a kreatív diákok beazonosítását, technikai érzékenységének fejlesztését egyénre szabott feladatok által. Ugyancsak fontosnak ítélem az interdiszciplináris természettudományos rendszerszemlélet kialakítását, a környezettudatos attitűd formálását. Mivel a tanórán kívüli oktatás-nevelés nem annyira kötött, több lehetőség adódik a tanulók interaktív együttműködésére, a különböző képességek, készségek fejlesztésére (Cornell, 1998). Ezen elvek mentén született meg a több mint húsz éves hagyománnyal rendelkező *Xántus János környezettismereti vetélkedő*, amelynek egyik alapítója vagyok. A vetélkedő fő célja a városunk környéki természeti értékek megismertetése, a környezetünkben felismerhető természeti törvények felfedeztetése, amelyek a természetudományok minden területét érintik általában interdiszciplináris módon. Célunk ugyanakkor a

természettudományos ismeretterjesztés, identitástudat erősítése a közvetlen környezetünk megismerése által, környezetvédelmi nevelés, egészséges életmódra való nevelés és egy integrált természettudományos világbép kialakítása. Jelentős teret kap a vetélkedő feladatai között a fizikai jelenségekre vonatkozó mérési, számolási, becslési illetve kvalitatív feladat. Az alábbiakban bemutatom a vetélkedő rövid történetét, szervezési keretét és tapasztalatait, majd a folyadékok fizikájával kapcsolatos jelenségekre, illetve az energiafogyasztásról szóló feladattípusokra adok példákat az elmúlt évek feladatlapjai alapján.

A vetélkedő alap gondolatát a *HERO Alapítvány* által 1999-ben szervezett *Környezeti nevelés-alternatív oktatási módszerek, pályázatírás* tematikájú tanártovábbképzéső program szolgáltatta. Ennek keretében többek között parajdi kollegák mutatták be az általuk szervezett nagy sikerő vetélkedőt, amely erős hatással volt a későbbiekben ezek alapján kigondolt sajátos versenyünkre. Hasonló interdiszciplináris keretű, de nem szabadtéri vetélkedőt szervezett Magyarországon az Apáczai Kiadó is 2014-ig, a kiadó megszűnéséig, Apáczai Csere János Tehetségkutató Komplex Természettudományi Verseny néven (Mező, 2014), A szervező csapat szerencsés módon nagyon heterogén: biológia, kémia, földrajz és fizika szakos, illetve pályakezdő, középkorú és nyugdíjkorhatárhoz közeledő tanárok.

Világunk környezeti katasztrófái, mindennapjaink környezeti problémái mindinkább felhívják figyelmünket a környezeti nevelés fontosságára. Szűk környezetünkben is számtalan esetben észleljük, hogy az emberiség nem figyel oda a környezetünket ért pusztításokra. A verespataki aranybánya tervek, a közeli hegyekben zajló erdőpusztítások, az autópályák megépítése mind olyan mértékben fogják környezetünket átalakítani, ami csak elszegényedésünket eredményezi. Csakis akkor lehet megoldani a környezeti gondokat, ha magatartásunk megváltozik. Csupán a tények ismerete nem változtatja meg az emberek természethez való viszonyát. A környezeti nevelés fontos a természeti környezet megőrzése szempontjából, de lényeges a gyermek egész személyiségének szempontjából is. A környezeti nevelés elősegíti az énkép és a személyes felelősség tudatának kialakulását. A természettudomány oktatása során a hangsúly az értelmi fejlődésen van, a környezeti nevelés ráébreszti a gyermeket a természet szépségére, a folyamatok bonyolultására és az egyes környezeti alrendszerek szoros összekapcsolódására, valamint fejleszti a képzelőerejét.

A vetélkedő egyik fő célja ugyanakkor a természetet szerető diákokkal megszerettetni a természettudományokat, az ez irányban tehetségek, kreatív diákok beazonosítása, majd támogatása, szakmai irányítása. Egyik jelszavunk: Csak azt lehet védeni, amit már ismerünk! A megismerést, a megtapasztalást tartjuk ilyen téren a legfontosabbnak. Az ökológiai egyensúly

érzékenységét már itt, közvetlen környezetünkben észlelhetjük, ezért kapott kiemelt szerepet vetélkedőink keretében Kolozsvár környékének alapos ismerete. Az iskolai tananyag keretében túlzott hangsúlyt kap a távoli vidékek élővilága és a hozzájuk kapcsolódó természeti katasztrófák, miközben a diákok nagy része nem ismerik saját lakóhelyük helyneveit, természeti értékeit. Sok esetben azt sem tudják, hogy közvetlen közelében élnek egy természetvédelmi területnek. Így például Kolozsváron a Feleki gömbkövek, a talajfelszínen is megtalálható őslénykövületek, a Bükk-erdő és a Szénafüvek ritka növényvilága jelentik a legfontosabb természeti értékeket. Vetélkedőnk névadójának azt a Dr. Xántus Jánost (1917. február 20 Kolozsvár –1982. november 27., Kolozsvár) választottuk, aki nemcsak kutató volt, de kiváló pedagógus is (Xantus, 1981).

5.2.1. A vetélkedő szervezési kerete.

A résztvevők lelkes természetszerető diákok, akik nem minden esetben éltanulók. Itt olyan tanulók is maximális teljesítményt tudnak nyújtani, akik más tantárgyakban, művészetben, sportban nem értek el kiváló eredményeket. Ezzel is bátorítjuk azt a felfogást, hogy a környezet védelmében szükség van a társadalom minden tagjára. Míg kezdetben 5-6 iskola diákjai vettek részt, jelenleg már Kolozs megyén kívül Szilágy és Fehér megyei, sőt Magyarországról is debreceni, miskolci és budapesti diákok is rendszeres résztvevői vetélkedőnknek. A növekvő érdeklődésnek köszönhetően az elmúlt 10 évben a résztvevők száma 200-250 diák között mozgott, akik 20-25 iskolát képviselnek. A csapatok 4 taggal nevezhetnek be, akik egy iskolából különböző osztályokból, akár évfolyamokról szerveződhetnek össze. A versenynek két korosztály szerinti kategóriája van: junior (5-8. évfolyam) és szenior (9-12. évfolyam).

A vetélkedő első két évében belső környezetben, iskolák dísztermeiben zajlott és ott igyekeztünk a diákok minden érzékszervét (tapintás, szaglás, ízlelés, hallás, látás) megmozgatva, megismertetni a természet szépségeit. A vetélkedő azonban hamar kinőtte ezt a környezetet és a harmadik vetélkedőtől kezdve szabad ég alatt zajlik. Így a vetélkedő egyik célja hangsúlyosabbá vált: Kolozsvár környéki természeti szépségek megismertetése, és az aktuális környezeti károk vizsgálata. Minden évben más-más közeli kirándulóhely lett a vetélkedő színhelye: A vetélkedők során mindig az aktuális környezeti problémákon gondolkozhattak el diákjaink, mint egy bevásárlóközpont felépítésének következményei, ipari park telepítése a Falumúzeum mellé, illetve az autópálya építése.

Szervezési keretként a tájfutásból ihletődtünk. A verseny indításakor minden csapat megkapja az adott terület térképét, amelyen be vannak jelölve az állomáshelyek. Az állomáshelyeken találják a versenyzők a feladatlapokat műanyag fóliában fákra, bozótokra rögzítve. A két kategória feladatlapjait különböző színű papírlappal különböztetjük meg egymástól (33. ábra).



33. ábra A vetélkedő során a csapatok együtt dolgoznak, a térkép alapján tájékozódva a verseny helyszínén. A feladatlapok fára vannak rögzítve (saját fotók)

A tájékozódást nehezíti, hogy a terület nagyobb része erdős részen van megválasztva, ahol a térképen bejelölt utakat vastag avar fedi, így fokozott figyelmet és nagyon jó tájékozódási képességet igényel a csapatoktól. A terepet általában mintegy 500x500 m nagyságúra mérjük ki, amely növényzet, domborzati formák szempontjából nagy változatosságot mutat: erdő, irtás, bozotos, nyitott terület egyaránt található. Lehetőleg a területet egy patak is átszeli és egy olyan magasabb pont is van, ahonnan jó kilátás nyílik több kilométeres távolságra, segítve a tájékozódást. Ez a jó kilátás alkalmat ad arra is, hogy a belátható téren belüli környezeti problémákat is bekapcsoljuk a feladatok közé. A helyi tájfutó kluboknak köszönhetően az adott terület nagy felbontású térképeit használjuk, amelyen az egyes domborzati formák, szintvonalak, utak és a növényzet típusa egyértelműen jelezve van (M4-es ábra az 5. fejezet mellékleteiben).

A kiválasztott területen egyenletesen osztunk szét korosztályonként átlagosan 12-15 feladatlapot. Minden feladatlapból 3-4 darabot helyezünk a műanyag fóliába, annak érdekében, hogy egy időben több csapat tudjon dolgozni az adott állomáshelyen.

A térkép hátoldalára nyomtatjuk a versenyszabályzatot, illetve az egyes állomáshelyeken a helyes válaszokért kapható maximális pontszámok értékét. A csapatok feladata, hogy 2 óra alatt a kijelölt állomáshelyek közül minél többet érintve a lehető legtöbb pontot gyűjtsék össze. Tapasztalatunk szerint egy tehetséges diákokból álló csapat esetén a 2 óra elegendő minden állomáshely eléréséhez és a feladatok kellő részletességgel való megfejtéséhez, míg egy átlagos

csapat is képes az állomáshelyes mintegy 70%-át érinteni. Csak azon állomáshelyekhez helyezünk felvigyázó tanárt, ahol törekeny mérőműszer van elhelyezve, vagy játékos feladat van kijelölve, amelyhez szükségesek a tanár utasításai. Azonban minden csapat mellé egy semleges kísérő van kijelölve, aki ügyel arra, hogy csapata tartsa be a szabályokat, a megfejtés után helyezték vissza az irattartóba a feladatlapokat, és a csapat ne szakadjon szét, végig együtt menjenek. Minden csapat egyszerre indul, nagyjából a terület közepéről és sorshúzással határozzuk meg minden csapat számára, hogy melyik állomáshelyet kell elsőként megkeressék. Így biztosítjuk, hogy a csapatok már a verseny elején lehetőleg egyenletesen szóródjanak szét a területen, ne okozzunk torlódásokat az állomáshelyeken, a csapatok ne zavarják egymást munka közben. Egy-egy vetélkedő alkalmával akár 50 kísérőre is szükség van, így az iskolák bejelentkezését ahhoz kötjük, hogy biztosítsanak annyi kísérőt ahány csapattal jelentkeznek. Munkánkat ilyenkor segítik volt diákjaink, illetve kolozsvári egyetemisták. Az egyetemisták számára a részvétel egyben hasznos szakmai gyakorlatot is jelent. Az is megjegyzendő, hogy általuk terjedt ki vetélkedőnk más megyékre is, hiszen tanárként már ők is elhozták diákjaikat.

Minden vetélkedő alkalmával kijelölünk a csapatoknak előzetesen egy feladatot, amelyet a verseny előtt otthon közösen kell előkészítsenek. Például: vizes rakéta, napóra, madáretető vagy termésekből kompozíció, farsang közelében maszk készítés. A verseny színhelyén a vetélkedő idején kívül, az otthoni munkájukat be kell mutatniuk, amelyet helyben egy zsűri értékeli és beszámít a csapat teljes pontszámába.

A díjkiosztást összekötjük egy érdekes tudományos ismeretterjesztő előadással, amelyet meghívottként egy egyetemi oktató tart meg. A verseny kiértékeléseként bemutatjuk a helyes megoldásokat.

A feladatok nagyon változatosak, a természettudomány minden témakörét felöleli: növény és állatismeretet igényel játékos formában, például szójátékokkal, keresztrejtvényben a környék helyneveit kell felismerni, tesztkérdések mérik fel a verseny névadója életrajzának ismeretét, illetve a helyszín nevezetességeinek ismeretét. Biológiai, kémiai jelenségek, egyszerű matematikai számítások, logikai feladványok, képrejtvények, geológiai képződmények ismerete teszi változatossá a feladatsort. Ugyanakkor népi időjósáshoz, csillagászati ismeretekhez kapcsolódó feladatokkal is találkozunk diákjaink. Az alábbiakban válogatást közlök azon feladatokból, amelyek a tézis tematikájához kapcsolódó kérdéskört tárgyalják: folyadékok mechanikája és energiafogyasztás. A feladat elnevezése mellett megjelöltem, hogy a vetélkedő melyik évében volt kitűzött feladat.

5.2.2. A folyadékmechanika témaköréhez kapcsolódó kísérleti és elméleti feladatok.

A vetélkedő egyik fontos célja a diákok kísérletezésre sarkallása. Ez által ismerhetjük meg azon diákokat, akik jó gyakorlati készséggel rendelkeznek, pontosan kivitelezik kísérleteiket. Ezen diákok lehetnek potenciálisan jelöltjeink kutatódiák programokban való részvételre, akiket bevonhatunk a tudományos diákkörben igényes kutatóprojektek kivitelezésébe. Ez a készség már a junior kategória esetében észrevehető és kilencedik osztálytól kezdődően aktív tagokká válnak. Kísérleti feladatinkban kihasználjuk a táj adottságait: átfolyó patak, egy magasabb, meredek domboldal, az alábbiak szerint.

1. Patak megfigyelés: (2001)

a.) Mérd meg egy adott patak-szakaszon a legkeskenyebb és a legszélesebb helyen a víz sebességét, szélességét és mélységét. Ellenőrizzétek több méréssel és számítsátok ki az átlagukat!

Magyarázd a megfigyelt két hely között észlelt különbségeket.

b.) Jellemezd a patakszakasz jellegzetes parti növényzetét.

2. Vízhozam mérése (2003)

Mekkora víztömeg áramlik másodpercenként a patakocska keresztmetszetén? Ezt az arányt nevezzük vízhozamnak és Q -val jelöljük. Számoljátok ki a patak vízhozamát (*térfogathozamát*) az állomáshely melletti részen, felhasználva a patak szélességének, mélységének és sebességének általatos mért értékeit! Írjátok le, hogyan végeztétek el a méréseket. Figyeljete a mértékegység feltüntetésére! A mérés helyszínének szomszédságában változik-e a patak vízhozama? Ha igen, akkor mi az oka?

3. V, mint vándormadarak (2016)

A melegebb tájakra utazó nagyobb testű vándormadarak V alakban haladnak, a vezetők váltják egymást. Mi az oka ennek az alakzatnak és miért cserélődik a vezető időnként?

4. A szél sebességének meghatározása (2009)

Egy élő falevél levélnyelére tűzz egy gémpapírt, emeld a fejed fölé és engedd leesni. Határozd meg a szél sebességét (m/s).

5. A manométer működése (2009)

Egy U-alakú üvegcsőbe vizet töltünk majd egyenes végét hézagmentesen szorosan befogjuk. Az üvegcső nyitott vége felől a légköri nyomás nehezedik a vízoszlopra.

Mellettetek egy bot van leszúrva. A domb aljában is egy hasonló botot találtok. Vigyétek le a manométert a felső bottól az alsó botig és mérjétek a két ágban levő vízoszlop között létrejövő szintkülönbséget. Határozd meg a mérésből adódó nyomáskülönbséget!

A térkép alapján olvasd le a két bot közötti szintkülönbséget, tudva, hogy két egymás melletti szintvonal között 5 m szintkülönbség van. Számold ki 1 m magasságkülönbségnek hány Pa nyomáskülönbség felel meg.

Mi köze van a légnyomásnak a meteorológiához?

6. Permetezés vízzel (2010)

Ha az időjárás előrejelzés szerint éjjel 0°C alá süllyed a hőmérséklet, a gyümölcsfákat vízzel szokták permetezni. Milyen fizikai jelenséggel magyarázzátok ennek szükségességét?

Szüret után a mustot le kell szívni. A mellettetek elhelyezett műanyag tartályból hogyan szívhattok le a tömlő segítségével minél gyorsabban 1 l vizet? Írjátok le az alkalmazott módszert és mérjétek meg mennyi idő alatt sikerült leszívnotok a vizet! A mérési eredményt a csapatotok kísérőjének kell aláírásával hitelesítenie.

7. Miniatúr tutaj (2003)

Tölts ki egy lapos edénybe vizet, majd a víz felületére egy szalvéta darabkára helyezz óvatosan egy tűt. A tű a víz felszínén marad. Öntsünk kis mosogatószert a vízbe. Mi történik? Miért? Köss össze néhány gyufaszálat tutajjává, a középső gyufaszálak legyenek rövidek. A tutaj közelébe, a hátsó részen cseppentsünk egy kis mosogatószert, a tutaj megindul. Miért?

Az egyes feladatok nehézségi szintje egymástól nagyon különbözhet, amit az adott feladat pontszáma is tükröz. Általában a kísérleti feladatok bár nem túl bonyolultak időigényesek, így a pontszámuk magas szokott lenni. Mivel a csapatok ismerik előre ezen pontszámokat, bár nem tudják előre melyik állomáshelyen milyen feladattípusra számíthatnak, elősorban a pontszám alapján választják ki, hogy melyik állomáshelyet részesítik előnyben. A tehetségigéret már annak alapján is megmutatkozik, hogy inkább a magasabb pontszámú feladatokat választja, hiszen szereti a kihívásokat. Az ilyen diák nagyobb valószínűséggel találkozik így kísérleti feladattal, ez elősegíti, hogy beazonosíthassuk tehetségét a fizika gyakorlati oldala iránt.

A kísérleti feladatokkal próbálkozó csapatok az elmúlt két évben 64%-as arányban (27 csapat 42 csapatból) oldották meg sikerrel feladataikat. Sikeresnek tekinthető egy csapat, ha a

maximális pontszámnak több mint felét érték el. A kimagasló eredményeket elérő négy csapat diákjai közül jelenleg három diák tagja iskolánk kutatódiákkörének és folytat természettudományos kutatást.

5.2.3. Az energiatermelés következményeit vizsgáló feladatok.

Mivel kiemelt fontosságúnak tartom a diákok energiatudatos magatartásának fejlesztését rendszeresen állítok össze olyan feladatokat, amelyek az energiafogyasztásunkhoz kapcsolódnak, illetve az energiatermelés és fogyasztás környezeti hatásait taglalják. Az alábbiakban adok erre pár példát.

1. A kiránduló energiafogyasztása (2014)

Feltételezzük, hogy a Xantus János vetélkedőn összesen 220 diák és kísérőtanár vesz részt. Ha átlagosan egy diák, egy lépésének hossza 70 cm , számítsátok ki, hogy hány lépést tett meg a diákcsoporthoz a mai napon (általunk a versenyhelyszínig közösen megtett távolság 7 km)?

Határozzátok meg két esetben, hogy a kirándulás során a résztvevők összesen hány kcal energiát használnak fel: sétával (1 óra 15 perc kell egy út megtételéhez) és biciklizéssel (50 perc kell felfelé és 30 perc a lefelé való út megtételéhez)! Visszaérkezéskor legalább hány kg szőlőt kellene vásárolnunk (100 g szőlő energiataralma 76 kcal) mindannyiunk számára, hogy pótoljuk a felhasznált energiát? Használjátok fel az alábbi adatokat!

A résztvevők átlagos testtömege legyen 56 kg . Egy 56 kg -os ember által 10 perc alatt felhasznált energiamennyisége:

- biciklizés terepen: 80 kcal
- séta emelkedőn felfelé: 55 kcal
- séta közepes tempóban: 30 kcal

2. Közlekedési módok összehasonlítása (2018)

Végezzünk egy egyszerű elemzést a különböző közlekedési módok összehasonlítására. Sokan egyre gyakrabban használjuk a repülőt hosszabb vagy rövidebb utazásaink során. Ezt a lehetőséget hasonlítsuk össze a leginkább környezetszennyező szárazföldi utazási lehetőséggel, a személyautóval. Jegyezzük meg, hogy ennél sokkal környezetkímélőbb az autóbusz vagy a vonat ugyanazon távolságra vonatkoztatva.

Egy Airbus A320-as repülő 150 férőhelyes, üzemanyagfogyasztása 2450 kg/h . A repülő a Kolozsvár és Velence közötti 900 km -t 90 perc alatt teszi meg 144 utassal.

a) Mekkora a kerozin üzemanyagfogyasztás ezen útra vonatkozóan kg -ban kifejezve?

Autóúton a két város közötti távolság 1200 km . A fenti repülőn utazókat osszuk el autókba úgy, hogy átlagosan 2, 3 vagy 4 utas ül egy autóban. Egy autó átlagos benzinfogyasztása $7 \text{ l}/100 \text{ km}$.

b) Hány liter üzemanyagot használnának fel a repülőben ülő utasok, ha autóval utaznának a 3 különböző esetben?

Használd fel, hogy a kerozin sűrűsége $0,82 \text{ kg/l}$ és az egyes üzemanyagok elégetése során keletkezett CO_2 kibocsátás mennyisége:

- benzin $2,3 \text{ kg/l}$
- motorolaj $2,7 \text{ kg/l}$
- kerozin $2,5 \text{ kg/l}$

c) Mennyi CO_2 kibocsátással jár a 144 turista utazása Kolozsvár és Velence között a két járműtípus esetében? Tárgyald az autós utazás lehetőségét a 3 különböző átlagos utasszámmal!

Vedd figyelembe, hogy a repülő környezetterhelése kétszer nagyobb, mivel a szennyezőanyag kibocsátás a légkör felső rétegében történik.

d) A fenti adatok alapján milyen következtetést vonhatsz le a két közlekedési mód környezetterhelését összehasonlítva?

3. Autóval vagy trolibusszal? (2009)

Péterke édesapja 5 km -re lakik munkahelyétől, ahova naponta jár be dolgozni (egy év során 220 munkanap van). Utazási eszközként választhat a következők közül:

- saját autó (CO_2 kibocsátása kb. $0,14 \text{ kg CO}_2/\text{km}$)
- autóbusz (CO_2 kibocsátása kb. $0,07 \text{ kg CO}_2/\text{km}$)
- trolibusz (CO_2 kibocsátása kb. $0,04 \text{ kg CO}_2/\text{km}$)

Hasonlítsátok össze az egy év alatti CO_2 kibocsátást a három esetben!

Határozzátok meg, hogy a három esetben Péterke édesapja munkába való járása nyomán keletkezett CO_2 -t egy középkorú tölgyfa mennyi idő alatt köti meg és dolgozza fel.

Számításaitokhoz használjátok az alábbi adatokat: egy középkorú tölgyfa (70-80 éves) napsütésben óránként 2 kg CO₂-t köt meg és dolgoz fel.

4. A hibernáló medve (2010)

Egy 510 kg-os barna medve 5 hónapig tartó hibernálása során testsúlyának 1/3-át veszíti el. 1g zsír elégetésével 9 kcal energia szabadul fel. Mennyi energiát veszít átlagosan naponta? Mire hasznosította ezt az energiát?

Ezek a feladatok elsősorban a gimnáziumi szintű diákoknak szólnak, akik a számításokat el tudják végezni. Fontos az, hogy a vetélkedő díjátadó gálájában a kiértékelés keretében ezen feladatokról is el szoktam beszélgetni a résztvevőkkel és az eredményeket megbeszélve elmélyítem a diákokban, hogy nagy különbségek lehetnek energiafogyasztásunkban attól függően, hogy milyen életvitelünk van. A fenti feladatok elősegítik a szintetikus gondolkodásmódot, hogy a diákok könnyebben átlássak a természeti folyamatok közötti bonyolult kapcsolatokat és ezáltal tudjanak komplex környezeti rendszerekben gondolkodni. Ez is egyik fontos kvalitása lehet egy kutatódiáknak.

5.3. TEHETSÉGGONDOZÁS DIÁKKUTATÓ PROJEKTEK ÁLTAL

Már a 19. századi magyar középiskolákra jellemző volt, hogy az iskolai önképzőkörökben egyszerű kutatási projekteket kaptak a diákok, amelyeket ezen körök keretében dolgoztak ki és bemutattak. Számtalan példát találunk erre a Kárpát-medence különböző régióiban, így Erdélyben is (Vörös, 2013). Sajnos ezek a törekvések a 20. században és kiemelten a kommunista időkben háttérbe szorultak. Megemlíthető, hogy a 2010-ben megjelent Kirsch Éva és szerzőtársai által megírt *Tehetséggondozás lehetőségei fizikából* című kötet sem tárgyalja a diákkutató projekteket, mint lehetőséget. Csak az elmúlt években vált ismét, kiváltképpen az elitgimnáziumok esetében, gyakorlattá a diákok kutatási projektekbe való bevonása és tehetséggondozása.

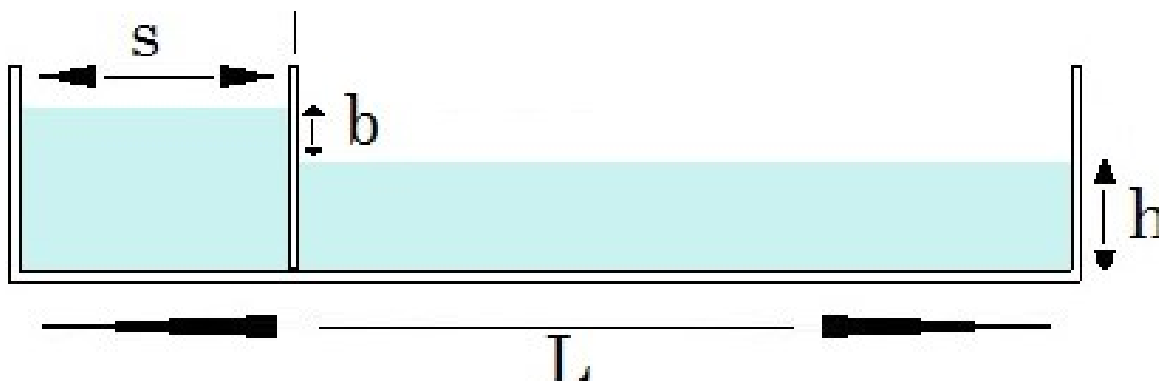
Ha tanórán vagy iskolán kívüli tevékenységekben, például az előbbieken bemutatott Xantus János Környezetismereti Vetélkedő által sikerül egy diák gyakorlati tevékenységek iránti tehetségét azonosítani megpróbálom bekapcsolni egy tehetséggondozó programba iskolánk kutatódiák köre által. A diákok kutatói hajlamának felfedezése elsősorban a diákok kísérleti tevékenységekben való pontos és lelkes munkája, a tananyaghoz kapcsolódóan feltett kérdéseinek minősége, illetve a kitartó munkabírása alapján történik. Több éve irányítok

diákokat a gimnáziumi osztályokból különböző fizikával kapcsolatos témakörökben. A fizikát a gyakorlatban is művelni egy összetett gondolkodási és manuális művelet, amely sokoldalú készségek jelenlétét feltételezi. A legegyszerűbb esetben is a kísérletet össze kell állítani, el kell végezni, használni kell a mérőműszereket, meg kell mérni az adatokat, azokat feldolgozni és az elmélettel kapcsolatba kell hozni. Ennyire komplex feladatot jó ha a diákok csapatban végzik, így kiegészíthetik egymás erősségeit. Szerencsére ezt támogatják a középiskolások számára meghirdetett kutatódiák konferenciák is, ahol általában párban mutathatják be eredményeiket. A diákkutató projektek elősegítik a természet megismerésének legfontosabb módszereinek elsajátítását. Az elmúlt években több kezdeményezés (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*) is támogatja azt, hogy már középiskolai szinten fejlesszük a diákok gyakorlati készségeit, kutatási programokba kapcsolódjanak be, vagy egyéni ötletek alapján kutatásokat végezzenek. Ezen rendezvényeken a diákok is bemutatathatják kutatási eredményeiket és ezekre való felkészülés által fejlesztik előadókészségüket, illetve képesek lesznek egy kutatási téma szintetizálására a prezentáció megtervezése és elkészítése által. Ezen lehetőségeket kihasználva készítettem fel 16 diákot (ebből ötöt az elmúlt három évben) különböző, a környezetfizikához kapcsolódó témakörben. A témaválasztásnál kiemelten fontosnak tartom, hogy a diákok a saját környezetükhöz, mindennapi tapasztalataikhoz közelálló témát kapjanak, amely iránti elköteleződésük erősebb lehet. A téma nehézségi szintje se jelentsen olyan kihívást, amelynek a középiskolás diák legfeljebb egy szűk szeletét értheti meg, hanem a témát teljességében tudja átlátni, hogy ez alapján önálló következtetéseket tudjon levonni. Sajnos sokszor találkozunk olyan megközelítéssel, ahol a diák számára lehetőséget biztosítanak bekapcsolódni egy egyetemi kutatócsoportba, amelyet megpróbál majd úgy bemutatni, mintha önálló munkája lenne, de sokszor emiatt is hiteltelenné válik. Gimnáziumunkban ezen irányelvet követve alakult ki a kutatódiákok köre, amelyben a fizika mellett, biológia, informatika, környezettudományok és történelem témákat is válszthatnak diákjaink.

Diákjaim a következő kutatási témákkal foglalkoztak: mágneses levitációs vonatok, napállandó mérése (Magyari és Wanek, 2004; <http://napnap.sulinet.hu>), légpárnás járművek stabilitásának tanulmányozása (Balla, 2007), a fiatalok zenehallgatási szokásából adódó hallásromlás vizsgálata (Deritei és Fodor, 2009), lakó- és iskolaépületek hőkomfortjának (Bíró és Pál, 2013), tantermek porszennyezésének, a szolitonhullámok terjedésének tanulmányozása (Bíró és

Bartha, 2014), régi iskolai kísérleti eszközök ismertetése és mikrofluidikai alkalmazások orvosi mérőeszközök terén (Batiz, 2016). Utóbbi kutatás eltér a többitől, hiszen az a KFKI nyári táborában résztvevő diákomnak a táborban végzett kutatása alapján született. Ezek közül az áramlások fizikájához kapcsolódó témájú dolgozatot a szoliton hullámok terjedésének tanulmányozását emelném ki. Ezen kutatásnak az is érdekessége, hogy az akkor 11. osztályos diákokat mentorként egykori kutatódiákom, Deritei Dávid segítette, aki azóta már doktori fokozatának megszerzésén dolgozik.

A szolitonhullámok tanulmányozásával kapcsolatban célunk az volt, hogy gyakorlatban vizsgáljuk a felszíni szolitonok viselkedését különböző esetekben. A kísérlet elvégzéséhez rendelkezésünkre állt egy $297 \times 12,8 \times 35 \text{ cm}^3$ térfogatú akvárium, melyet két részre osztottunk egy üveglappal (az eszköz leírása a 3.3.2 alfejezetben is szerepel) és az ELTE Fizikai Intézetének Kármán Laboratóriumának eszköze mintájára készült (<http://www.karman.elte.hu/>). Ezeket lépcsőzetesen megtöltöttük vízzel úgy, hogy a kisebbik rekeszben a vízmagasságot magasabbra állítottuk (34. ábra). Az elválasztó üveglapot hirtelen kihúzva szoliton keletkezett.



34. ábra A szoliton hullámkidas kísérletben mért adatok (s , b , h és L), amelyek függvényében a diákok a szolitonhullám haladási sebességét vizsgálták (*kép forrása:* Biró és Bartha, 2014)

A diákok a keletkezett hullám haladását kamerával rögzítették, így pontosan megmérhették a haladási sebességét. A kezdeti szintkülönbség és a nagyobb térrészben a vízmélység adatainak függvényében vizsgálták a terjedési sebességét. A diákok ábrázolták a mérésekből számított terjedési sebességet a vízmagasság (h) és a gravitációs állandó (g) szorzata függvényében, amely az elmélethez képest inkább csak a négyzetgyök alatti tag szerinti függést adott. Az elmélet szerint a szolitonhullám az amplitúdótól is függ a következő szerint:

$$v = \sqrt{gh} \left(1 + \frac{A}{2h}\right), \quad (3)$$

ahol $A \ll h$ a szoliton amplitúdója. Pontosabb méréssel igazolható az amplitúdótól való függés is (Halász, 2009).

A gyakorlatban elvégzett kísérletet számítógépen modellezték diákjaim, kétdimenzióban megírt Verlet-módszerrel való szimulálással (Kun, 2011). **A részecskéket a meghatározott felületen elrendeztük, úgy hogy az egymás melletti részecskék egyenlő távolságra legyenek. Kezdeti sebességük nulla volt, viszont a gyorsulás x komponensét megfeleltettük egy számértékkel, ami mozgásba hozta a rendszert. A részecskéket ha összehasonlította minden részecskével a program nagyon lassan működött, ezért kiküszöböltük azokat a részecske párosításokat, amelyek meghaladtak egy adott távolságot. Milyen kölcsönhatás, gravitációt figyelembe vettük? részletezni árnyékolt Coulomb** A h magasság különböző értékeire futtatuk a szimulációnkat és vizsgáltuk a keletkező szoliton sebességét. A szimulációból is ugyanazt a következtetést vontuk le, mint a kísérlet során: a vízmélység nagyban befolyásolja a szoliton terjedési sebességét. Ezek alapján a következő következtetéseket vonhatták le a diákok: a szoliton hullámok terjedési sebessége egyenesen arányos a vízmélység négyzetgyökével, amelynek oka a vízrétegek közötti belső súrlódás (viszkózitás), illetve a medence aljával való súrlódás lehet, illetve a szimuláció eredményei megegyeztek a kísérletileg kapott eredményekkel.

A kutatódiák projektekhez kollégáimmal közösen kidolgoztunk egy módszertani programot, amely elősegíti a kutatás módszertanának elsajátítását (Kiss, 2014). Ennek a következő fázisai azonosíthatóak be:

1. A téma felvetése alapján a kutatás megtervezése, szükség esetén kísérleti eszköz tervezése.
2. Hogyan keresünk szakirodalmat és a tudományos idézetek használata dolgozatban.
3. A kutatás megtervezése, mérési adatok, illetve az ezekből számolt adatok számbavétele.
4. Mérési jegyzőkönyv készítése, az adatfeldolgozás módszerei.
5. Számítógépes szimulációs módszerek (kutatástól függően).
6. Szakdolgozat megírásának struktúrája és módszertana.
7. Prezentáció készítésének módszertana.
8. Előadói készségek fejlesztése, a tudományos előadás struktúrája.

Amint a fentiekből is látható a tudományos diákkörben nagyon sokoldalú készségfejlesztés történik, amelyben tanári részről is komoly csapatmunkára van szükség, hiszen minden esetben véleményezzük egymás diákjainak munkáját, tanácsokat adunk, avagy egyes részfeladatokat leosztunk egymás között. Komoly szerepe van ebben a folyamatban a magyar nyelv és irodalom szakos tanároknak is, akik az előadói készségek fejlesztésében besegítenek, illetve az

iskolapszichológusnak, aki a nonverbális kommunikáció fontosságára hívja fel a figyelmet. Bár sok esetben nem várják el a dolgozat megírását, csak a prezentációkkal versenyeznek diákjaink, mi ezt is fontosnak tartjuk és az így született dolgozatokat gimnáziumunk évkönyvében is publikáljuk.

5.4. ÖSSZEGZÉS

Ez a fejezet a 6. és 7. tézist támasztja alá.

A fejezet első részében bemutatott Xantus János Környezetismereti Vetélkedő egy komplex természettudományos szabadtéri csapatverseny, amely alkalmas a diákok kreativitásának, kísérletezés iránti készségeinek felmérésére. Ez által tehetségazonosításra is használjuk. Az így felfedezett diákokat bekapcsolva a kutatódiákkörbe. A vetélkedő kísérleti feladatai között számottevő a folyadékok mechanikájához, áramlásához kapcsolódó kérdések, amelyből egy válogatást közlök. Az energiafogyasztásról és annak következményeiről szóló feladatok válogatását is tartalmazza a fejezet.

Diákjaim az iskolai kutatódiák körben kifejtett tevékenységük során kiemelten eredményesek voltak, több ország, sőt nemzetközi versenyen értek el díjakat. Ugyanakkor ezen projektek egyértelműen meghatározták a diákok pályaválasztását.

IRODALOMJEGYZÉK

- Balla Gy. (2007) Légpárnás járművek működésének tanulmányozása, *A kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceum Évkönyve 2006-2007*, Exit, Kolozsvár, pag. 39-45.
- Batiz O.B. (2016) Hogyan fér el a laboratórium egy chipen?, *A kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceum Évkönyve 2014-2016*, Exit, Kolozsvár, pag. 37-42.
- Biró B., Bartha V.E. (2014) Ismert fizikai rendszerek számítógépes szimulálása, *A kolozsvári Apáczai Líceum Évkönyve 2013-2014*, Exit, Kolozsvár, pag. 54-62.
- Bíró T., Pál Z. (2013) Köz- és lakóépületek hőkomfortjának összehasonlítása, *A kolozsvári Apáczai Líceum Évkönyve 2012-2013*, Exit, Kolozsvár, pag. 44-54.
- Cornell, J. (1998) Kézenfogva gyerekekkel a természetben, *Magyar Környezeti Nevelési Egyesület*, Budapest
- Deritei D., Fodor N. (2008) Belső terek zajszenyezése köv.-nek tanulmányozása fiatalokon, *A kolozsvári Apáczai Líceum Évkönyve 2007-2008*, Exit, Kolozsvár, pag. 39-50.
- Deritei D., Fodor N. (2009) A zajszenyezés hatása a fiatalokra, avagy hogyan hallgassuk a zenét? *Természet Világa*, 140, 9, <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2009/tv0909/zaj.html>

- Gyarmathy É. (2011) A tehetség. Fogalma, összetevői, típusai és azonosítása, *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pag. 21-22.
- Halász G.B. (2009) Higher order corrections for shallow-water solitary waves, *European Journal of Physics*, 30, pag. 1311-1323.
- Kirsch É., Dudics P., Balogh L. (2010) A tehetséggondozás lehetőségei fizikából, *Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, Géniuszkönyvek*, 32, pag.
- Kiss A. (2014) Kreatív természettudományi tehetséggondozás. Lehetséges irányok tehetségsegítő pedagógusoknak, *Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, Géniuszkönyvek*, 10, pag. 84-104.
- Kun F. (2011) *Számítógépes modellezés és szimuláció*, egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem
- Magyari H., Wanek T. (2004) A napállandó mérése a Sunday projekt keretében az Apáczaiban, *A kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceum Évkönyve 2003-2004*, pag. 45-50.
- Mező F. (2014) Interdiszciplinaritás a tehetséggondozásban, *Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége, GéniuszMűhely*, 8, 2, pag. 18-19.
- Radnóti K. (2002) A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai, *Új Pedagógiai Szemle*, LII, 5, pag. 38-50.
- Renzulli, J. (2011) What makes giftedness? Reexamining a definition., *Phi Delta Kappan*, 92 (8), pag. 81-88.
- Vörös A.I.V. (2013) In: Az Alma Mater visszaköszön, *Exit Kiadó*, Kolozsvár, pag. 128-138.
- Xantus J. (1981) A természet kalendáriuma, *Albatrosz Könyvkiadó*, Kolozsvár, pag.

AZ 5. FEJEZET ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ PUBLIKÁCIÓK:

- 8. Vörös A.I.V.** (2010) A környezeti nevelés lehetőségei a fizika oktatásában, *Fizikatanítás tartalmasan és érdekesen konferenciakötet*, ELTE, Fizika Doktori Iskola, pag. 215-220.
- 9. Vörös A.I.V.**, Fehér J., Irsai M., Gottwald M., Kósa M. (2015) „Fűért, fáért halljátok hát szavam...” *Xantus vetélkedő módszertani útmutató*, Exit, Kolozsvár, pag. 7-23, 63-71

6. ÚJ KÖRNYEZETFIZIKA ÉS -FÖLDRAJZ TANTÁRGY ELEMELI

6.1. A KÖRNYEZETI NEVELÉS

A 21. század iskolájában a környezeti (vagy fenntartható fejlődésre való) nevelés kiemelt szerepet kell kapjon az oktatás minden szintjén és területén. A fizika tanároknak a nevelés ezen területét fel kell vállalniuk, annál is inkább, mert a környezetfizika témái vonzóak a diák számára, elősegítik a természeti jelenségek mélyebb megértését és egyben a tantárgy népszerűségének növeléséhez is hozzájárulnak (Radnóti, 2002). A környezeti nevelés magyarországi kezdetét 1906-tól számíthatjuk, amikor Hermann Ottó kezdeményezésére Magyarország minisztere rendeletet adott ki, hogy májusban az iskola vigye ki a diákokat a természetbe (Madarak és Fák Napja) (<http://www.korlanc.mv.hu>). Ennek ellenére átfogó az egész iskolai rendszert érintő és a társadalom jelentős részére kiható programokat csak az elmúlt 20 évben sikerült megvalósítani (Lehoczky, 2002). Romániában sajnos ehhez képest is lemaradások mutatkoznak és a környezettudatos magatartásformák kultúrája csak évtizedek tájékoztató munkájának eredményeként alakulhat ki. A környezeti nevelés területén azonban élen járnak az angolok, ahol már 1943-ban megalakult egy környezeti neveléssel foglalkozó szervezet és egyesület, a Field Studies Council (FSC), amely 1945-től napjainkig 17 oktatási központot hozott létre Nagy-Britannia különböző térségeiben. 1977-ben, az UNESCO Tbiliszi szervezett *Környezeti Nevelési Kormányközi Konferenciáján*. A következő ajánlásokat fogalmazták meg (UNESCO, 1978):

- szükséges az iskolai tantervek átalakítása, tankönyvek, segédanyagok készítése a környezeti neveléshez
- vezessenek be korszerű nevelési módszereket, fejlesszék a szakmunkásképzést, a pedagógusképzést és továbbképzést.

A környezeti nevelés egyfelől a tanuló informálása és az ismeretanyagának bővítése. A diákok olyan jelenségekről hallanak, mint a globális felmelegedés, szilárd hulladékok és egyéb környezeti problémák, megismerkednek a Föld „működési” mechanizmusával, a környezet leromlásának következményeivel, valamint arról, hogy milyen szerepük van a környezeti problémák kialakításában és megelőzésében (Havas, 2002). Másfelől a környezeti nevelés tudatosítja a problémákat és hozzájárul a környezeti problémákkal szembeni felelősség kialakításához. A környezeti nevelés egyben gyakorlati jellegű is, a gyerekek megtanulhatnak

olyan dolgokat is, hogy hogyan lehet a fogyasztást csökkenteni, vagy hogy miként okozhatunk minél kisebb környezeti kárt (Wersebe, 2005).

A környezeti nevelés a romániai oktatásban tantárgyi keretek között csupán az alsó tagozaton van jelen (környezetismeret: 1-2 osztály: 1 óra, 3-4 osztály: 1-2 óra). Az általános iskolák és líceumok kerettantervében nem szerepel a környezettan, környezeti nevelés, mint külön tantárgy, annak ellenére, hogy igény lenne rá (Iacob, Pető, 2008). Ezt a hiányt pótolhatják a biológia órák, mellett a fizika órák is, ahol a tantervek követelményrendszere egyértelműen meghatározza, hogy a fizika tantárgy tanítása során a tanulók számára az elsajátítandó kulcs-kompetenciák egyike a környezet védelme és a környezettudatos nevelés.

6.2. KÖRNYEZETFIZIKA, MINT VÁLASZTHATÓ TANTÁRGY

Az évek során több évfolyamon próbálkoztam környezetfizikai témakörökhöz kapcsolódó választható tantárgyak tanításával. Így hetedik osztályban használtam az Energia Klub által kidolgozott *Az energia?* című oktatócsomagot (szerk. Varga Judit, 1999), azon tanévben, amikor a kerettanterv az általános iskola felsőtagozatán mindössze heti egy fizika órát írt elő. Az oktatócsomag által felajánlott feladatlapok hatékonyan segítettek az energia fogalmának helyes kialakításában.

A kilencedik osztályok számára 2000-ben, a nemzetközi GLOBE programhoz (www.globe.gov) csatlakozva dolgoztam ki egy választható tantárgy tananyagát. A GLOBE betűszó: Global Learning and Observations to Benefit the Environment, vagyis Globális tanulás és megfigyelések a környezetünk hasznára. A programot olyan amerikai szervezetek, intézmények dolgozták ki az amerikai kormány külügyminisztériumának támogatásával, mint a NASA, az UCAR (University Corporation for Atmospheric Research) és NSF (National Science Foundation).

A fentiekben leírt két program tapasztalatait és tananyagát, illetve egy görög kezdeményezésű (Scoullou és Malotidi, 2004), a Havas és Veres által összeállított (Havas és Veres, 2008) hasznos oktatócsomagokat használtam fel egy új választható tantárgy kidolgozásánál, ugyanakkor több témakör esetében hasznos információval és módszerekkel szolgál Szeidemann Ákos és Gróf Andrea doktori dolgozata, illetve Kiss Ádám és Tasnádi Péter, illetve Soós Katalin Környezetfizika egyetemi jegyzetei. Az elmúlt években földrajz szakos kolleganómmal közösen 11. osztályos reál tagozatos diákoknak ajánlottuk fel a *Környezetfizika és földrajz* választható tantárgyat, amelyet a 2009-2010-es tanévben tanítottunk először heti egy órában. A

téma iránti érdeklődést mutatja, hogy volt olyan év is, amikor a diákok a tárgy alternatívájaként testnevelést is választhattak. Minden előzetes tapasztalat hiányában sikerként éltük meg, hogy a 30-as létszámú osztályból 14-en választották az általunk felajánlott tárgyat. A következő tanévekben a tantárgyat a teljes osztálynak tanítottuk. A tananyag és a módszerek megválasztásában irányadónak tekintjük a PISA mérésekben a tanulók természettudományokkal és azok alkalmazásával kapcsolatos attitűdjeinek vizsgálatát az alábbi területeken (PISA, 2007):

A diákok természettudományi kutatásának támogatása:

- alternatív nézőpontok, gondolatok és kutatások figyelembevételének elfogadása
- valóságos információk és ésszerű magyarázatok figyelembevételének támogatása
- logikus és körültekintő következtetés, az alkotás iránti igény kifejezése

A természeti erőforrások és a környezet iránt érzett felelősség erősítése:

- a környezetvédelemben az egyénre háruló felelősség érzékelése
- tudatosság az egyén tevékenységének személyes, a társadalmat és a környezetet érintő következményeivel kapcsolatban
- hajlandóság a cselekvésre a természet erőforrásainak megóvása érdekében

Miért a 11. osztályban? Választható tantárgyunk számára a 11. évfolyamot találtuk a legmegfelelőbbnek, mivel ez a korosztály már rendelkezik megfelelő természettudományos alapismeretekkel, elvonatkoztatási és a komplex jelenségek megértésére vonatkozó készségük kellően fejlett. A romániai földrajz tantervek alapján ezen évfolyam környezetföldrajzot tanul, és az érettségi vizsgákra való készülés még nem emészti fel minden érdeklődésüket. Munkánkban támogatni kívántuk a diákjaink erősségeit, ezért találtuk megfelelőnek a projektoktatás módszereinek alkalmazását.

6.3. HOGYAN TANÍTSUNK? A PROJEKTORIENTÁLT OKTATÁS

Az ezredforduló környéke egy új pedagógiai paradigma kialakulásához vezetett, amelynek néhány elemét fontosnak tartjuk tantárgyunk esetében (Havas, Veres, 2008):

- a tanulók egyéni fejlődésének értékelése
- a tanár irányító és egyben csapattag
- a tanulók felelősek saját tanulási folyamatukért
- kihívásokkal szolgáló tanulási környezet

- a diákok erősségeinek támogatása
- a kreativitás fejlesztése

A környezeti problémák megértését nehezíti, ha azokat a valós összetettségüktől megtisztítva, valamely szaktudomány boncasztalára előkészítve kapják meg a tanulók. Ezért láttuk fontosnak, hogy a diákok két tanár kooperatív módszerei által ismerhessék meg a jelenségek bonyolultságát és alkalmuk legyen egyidőben több tudományág tudásalapját összevetve eljutni a megfelelő következtetéshez.

A tanórákon jellemzően a csoportmunka különféle formáit alkalmazom, egyrészt a tanuláshoz szükséges információk, másrészt a szociális kompetenciák fejlesztése céljából. A diákok belső kreativitásának mozgósítására alkalmazom a *projektorientált oktatást*, illetve az érdeklődő, tehetséges tanulók önállóan kutathatnak. A pedagógiai projekt valamely összetett, komplex téma önálló tanulói tevékenység általi feldolgozása (Nádasi, 2010). Lényege, hogy mind a téma felvetése, mind a téma kidolgozása a diákoktól származik. A szakirodalomban a projektoktatás kritériumai eltérőek, de ezek közül kiemelem azokat, amelyeket a *Környezetfizika és földrajz* választható tantárgy keretében fontosnak tartok:

1. A problémafelvetés történjen közösen a diákokkal.
2. A projekt megoldása kapcsolódjon a valóságos helyzetekhez és lokális környezetünkhöz.
3. Adjon módot mind egyéni-, mind csoportmunkára is.
4. Kidolgozása hosszabb időtartamra nyúljon el.
5. Jellemezze interdiszciplináris megközelítés.
6. A pedagógusok és a tanulók egyenrangú, ám különböző kompetenciákkal rendelkező partnerekként dolgozzanak együtt.
7. A pedagógus vonuljon vissza stimuláló, szervező, tanácsadó funkcióba.
8. A tanulók közötti kapcsolatok erősek, kommunikatívak legyenek.
9. A projekt lezárása az eredmények (írásbeli és szóbeli) prezentálásával és kiértékelésével történjen.

Mivel több esetben az általunk alkalmazott módszerek nem viselik magukon a fentiekben leírt minden jellemzőt, szándékosan használom a projektorientált oktatás kifejezést, illetve ez esetben a projekt sajátosan kutató munkán alapul, tehát egyúttal kutatásalapú oktatásról (Inquiry Based Learning IBL – Schwab, 1960) is beszélhetünk. A mi esetünkben a projektek alapvetően három témakörhöz kapcsolódtak: a környezet szennyezése, a hulladékgazdálkodás és az energiatermelés. Igyekeztünk az esetek többségében mérési feladatok felé irányítani diákjainkat, amely előzetes elméleti megalapozást is feltételezett az adott témakörökben. A téma kidolgozása során a tanár és diákok közötti állandó kommunikáció szükséges a

munkafolyamat megszervezése és kidolgozása érdekében. A természettudományos gondolkodásmód fejlesztésében jelentős szerepet kap a vita módszere, amelyre a mi esetünkben kiemelten az energiahordozókkal kapcsolatos társadalmi dilemmák adnak alkalmat.

6.4. MIT TANÍTSUNK? A KIALAKÍTANDÓ KULCSFOGALMAK.

A környezetfizika és földrajz területén több olyan fogalom van, amely általában kavargást, félreértést okoz. Így fontos a légköri áramlások okainak, izobár vonalak, a Coriolis-erő hatásainak, időjárás és az éghajlat, illetve a hőmennyiség, hőcsere és hőmérséklet fogalmak megfelelő tisztázása. Ugyanakkor magyarázni kell az éghajlatváltozás és az éghajlati ingadozás közötti jellemző különbségeket, illetve az üvegházhatást okozó tényezőket (Nádai, 1992). Ebben a részben a diákok számára legnehezebb fogalom a Coriolis-erő, amelynek középiskolai tanításához manapság már nagyon szemléletes videók mellett több hasznos tananyag is ki lett dolgozva (Szeidemann, 2013; Gróf, 2016, <http://theorphys.elte.hu/fiztan/Coriolis>). A videók közül talán legérdekesebb a Massachusetts Institute of Technology (MIT) Fizika Kara által közzétett (https://www.youtube.com/watch?v=dt_XJp77-mk) szemléletes felvétel. Jelen dolgozat keretei között nem célok ezen témakör tanításának részletes ismertetése. Ezen tananyagok felhasználásával a diákjaim képesek a légköri áramlások, a Hadley-cellák kialakulásának magyarázatára.

Mindezek mellett kiemelt szerepet kap az energia, az energiaátalakulások és az energiamegmaradás törvényének alapos, átfogó megértése. A fizika tudományával való rendszeres ismerkedés országunkban hatodikos korban kezdődik, azonban már ekkor minden tanuló rendelkezik előzetes tudással a fizikai jelenségekről. Ott van a fejükben a gyermektudomány, a gyermekfizika, s ez számunkra feltétlenül beszámítandó tényező. Ha nem veszünk róla tudomást, akkor a gyermekek megtartják mélyen elsajátított, eredeti elképzeléseiket, s az iskolában elsajátítandó anyagot egy „másik rétegbe” helyezik el, az iskolai megmérésekben való használatra.

Mi jellemzi a gyermekek energiával kapcsolatos előzetes ismereteit? Mielőtt még fizika órán tanultunk volna az energiáról, arra a kérdésre, hogy mit jelent az energia kifejezés, legtöbbször élőlényekhez (ember, állat) vagy gépekre vonatkoztatják az energiát. Néhány példa: „a sportolónak sok energiára van szüksége”, „akkor van energiánk, ha csokit eszünk”. A fáradtság társul azzal, hogy elfogyott, kifogyott az energia: „nem bírom, elfogyott az energiám”. Ezt a nézőpontot támogatja azon szóhasználat is, hogy aki aktív, mozgalmas életvitelű, az

„energikus”, illetve amikor jól kipihentem magam, akkor „feltöltődtem energiával”. Arra a kérdésre, hogy mire kell az energia leggyakrabban a világítást, a fűtést, a tanulást, mozgást, különféle gépek működését említik. „Az energia az a valami, amit a legtöbb dolog mozgathatásához használunk.” A tanulók gyakran hiszik azt, hogy a táplálékkal kapcsolatos energia (talán az, amit a biológia órákon tanultak) nem felhalmozott energia, hanem a testünkben jön létre, amikor megesszük a táplálékot, és, hogy az anyagok elégetésekor az energia az égetési folyamatban keletkezik. (Frankowicz és tsai., 2008) Vagyis anyagként gondolnak az energiára, amit a táplálék, testünk vagy a szén tárol.

A sajátos gyermeki elképzelésben az energia „termelődik és elhasználódik”. Nincs elképzelésük, vagy csak igen kevés az energia tárolásáról, energiaátalakulásokról, az energia megmaradásáról. Tehát ezt meg kell tanulniuk. Az energiával való ismerkedés a fizika tantárgyban számos buktatót rejt magában (Orbán, 2009).

További zavart okoz a helyzeti energiák bevezetése. A vízerőművekhez kapcsolódóan az energitermelést nehéz elképzelni a diáknak látva a nyugalomban levő gyűjtőtó vizét. Az erőmű belsejébe nem lát be és a mozgás hiányában nem érti miből származik az elektromos energia. Manapság ezen sokat segít az, hogy minden tanteremben vetítő segítségével az internetről bármely filmet ki tudunk vetíteni, így a vízierőmű működése is megmutatható.

A fenti fogalmak helyes elsajátítását, illetve elmélyítését a tananyag 14. táblázat szerinti lebontása által valósítjuk meg.

Téma sorszáma	Téma megnevezése	Óraszám
I. félév: Légköri jelenségek és a környezeti szennyezések		17
1.	A légkör jellemzése.	1
2.	Coriolis-erő. A légkör dinamikája, időjárási frontok.	4
3.	Légköri fénytani jelenségek.	1
4.	Légköri energiaegyensúly és a napállandó.	3
5.	Üvegházhatású gázok.	1
6.	Környezeti kutatások, globális felmelegedés okai és következményei.	2
7.	Aktuális környezeti problémák, szennyező anyagok áramlása	1
8.	Csoportos kutatási projektek bemutatása	2
9.	Ismétlés és tesztírás	2
II. félév: Éghajlatváltozás, ökológiai lábnyom és az energiatermelés		18
10.	Egy dokumentumfilm megtekintése és megbeszélése.	2
11.	Fenntartható fejlődés és gazdaság, fogyasztói szokások elemzése	3
12.	Elektromos palackprés gyakorlati tevékenység.	1
13.	Mekkora az ökológiai lábnyomom?	3

14.	Az energiaátalakítás lehetőségei, energiaforrások (nem-megújuló energiaforrások, napenergia, szélenergia, atomenergia, vízenergia, biomassa, geotermikus energia)	2
15.	Energia-vita	5
16.	Ismétlés és tesztírás	2
Összesen		35

14. táblázat A környeztfizika és földrajz választható tanárgy éves tananyagbeosztása

Az első félévben a diáknak találkoznia kell környezetünk főbb szennyezési forrásaival, ezek környezeti hatásával, illetve ismerniük kell a szennyezések csökkentésének lehetőségeit. Ezek megértéséhez először a Coriolis erő bevezetése és ennek légköri alkalmazásainak tárgyalása szükséges (Tél, 2006). A légkör dinamikája, időjárási frontok témakörben érintjük azon témákat, amelyek már a 3.3 alfejezetben is be lettek mutatva. A légköri energiaegyensúly és a napállandó számítása, illetve mérése egy izgalmas feladat a diákok számára, amelyet az 5.3. alfejeztben is említék. A szennyezések elhárításához ismerni kell a szennyezések terjedésének folyamatát, vagyis a légköri áramlástan kérdéseket (Jánosi és tsai, 2001) és ezeknek kaotikus jellegét, amelynek megértésében olyan számítógépes szimulációkat is használunk. Az ember környezeti hatásaival kapcsolatban a diákok csoportos projekteket dolgoznak ki. Ezen projektek a közvetlen környezetünk vizsgálata által elvezet a fogalmak mélyebb elsajátításához, az egyéni következtetések által pedig a felfedezés öröméhez.

A második félévben a fenntartható fejlődésre épülő társadalom fő célkitűzéseit kell megfogalmaztatni a diákokkal. Az első részben a fogyasztói szokások módosulásáról van szó, amelyben felhívom a figyelmet a túlfogyasztásra, a szemétkerülő élelmiszer mennyiségére, a csomagolóanyagok túlzott használatáról (Hailes, 2007). Itt hívjuk fel a diákok figyelmét arra az új törekvésre, amely a körkörös gazdaság fogalmaként kezdett el lassan terjedni Nagy-Britanniából (Webster, 2004; Webster, 2010). Ehhez kapcsolódóan a diákok példákat keresnek olyan közösségekre, illetve olyan vállalatokra, amelyek már alkalmazták ezt az elgondolást. Az ember környezetre tett befolyása kapcsán bevezetjük az ökológiai lábnyom fogalmát. A világhálón rendelkezésre álló programok lehetővé teszik egy egyén vagy család ökológiai lábnyomának kiszámítását. Ez által a diákok saját ökológiai lábnyomát összehasonlíthatják a Föld különböző régióiban számolt értékekkel, illetve a világtalaggal (www.carbonfootprint.com/calculator.aspx). Az osztályon belül összehasonlítjuk az egyes diákok által számolt értékeket és elemezzük, hogy milyen tevékenységből származnak a különbségek. Az adatok módosítása lehetővé teszi annak az átgondolását, hogy melyek a leghatékonyabb módszerei az ember környezeti hatásának csökkentésének.

Az energia kérdéskörében először az energiafogyasztás mértékét elemzem a diákokkal, csak ezek után térek rá az energiatermelés kérdéskörére. A hangsúly az energiaátalakítási folyamatokon van, amelyeket konkrétan az egyes erőművek illetve a háztartásokban használatos eszközök, készülékek működésének tárgyalásával valósítunk meg. Néhány ötlet a megvalósításhoz:

1. Készítsetek táblázatot arról, hogy melyik eszközt kb. mennyi ideig használ a család, az mennyi energiát fogyaszt, és mennyibe kerül!
2. Nézzetek körül otthonotokban és készítsetek felmérést arról, hogy mely eszközök működnek villamos energia átalakításával! Milyen energiaátalakulás megy végbe az egyes eszközökben? Honnan jut el hozzátok a villamos energia? Milyen energiaátalakítás történik ott, és mi annak a környezeti terhelése? Készítsetek szemléletes magyarázó ábrákat, majd ezekből posztert! Melyik fogyaszt sok energiát, melyik keveset?
3. Vizsgáljátok meg az iskola elektromos energiafogyasztását! Elemeztétek, hogy hogyan változott az energiafogyasztás a LED-es világítótestekre való áttéréssel.
4. Gondoljátok végig, hogy mi történne, ha kiiktatnánk életünkéből a villamos energia átalakítási lehetőségét? Írjatok erről cikket a Kaleidoszkóp diákújságba!

Fontosnak tartom olyan helyzeteknek az elemzését, amikor a környezetünk iránti gondoskodás illúziójával végzünk egy adott tevékenységet. Így például pár évvel ezelőtt minden Kolozs megyei gimnázium kapott egy elektromos palackprést, hogy az intézményben eldoband műanyagpalackokat ennek segítségével préseljék össze a diákok. Az elszállítás így elvileg gazdaságossá válik. Első probléma az, hogy egyetlen darab palackprést nem tud az iskola többszáz diákja használni, emiatt nem lett üzembe helyezve. Azonban alkalmas volt arra, hogy tanórán a diákok kísérletezzenek segítségével, illetve számításokat végezzenek hatékonyságával kapcsolatban. A 14. táblázat 12. tevékenysége így került be a tananyagba és vált a diákok által kedvelt gyakorlati tevékenységgé. A diákok elemzése alapján kiderült, hogy a palackprés használatával a környezeti terhelésünk majdnem kétszerese annak, ha csak egyszerű mechanikus (lábbal történő) préseléssel csökkentjük a műanyagszemét térfogatát.

A 2. félév utolsó nagy témakörében ismertetjük a természeti erőforrásokat, különös tekintettel az energiaforrásokat (Aszódi, 2009; Patterson, 1994). Ebben a részben az energia panelvita módszerét alkalmazom, amelyet már nagy részletességgel bemutattam a 4. fejezetben. A panelvita felvezetésekor kiemelt figyelmet szentelek az atomenergiának, hiszen 11. osztályban ez az energiatermelési mód még sok a diákok számára idegen fogalmat (rádioaktivitás, az atom szerkezete, maghasadás, elemi részecskék) feltételez, amelyeket röviden megbeszélünk mielőtt a diákok felkészülnének egyénileg az általuk választott szerepkör szerint.

6.5. ÖSSZEGZÉS

Ez a fejezet a 8. tézis háttérét mutatja be.

A 35 tanórásra kidolgozott Környezetfizika és –földrajz tantárgy tanmenetét mutattam be a 11. osztály számára, amelyet az elmúlt tíz tanévben a tapasztalatok alapján dolgoztam ki jelenlegi formájába. 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 energiafogyasztás és energiatermelés elemzését. A tantárgy célja a fizikatanítás kérdésköreit kibővíteni olyan átfogó témákkal, amelyek során a fizika különböző fejezeteit egyidejűleg kell alkalmazni a diákok, elősegíteni a diákok környezettudatos attitűdjének alakítását, illetve az energitermelés környezeti hatásainak megismertetését. A tantárgy során előtérbe helyeztem a projektorientált oktatást, illetve a kutatásalapú oktatási formát (IBL), amelyben a diákok a fenti témaköröket egyéni vagy csoportos munkában ismerhetik meg és mutathatják be társaiknak.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aszódi A. (2009) A villamosenergia-termelés szerkezete és jövője, Energetikáról másként, Budapest, *Magyar Energetikusok Kerekasztala*, 2009. február 10.
- Cornell, J. (1998) Kézenfogva gyerekekkel a természetben, *Magyar Környezeti Nevelési Egyesület*, Budapest
- Frankowicz, M.; Maciejowska, I.; Martinas, K.; Radnóti, K.; Rimai, A. (2008) Energy in school textbooks: a comparative study. *Gamtamokslinis Ugdymas = Natural Science Education*. 1, 2(23), pag. 34-41
- Gróf A. (2018) Tantárgyak határán: fizikai magyarázatok, földrajzi és környezettudományi ismeretek a középiskolában, PhD dolgozat.
- Gróf A. (2016) Carousels to Coriolis, or how physics supports understanding geography, in: *TPI-15 Conference Proceedings*, Budapest, pag. 119–124.
- Hailes, J. (2007) *The New Green Consumer Guide. You can Make a Difference*, Simon & Schuster Ltd. UK, London
- Havas P. (2002) A környezetvédelmi tudatformálás szinterei és módszerei, *OKI honlap szerk.* Havas P., Veres G. (2008) Globális éghajlatváltozás oktatócsomag. Integrált természettudományi mintaprojektek, *Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet*, Budapest

- szerk. Iacob, A.; Pető Cs. (2008) Ökológiai és környezetvédelmi nevelés: módszertani útmutató, *Brevis Kiadó*, Nagyvárad
- Jánosi I., Tél T., Szabó K. G., Horváth V. (2001) A környezeti áramlások fizikája., *Fizikai Szemle* 51, pag. 6-8
- Kiss Á., Tasnádi P. (2012) Környezetfizika tankönyvsorozat, ELTE, http://etananyag.ttk.elte.hu/FiLeS/downloads/EJ-Kiss-Tasnadi_Kornyezetfizika.pdf
- Lehoczky J. (2002) Erdei iskolai tanulásszervezés Magyarországon 2001-ben, interneten publikált tanulmány, (www.korlanc.hu/erdeiiskola/2002)
- M. Nádasi M. (2010) A projektoktatás elmélete és gyakorlata, *Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége*, Budapest
- Nádai M.(1992) Gyümölcs a tudás fájáról, *Aqua Kiadó*, Budapest
- Orbán P. (2009) A fizika helye és szerepe a környezetvédelemben, I. Fokozati tanári dolgozat, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár
- Patterson, W. (1994): Rebuilding Romania. Energy, Efficiency and the Economic Transition, *The Royal Institute of International Affairs, Earthscan Publications Ltd.*, London
- PISA (2007) 2006 jelentés, *Oktatási Hivatal*, Budapest, 15. old.
- Practical Environmental Projects (1999) *a Volvo cég által kidolgozott CD-ROM.*
- Radnóti K. (2002) A környezeti nevelés néhány lehetősége a fizikaórákon, *Módszertani Lapok, Fizika*, 9, 1, pag. 14-23.
- Schwab, J. (1960) Inquiry, the Science Teacher, and the Educator. *The School Review* © 1960, The University of Chicago Press
- Scoullou M., Malotidi V. (2004) Handbook on methods used in Environmental Education and Education for Sustainable Development, *MIO-ECSDE*, Athens
- Szerk. Soós Katalin (2016) Környezetfizika, *Szegedi Egyetemi Kiadó*, Szeged
- Szeidemán Á. (2013) Fizika és földrajz határán – Tanítható-e a Coriolis-erő?, *Fizikai Szemle* 63, 10, pag. 352-357.
- Szeidemán Á. (2015) Környezetfizika - egy sokoldalú lehetőség a középiskolai fizikatanításban, PhD dolgozat
- Szeidemán Á., Gróf A., Tél T. A guided tour from the motion on carousels to cyclones and the Gulf Stream, full of surprises <http://theorphys.elte.hu/fiztan/Coriolis>
- Taylor, L., Munteanu, R. (2009) Theory and Evidence in European Educational Research, *ECER Conference*, Vienna
- Tél T. (2006) A Coriolis-erő és a modern környezetfizika: a lefolyótól a ciklonokig, *Fizikai Szemle*, 56, pag. 263-267

- Tóth M. (1998) Alternatív stratégiák a környezeti nevelésben, *Stúdium Kiadó*, Kolozsvár
- UNESCO (1978) Intergovernmental Conference on Environmental Education, Final Report, *UNESCO-UNEP, Tbilisi USSR 14-24 october 1977*, Paris, UNESCO
- szerk. Varga J. (1999) Az energia? oktató csomag, *Energia Klub*, Budapest
- Webster, K. (2004) Rethink, Refuse Reduce... Education for sustainability in a changing world, *Field Studies Council Preston Montford*, Schrewsbury
- Webster, K.; Johnson, C. (2010) Sense and Sustainability, Educating for a circular economy, *Ellen Macarthur Foundation*, e-könyv a www.ellenmacarthurfoundation.org honlapról
- Wersebe, J. (2005) A Föld a mi kincsünk – Környezeti nevelési tankönyv, *EKE Szatmárnémeti*
www.carbonfootprint.com/calculator.aspx
www.globe.gov

A 6. FEJEZET ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ PUBLIKÁCIÓK:

- 6. Vörös A.I.V.** (2019) Outcomes of an Optional Environmental Physics Course in High School, *AIP Conference Proceedings*, beküldve 2019. szeptember
- 8. Vörös A.I.V.** (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.

ÖSSZEFOGLALÓ

Kutató munkám során két olyan téma oktatási tapasztalatait mutattam be, amelyeket csak röviden érintünk a magyarországi vagy romániai középiskolai fizika tantervek: a folyadékok fizikája, illetve az energiaforrások és az energiatermelés. Ezekkel kapcsolatban bemutatom mind az osztálytermi, mind a tanórán kívüli tevékenységeket.

Két oktatási szabadulósobás játékot fejlesztettem ki, amelyek alkalmasak a folyadékok fizikájának fenomenológiai tanulmányozására. Ezekben a tevékenységekben a diákoknak kísérleteket kellett végezniük, keresztrejtvényeket és különféle rejtvényeket kellett megoldaniuk. Egy felmérés által kimutattam, hogy a szabadulósobás játékon keresztül történő tanulás tartós, mivel a hallgatók még 6 hónap után is emlékeztek a tárgyalt jelenségekre. Az oktatási szabadulósobás játékok előkészítése nagyon időigényes, de egy tevékenységet többször is felhasználhatunk különböző diákcsoportokkal.

Bemutatom a tudományos játszóházak fontosságát a fizika tanulásában, majd a folyadékok fizikájával kapcsolatos, ezen játszóházakban bemutatott leggyakoribb kísérleteket. Javaslatot teszek ezen témával kapcsolatban két további kísérleti bemutató lehetőségére. Az első egy víztartály a szolitonhullámok és az időjárás frontok szemléltetéséhez. Egy másik kísérlet a Kármán-örvényeket mutatja be. Bemutok a Kármán-örvények oktatására egy lehetséges lecke-tervet a környezeti áramlásokra vonatkozó különböző példákkal. Ezeket a kísérleti eszközöket a kolozsvári EmpirX Egyesület által szervezett Kísérletszombaton teszteltem.

Az energiatermeléssel kapcsolatban összefoglalom az ember által fejlesztett energiát, beleértve a zöld konditerem új tendenciáit, ahol a fitness edzés energiája elektromos energiává alakítható. Számításokat végeztem a diákokkal az országos vagy globális szinten előállított energiamennyiségről, és a diákokkal összehasonlítottam az erőművek által termelt energiával.

Kifejlesztettem egy új módszert az energiaforrások és az energiatermelés tanításához a 11. osztályos diákok számára, az energia-vitát, amelyet részletesen ismertetek. Átfogó felmérést készítettem 720 diákkal a különböző energiaforrásokkal és az energiatermeléssel kapcsolatos kérdésekről, rámutatva a témával kapcsolatos legfontosabb téveszmékre. A felmérés igazolja az energia-vita módszer sikerességét.

Bemutok egy általam kezdeményezett és szervezett interdiszciplináris tudományos csapatversenyt. A verseny tételsoraiból a folyadékok áramlására és az energiatermelésre

vonatozó kérdéseket válogatását közlöm. Ez a verseny alkalmas a tehetséges diákok azonosítására. A tehetséges diákokkal végzett kutatási projektekre való felkészítés módszertanát ismertetem, majd konkrét példaként a szolitonhullámok tanulmányozásával kapcsolatos diákkutatás eredményeit is.

Kidolgoztam egy választható tantárgyat a 11. osztályos középiskolás diákok számára a környezetfizika és földrajz témájában, beleértve a folyadékdinamika, alégköri jelensége, illetve az energiatermelés, valamint az energiatakarékosság témakörét, amelyre egy konkrét foglalkozás forgatókönyvét mutatom be.

SUMMARY

In my research work I was following the possible teaching experiences of two topics which are just briefly presented according to the high school physics curricula in Hungary or Romania: the physics of fluids and the energy resources and energy production. Both classroom and extracurricular activities are presented.

I developed two educational escape game activities which are suitable for phenomenological study of physics of fluids. In these activities students had to perform experiments, solve crosswords and different puzzles. A survey shows that the learning through the escape game is long lasting, as even after 6 months students remembered the topic. Preparing an educational escape game is very time consuming, but the setup could be used several times with subsequent groups of students.

I present the importance of science museums in learning physics. I present the most common experiments related to physics of fluids presented in science museums. I make a proposal for two additional possibilities for exhibits in science museums related to this topic. A watertank for soliton waves and the development of weather fronts. An other exhibit presents the von Karman vortices. I present also a possible class project for teaching of von Karman vortices with examples from environmental flows. These exhibits have been tested on the one day event Saturday of experiments organized by the EmpirX Association from Cluj.

Related to energy production I make a summary of man developed energy, including new trends of the green gym, where fitness workout energy is converted in electricity. I made calculations with students about the quantity of energy produced on national or international level and compared it with energy produced by different power plants.

I developed a new method for the teaching of energy resources and energy production for students in 11th grade, the energy paneldebate, which is presented in detail. I made a comprehensive survey on 720 students about different energy resources and energy production related questions, pointing out the major misconceptions related to this topic. The survey shows the success of the energy paneldebate method.

I present the interdisciplinary science contest organized by us. I show a selection of items from this team contest for the two topics: flow of fluids and energy production. This contest helps us to identify the talented students in sciences. The support work of these students is presented through our research project works, specifically a research made by students on soliton waves.

I worked out an optional course for 11th grade high school students on Environmental physics and geography, including a meaningful selection of topics from fluid dynamics and energy production and energy saving methods.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom Dr. Tél Tamás professzornak, aki témavezetőként minden találkozás alkalmával nemcsak szakmai tudását adta át, hanem biztatásával erőt, lendületet adott a további munkához. Az általa biztosított lehetőség pedig, az akadémiai kutatási programban való részvétellel olyan hazai és külföldi tanulmányút és konferencia lehetőségeket nyújtott, amelyek segítettek tapasztalatszerzésem, szakmai fejlődésem, illetve egy olyan szakmai környezetet, amelyben hasonló, kutatás iránt elkötelezett tanártársakkal lehetett megosztani tapasztalatainkat. Köszönöm Dr. Néda Zoltán, a Babeş-Bolyai Tudományegyetem professzorának a kezdetektől nyújtott szakmai irányítást, munkám folyamatos véleményezését, iránymutatását, a pezsgő szakmai háttérrel, amelyet az Erdélyi Fizikatanári Ankét megszervezése által nyújtott. Illetve elsősorban neki köszönhetően szerezhettem tudomást és személye által ajánlást az ELTE Fizika tanári doktori iskolájába. Köszönöm minden tanártársnak, akik az akadémiai kutatási program, illetve konferenciák keretében véleményezték munkámat, megosztották hasonló tapasztalataikat. Külön köszönet Fülöp Csilla, a budapesti Madách Gimnázium tanárának, aki partner volt abban, hogy tanítványai közt kipróbáljuk a szabadulósobás tevékenységeket és véleményezte ezirányú kutatásaimat.

Hálával tartozom családomnak, hogy az elmúlt években támogatta azon törekvéseimet, amelyek ezen dolgozat megszületéséhez vezettek. Feleségem, Sárközi Zsuzsa több témakör esetében is ötletgazda volt és a kivitelezésben is segített, több tevékenységet közösen valósítottunk meg, így születhettek közös publikációink is. Fiamnak, Ádámnak köszönöm megértését, biztatását és segítségét bizonyos fotók elkészítésében.

Köszönöm iskolai kollégám, Bárdos László segítségét, aki több alkalommal partnerem volt, elsősorban a szabadulósobás tevékenységek kivitelezésében. Köszönöm az Apáczai-líceum tanári közösségének folyamatos támogatását, elsősorban Wanek Judith Klára igazgatóhelyettesnek sok esetben vállalt időt és energiát nem sajnáló önfeláldozó munkáját. Hálás vagyok néhai Dr. Wolf Rudolf igazgatónak, aki nemcsak intézményvezetői, szakmai szempontból volt feddhetetlen példakép, hanem a tudományos kutatásban való elköteleződésében is. A Xantus János Környezetismereti Vetélkedő szervezésében nyújtott folyamatos támogatásért köszönettel tartozom Fehér Judit, Bárdos László és Farkas Melinda kollégáimnak. Ugyancsak nekik és Geváld Júliának hálával tartozom a kutatódiákkör működtetésében nyújtott fáradhatatlan partnerségért, csapatmunkáért.

Hálás vagyok azon lehetőségért, hogy már több mint 20 éve egy nagy hagyományú gimnáziumban taníthatok és elsősorban annak a sok érdeklődő és tehetséges diáknak, akik arra sarkalltak, hogy folyamatosan fejlődjek, újabb módszereket próbáljak ki, a tehetségük gondozására változatos és színvonalas programokat dolgozzak ki. Örömteli kihívás volt a kutató diákokkal együtt dolgozni és tőlük, illetve általuk folyamatosan tanulni.

Hálás vagyok minden egykori fizikatanáromnak, akik a pályaválasztásomat meghatározták, de külön köszönettel tartozom Tóth Mária általános iskolai tanáromnak, aki azóta is folyamatosan követi pályámat és az általa folyamatosan felajánlott hazai és nemzetközi szintű továbbképzési lehetőségek, együttműködési projektek segítettek hozzá több területen való fejlődésemhez, konkrétan a Xantus János Környezetismereti Vetélkedő megszületéséhez.

A Környezetfizika és –földrajz választható tantárgy kidolgozásában és kivitelezésében való együttműködést köszönöm Pilbák Enikő földrajz szakos kolléganőmnek.

Köszönöm Dr. Johannes-Geert Hagmannnak (Müncheni Deutsches Museum, Németország), Sarah Hillnek (At-Bristol, Egyesült Királyság), Christian Nehlsnek (Techniquet Cardiff, Egyesült Királyság), Christian Lavariannak (MUSE Trento, Olaszország), Alexandra Koininak (Wien Technisches Museum, Ausztria), Dr. Christof Börnernek (Phaeno Wolfsburg, Németország), Miha Kosnak (Hiša Eksperimentov, Ljubljana), hogy levelezés által bemutatták a jelen tanulmányommal kapcsolatos kiállításait. Külön köszönet Hannu Salmi a Helsinkii Egyetem Oktatási Tanszékének professzorának, aki bevezetett a finn oktatási rendszerbe és kiemelten a fizika oktatásának újabb irányvonalába, ugyanakkor elősegítette, hogy a Heuréka tudományos játszóházban egy tartalmas napot tölthessünk el, ahol Paula Havaste remek vezetőként mutatta be a múzeumuk sajátos arculatát.

Külön köszönettel tartozom Erdély különböző középiskoláinak fizika szakos tanárainak, akik segítettek az energiaforrások és energia termelés tudásteszt nagy létszámú csoporton való kitöltésében: Albert Balázs, Bárdos László, Dávid Anna, Dvoráček Ágoston, Dr. Kovács Zoltán, Kozma Tamás, Nagy-Máthé Enikő, Rend Erzsébet, Rogoz Marianna és Szilágyi-Czumbil Judit.

MELLÉKLETEK

2. fejezet mellékletei

FOLYADÉKOS SZABADULÓSZOBA ELSŐ FELADATSOR

Feladatokat átjutni a Sztüx vizén, az élők és holtak birodalmát elválasztó határfolyón, amely kilenc kanyarulattal fut az alvilág legmélyére, oda, ahol *Hádész* palotája emelkedik.

Ahhoz, hogy ezen folyóhoz eljuss előbb négy másik alvilági folyón kell átjutnod: a *Léthé*, a *Phlegethón* (égő), az *Akherón* (örömtelen) és a *Kókütosz* (jajgatás) átszelik a poklot, és óriási, szörnyű mocsárban egyesülnek. Utazásotok során minden feladatban egy kódot kell megtalálnotok és a megfelelő kóddal megjelölt boríték felbontásával utazhatsz egyik folyótól a másikig, míg el nem éred a Sztüx vizét. A folyók partján álkódokkal ellátott borítékok is vannak, amelyben FELNYITÁSRA ROBBANÓ levélbomba található. HÁROM ÉLETED VAN! Járj sikerrel, óvakodj a bombáktól! Utad során útmutatást kérhetsz a birodalom szolgálóitól.

Első próbátok átjutni a *Léthé* vizén, amelyből feledést isznak az árnyak. Az alábbi tudósokat sokan elfeledték, ha azonban megfejted az alábbi rejtvényt felhozod őket a feledésből átlépheted a *Léthé* vizén.

Fejtsd meg az anagrammákban rejlő (folyadékok tulajdonságait tanulmányozó) tudósok neveit és feleltesd meg a képekkel! A négyszámjegyű kódot az anagrammák sorszámának megfelelő sorrendbe való helyezése által kapjátok meg.

1.



- 6. aceton alig terel virsli
- 7. csel liba pasa
- 8. undi labor illene
- 9. méhészi kard

A *Léthé* kódja:

2.

4.

3.



Gratulálunk, sikerült legyőznöd a feledést! Lépj tovább!

2. folyó: Három pohárban égő *Phlegethón* vize bugyog. Bár a poharak tele vannak, neked le kell hűtened fecskendővel addig töltve a pohárba hideg vizet, amíg túl nem csordul a víz a poharak peremén. MÉRJÉTEK meg a három pohár esetében a legkisebttől a legnagyobb felé haladva, hogy *hány mL* víz befecskendezésével még nem csordul ki a víz a pohárból!

Festett agyag pohár	3-5 mL = 9
Műanyag pohár	6-7 mL = 4
Üveg pohár	8-9 mL = 2
	10-12 mL = 0
	13-14 mL = 3
	15-18 mL = 7

A Phlegethón kódja:

Gratulálunk, a felületi feszültség legyőzésével, a *Phlegethón* lehűtése által, léphettél előre. A **felületi feszültség** a folyadékok alapvető tulajdonsága, ami miatt a folyadékok a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot (gömb) igyekeznek felvenni, ha külső erőter nem hat rájuk. Oka a folyadék_részecskéi (atomok, egyszerű és összetett ionok, molekulák vagy ezekből felépülő kisebb aggregátumok) között fellépő kohéziós erő. Ezért gömb alakú a kis méretű lebegő folyadékcsepp, vagy a szappanbuborék_stb.

A felületi feszültség következménye, hogy bizonyos tárgyak és állatkák a vízben nem süllyednek el, a víz felületén maradnak, bár a sűrűségük_nagyobb, mint a folyadéké.

A felületi feszültség hőmérséklettől való függését Eötvös Lóránd tanulmányozta, az általa felírt összefüggés az Eötvös-szabály.

3. folyó: Az *örömtelen Akherónhoz* érkeztél. Mosolyt kell csinálnod arcára egy kisebb bűvészmutatvánnyal. A következő kísérletben használjátok az előbb használt vizes poharat, a gyufát és a lufit. Emeljétek meg utóbbi két tárgy segítségével a poharat, anélkül, hogy kézzel hozzáérintétek!

Miért sikerül felemelni a poharat?

Hogyan változik a pohárban a nyomás?

Ha tovább csökkentjük a nyomást 3kPa nyomás alatt vákuum keletkezik. Vákuum van a lufira rajzolt tárgyakban(on). A tárgyak mellé írt számjegyeket írd a rájuk jellemző nyomás csökkenő sorrendjében.

Az Akherón kódja:

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Vákuum>

Gratulálunk, megneveltetted az *örömtelen Akherónt*.

4. folyó: Elérkeztél a **jajgatás folyójához: a Kókötoszhoz**. Vérző, fájó sebeit vízzel kell megöntözöd. Használd a 2 Literes pillepalackot. Lyukaszd ki 5, 10, 15 cm magasságban és mérd meg, hogy ha megtöltöd vízzel milyen távol ér földet a vízszög a palack szélétől. Ábrázold milliméteres papíron a lyuk feletti vízszög magasságát a távolság függvényében. Ha az ábrán kapott pontokon keresztül illesztesz egy görbét, akkor annak neve: ($\blacktriangle \Rightarrow \triangle \Rightarrow \triangleleft \Rightarrow \triangleright \Rightarrow$)

A kód a fenti szó 2., 5. és 4. betűjéből adódik. **A Kókötosz kódja:**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U	V	W	X	Y	Z				
21	22	23	24	25	26				

Gratulálunk, sikerült megszüntetned **Kókötosz** jajveszékelését! Az általatok előbb megfigyelt jelenséget **Evangelista Torricelli** írta le és adta meg, hogy az áramlási sebesség egyenesen arányos a vízszög magasságának négyzetgyökével.

És végre elérted a **Sztüx** folyót! Fém tetraéderedet mártsd bele a pirosas Sztüxbe. Kiemelve a háborgó folyóból szivárványszínekben ragyogó szappanhártyát látsz csillogni. Hány különálló síkfelülete van a szappanhártyának?

FOLYADÉKOS SZABADULÓSZOBA MÁSODIK FELADATSOR

1. PRÓBA: KI VOLT DANIEL?

Juttasd a pénzérmét a tányérba anélkül, hogy hozzányúlnál!

A. Milyen a nyomás a pénzérme fölött, az alatta levő nyomáshoz képest, ha elfújunk fölötte?

B. Merrefelé hat az eredő erő a pénzérmére?

C. Milyen egy háztató tetőterében a nyomás értéke a külső légkör nyomásához képest, ha kint teljes szélcsend van?

D. Ha két papírlapot egymás mellett egymástól max. 10 centiméterre párhuzamosan tartunk, majd közük fújunk mi történik velük?

E. A papírlapok külső oldalán milyen a nyomás a köztük mérhető nyomáshoz képest, ha levegő áramlik közöttük (közük fújunk)?

F. Viharban a ház tetőterében a tetőcserepekre honnan hat nagyobb erő: kívülről vagy belülről?

G. A papírlapokra ható eredő erő a nyomás..... irányába hat.

H. Daniel 1782-ben halt meg Svájcban. Melyik országban született?

I. Tagja volt a Royal-nek.

A											
B			L				L				
C			Y				K				
D								D			K
E											
F					L						
G						N					
H							N				
I								Y			

Kiemelt mezőkben a megfejtés: BERNOULLI

Gratulálunk, sikerült legyőznöd a feledést! Lépj tovább!

Az *örömtelen Akherónhoz* érkezted. Mosolyt kell csalnod arcára egy kisebb bűvészmutatvánnyal.

2. próba: Használj egy fél literes pillepalackot arra, hogy benne egy kémcső tengeralattjáróként szabályozhatóan fel-le mozoghasson!

Magyarázat: Ha az edény térfogata csökken, akkor a benne levő levegő nyomása, ennek következményeként az egyik végén zárt csőben a vízszint. Így a cső átlagos megnő. Ennek következményeként a bűvár Ezek után, ha az edény falára ható csökkentjük, akkor a bűvár Megfelelő nagyságú esetén a bűvár akár is a vízben.

Kód: Annak a francia filozófusnak, matematikusnak, természettudósnak a születési éve, akiről a bűvárt elnevezték. Az ő haladó eszméit közvetítette Erdélybe Hollandiából való hazatérte után Apáczai Csere János.

3. próba Gratulálunk, megneveztetted az *örömtelen Akherónt*.

Elérkeztél a **jajgatás folyójához: a Kókkütoszhoz**. Vérző, fájó sebeit örvénylő vízzel kell megöntöznöd.

Itt NASA felvételeket láthatsz: <https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=80197>
<https://www.flickr.com/photos/150411108@N06/31923666754/in/photostream/>

Az örvénysorok viselkedését Kármán Tódor magyar származású fizikus, repülőgéptervező írta le először, ezért a jelenséget Kármán -féle örvénysornak nevezzük. Becsüld meg mekkora a két fotón a szigetek mögött keletkező örvénysor mérete km-ben kifejezve?

1. fotón: km,

2. fotón: km,

A 3. fotón laboratóriumi körülmények között egy forgóedénybe töltött vízben keletkeznek az örvénysorok. Mekkora két egymásutáni örvény közötti távolság, ha az edény átmérője 36 cm? cm.

A tenyérrel és a vasról elnevezett két sziget középpontja közötti távolság: 105 km.

A regényhősről és a regényt megihlető személyről elnevezett két sziget közötti távolság 180 km.

Kód: hány éve halt meg az örvénysort leíró tudós, X a huszadik század hányadik évében tette ezen felfedezését, MEGFEJTÉS: $56 \times 11 = 616$


TUDÁSFELMÉRŐ TESZT A MÁSODIK FELADATSORRA VONATKOZÓAN

1. Kérlek értékeld a folyadékös szabadulósobás tevékenységet 1-5-ös skálán.

- a) 1 b) 2
 c) 3 d) 4
 e) 5

2. Melyik osztályba / csoportba jársz?

- a) 9. b) 11. törti faktos
 c) 11. kémia faktos d) 11. fizika faktos

3.  Hogyan emelhető fel fújás segítségével egy pénzérme az asztalról?

- a) ráfújunk fentről b) elfújunk fölötte
 c) a pénzérme alá fújunk

4. Milyen a nyomás a pénzérme fölött, az alatta levő nyomáshoz képest, ha elfújunk fölötte?

- a) nagyobb b) kisebb
 c) egyenlőek egymással

5.  Milyen egy háztető tetőterében a nyomás értéke a külső légkör nyomásához képest, ha kint teljes szélcsend van?

- a) nagyobb b) kisebb
 c) ugyanakkora

6.  Ha két papírlapot egymás mellett egymástól max. 10 centiméterre párhuzamosan tartunk, majd közéjük fújunk mi történik velük?

- a) eltávolodnak egymástól b) közelednek egymáshoz
 c) nem mozdulnak meg

7.



A papírlapok külső oldalán milyen a nyomás a köztük mérhető nyomáshoz képest, ha levegő áramlik közöttük (közéjük fújunk)?

- a) nagyobb b) kisebb
 c) egymással egyenlő

8.



Ki volt Daniel Bernoulli?

- a) tengeralattjárók működésének elvét írta le b) az áramló folyadékban fellépő örvénysorokat tanulmányozta
 c) az áramló folyadékokban mérhető nyomás változását leíró törvényt fogalmazta meg

9.



Melyik országban született Daniel Bernoulli?

- a) Anglia b) Spanyolország
 c) Franciaország d) Hollandia

10.



A Cartesius-bűvár (a vízzel telített zárt üvegben lefelé fordított kémcső) emelkedik, ha

- a) a műanyag palackot megszorítjuk b) a műanyag palack szorítását lazítjuk (kevésbé nyomjuk)
 c) koncentrációnk által bioenergiát közlünk a kémcsővel d) mágneset helyezünk a kémcső fölé

11. Ki volt az a filozófus, matematikus, természettudós, akiről a bűvárt elnevezték.




- a) René Descartes b) Daniel Bernoulli
 c) Blaise Pascal d) Kármán Tódor

12.



Ki ihlette Apáczai Csere János Magyar Encyclopaedia című művét?

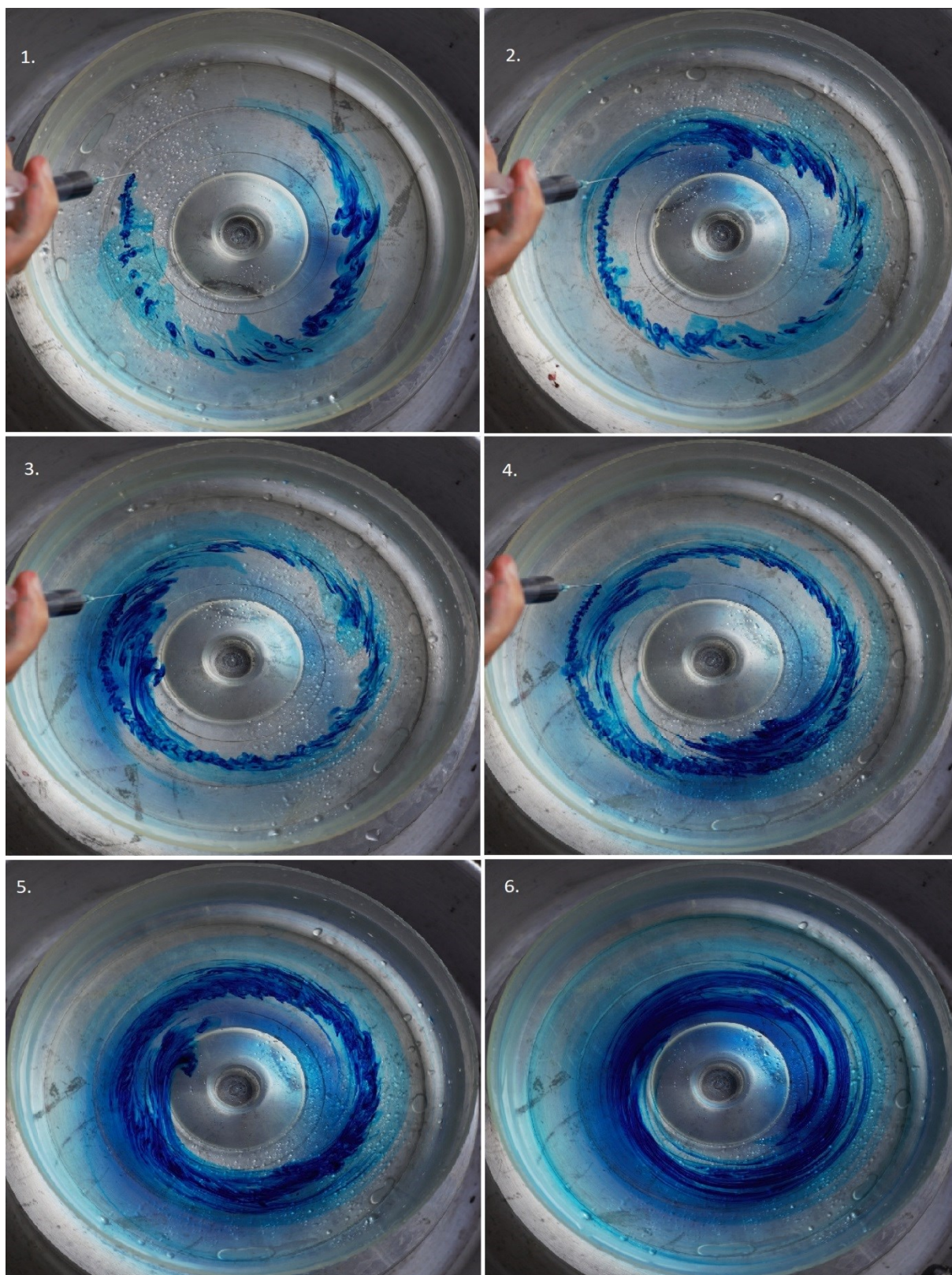
- a) Daniel Bernoulli b) Blaise Pascal
 c) Kármán Tódor d) René Descartes

13.  A műholdfelvételeken látott légköri örvénysoroknak megközelítőleg mekkora volt a mérete?
- a) 100 m b) 100.000 km
 c) 100 km d) 1 m
14.  Mely jelenségek hozhatóak kapcsolatba a Kármán-örvénysorral?
- a) a zászló lobogása b) járművek aerodinamikája
 c) a Tacoma Narrows híd összeomlása d) a folyadéksajtó működése
15.  Ki írta le először a légköri örvénysorok keletkezését?
- a) Daniel Bernoulli b) Blaise Pascal
 c) Kármán Tódor d) René Descartes

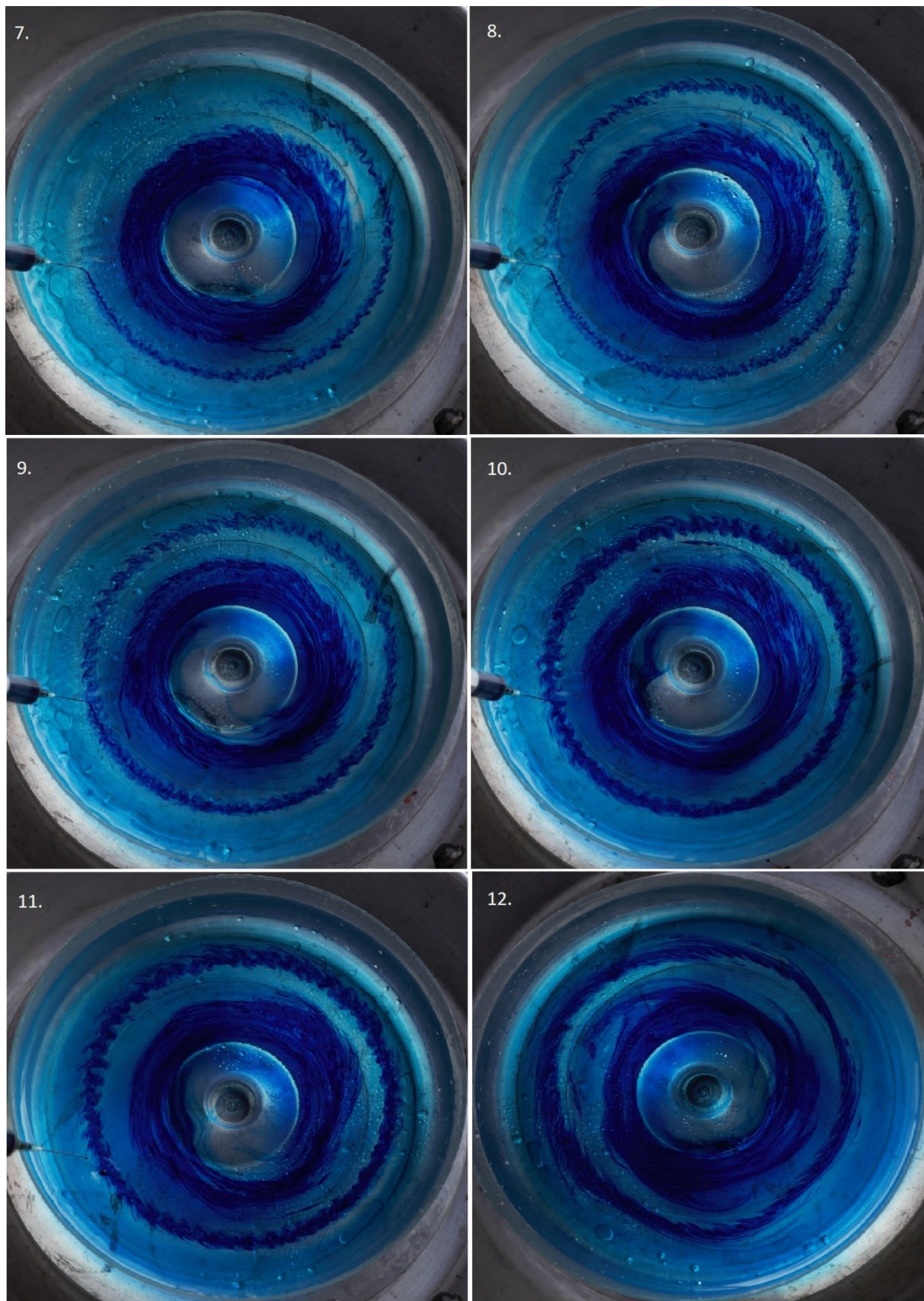
Answer Key

- | | | | |
|-------|------|-------|-------------|
| 1. -- | 5. c | 9. d | 13. c |
| 2. -- | 6. b | 10. b | 14. a, b, c |
| 3. b | 7. a | 11. a | 15. c |
| 4. a | 8. c | 12. d | |

A teszt a quizizz felhasználói oldalon való regisztrálás után elérhető a következő internetes oldalon: <https://quizizz.com/admin/quiz/5cc993ccbfcdade001d28054c/fluidumok-dinamikaja>

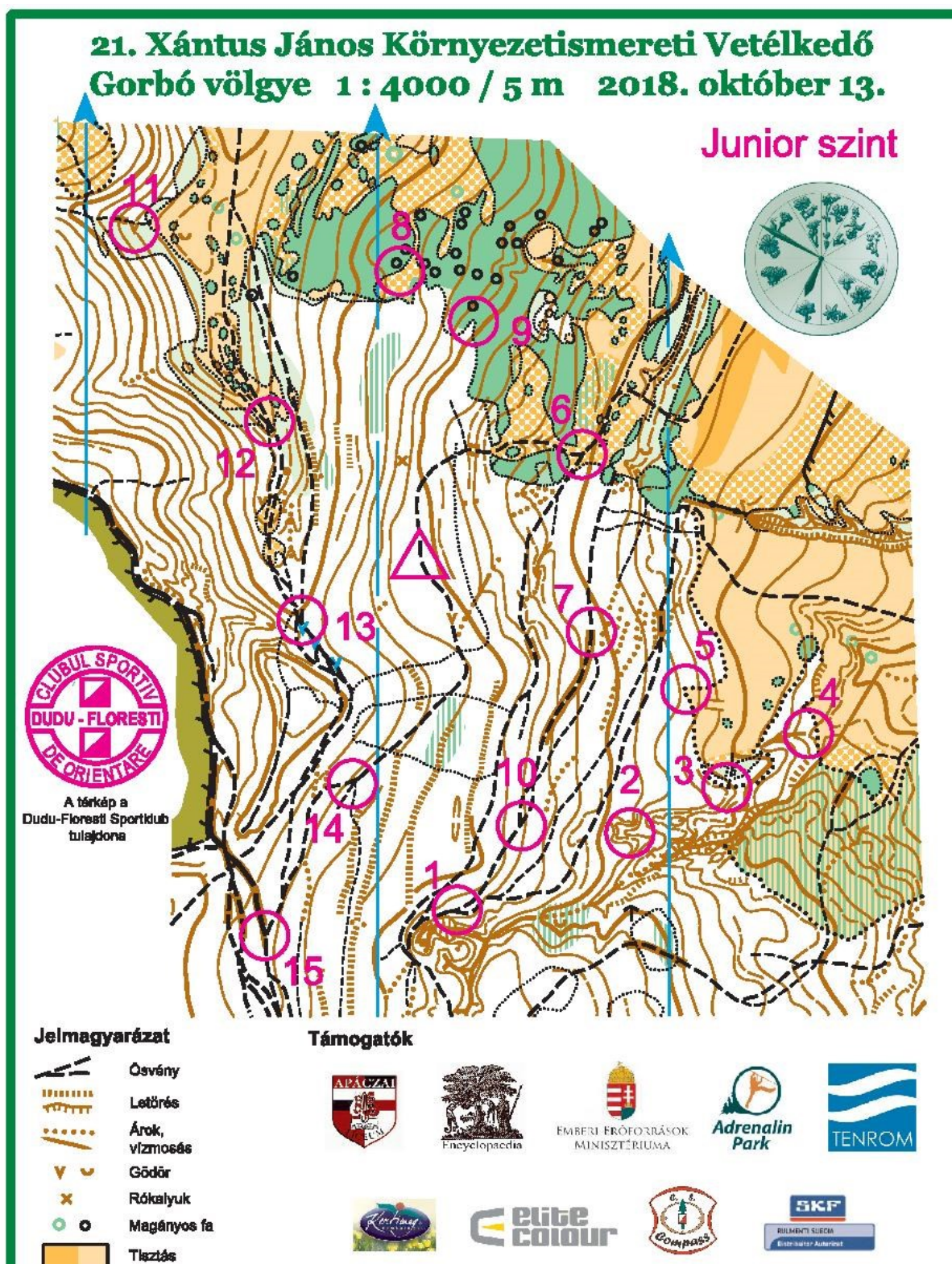
3. fejezet mellékletei

M1. ábra A Kármán-féle örvénysor kialakulásának folyamata. A festék befecskedezés a 4. képnél szűnik meg.



M2. ábra A Kármán-féle örvénysor kialakulásának folyamata. A festék befecskendezése nagyobb sugárnál folytatódik a 7. képnél, majd a 12. képnél az edény forgása leáll.

5. fejezet mellékletei



M4. ábra A Xántus János Környezetismereti Vetélkedő térképe, amelyen a körrel megjelölt állomáshelyeket a csapatok tetszőleges sorrendben járhatják végig. (A térképet Cioban Dumitru és Gergely Enikő készítette)

6. fejezet mellékletei

ELEKTROMOS PALACKPRÉS FELADATLAP

1. **FELADAT:** Egy $6m^3$ -es szemetesautót 2l-es műanyag palackokkal töltünk meg. Hány darab fér el benne, ha feltételezzük, hogy összepréselés nélkül kitöltik az autó teljes belső terét? Hát akkor, ha összepréseljük $1/12$ -ed részére?
2. **FELADAT:** Mérjétek meg mennyi idő alatt présel össze egy műanyag palackot az elektromos prés! Tudva, hogy a prés teljesítménye $900W$, határozzátok meg egy palack összepréselésekor fogyasztott elektromos energiát J -ban és Wh -ban! Mennyi energiát fogyaszt 36.000 palack összepréselése során?
3. **FELADAT:** Az alábbi táblázat szerint határozzátok meg, hogy $540 kWh$ elektromos energia termelése Romániában mennyi CO_2 terhelést jelent a környezetünk számára? Mivel magyaráznátok, hogy az energiatermelés környezetterhelése az egyes országokban ennyire eltérő értékeket mutat?

Ország	Az elektromos energiatermelés környezetterhelése tCO ₂ /MWh
Ausztria	0,209
Franciaország	0,056
UK	0,543
Görögország	1,149
Svédország	0,023
Magyarország	0,566
Lettország	0,109
Lengyelország	1,191
Románia	0,701

4. **FELADAT:** Tapossatok össze egy 2l-es műanyag palackot! Mérjétek meg a térfogatát összenyomás után! Hányad részére sikerült összenyomni?
5. **FELADAT:** Egy $6 m^3$ -es szemetesautó üzemanyag fogyasztása $1,5 l/km$. A szeméttelp és a szállítási hely közötti távolság $12,5 km$. Határozzátok meg egy szállítás alkalmával fogyasztott üzemanyag mennyiségét! Mekkora a környezeti terhelése ennek az útnak, ha l/l gázolaj fogyasztása $2,68 kg CO_2$ kibocsátással jár? Elemézzétek az alábbi adatokat:

Közlekedési járművek környezetterhelése. Az adatok $kg CO_2/km/utas$ mértékegységben értendők:

- gyalog: 0
- kerékpár: 0
- állat segítségével: 0
- moped: 0.073
- motorkerékpár: 0.094
- elektromos autó: 0.043
- kisméretű autó: 0.11
- közepes méretű autó: 0.133
- nagyméretű autó: 0.183
- hibrid hajtású autó: 0.084
- taxi: 0.17
- busz: 0.069
- mini busz: 0.055
- dízel vonat: 0.06
- villany vonat: 0.065
- villamos/trolibusz: 0.042
- komp: 0.115
- expressz hajó: 0.53

6. FELADAT: Iskolánk számára a szelektív szeméthyűjtés támogatására, népszerűsítésére palackprést kell vásárolnod. Döntsétek el, hogy mechanikus vagy elektromos áram által működtetett prést vásárolnál! Érveljétek mellette! Figyeljétek meg a többi csapat feladatát is és az általuk kapott eredményeket összegezve vonjátok le következtetéseket!

Thermopress TP02FV elektromos palackprés leírása

A magyar fejlesztésű THERMO PRESS készülék a PET palackokat egy könnyed mozdulattal 1/12 részükre, azaz 8%-ra zsugorítja össze. Ezzel a háztartásban elérhető eszközök közül a legnagyobb arányú térfogat csökkentést biztosítja, ráadásul a kupak visszacsavarása nélkül! Vagyis jóval kevesebb helyre van szükség az üres palackok tárolásához és a zsugorított palackokat szállítani is sokkal ritkábban kell a begyűjtő helyekre. Csak Magyarországon évente 1,5 milliárd darab, mintegy 60 ezer tonna PET palackból lesz hulladék, pedig hasznosítható anyagból készülnek. A kiürült palackok valódi értéket képviselnek, vétek őket szemétként dobni, hogy aztán hulladéklerakóba, vagy égetőbe kerüljenek, amikor ismét hasznos termékek készülhetnek belőlük anélkül, hogy feleslegesen terhelnék a környezetünket.

A **MECHANIKUS PALACKPRÉS/PALACKZSUGORÍTÓ** 1,5 és 2 literes műanyag palackok összetömörítésére szolgál, de használható 0,5 és 1 literes palackokhoz is. A **PALACKPRÉS/PALACKZSUGORÍTÓ** méretei **48 x 16 x 10 cm** (magasság x szélesség x mélység).

Az általánosan is ismert súlyos problémákat az elmúlt években a konyhai hulladékokkal kapcsolatban az okozza, hogy évente 20%-kal növekszik a fölöslegesen használt anyag. A fogyasztói ipar fejlődése és az életszínvonal emelkedése sajnos nem segíti környezetünk állapotának javulását, kilátásaink nem túl optimisták.

Íme néhány elgondolkodtató adat a helyzet komolyságának szemléltetéséhez:

- Magyarországon évente több mint 300 millió nem visszaváltható palackot használnak el.
- Évi 20 %-kal növekedik a nem visszaváltható palackhasználat
- A közelmúltban évente 25-30 tonnával több palackot használtak el.

Különböző méretű, nem visszaváltható palackokat használnak a nemzetközi szabványok. Tekintettel a nagy méretükre, nagy a helyigényük a használat utáni tárolásnál. Következetes deformációval igen nagy helyet spórolhatunk meg.

ADATLAP
a doktori értekezés nyilvánosságra hozatalához

I. A doktori értekezés adatai

A szerző neve: Vörös Alpár István Vita.....
MTMT-azonosító: 10069480
A doktori értekezés címe és alcíme: A fluidumok fizikájának alkalmazásai és környezeti szemlélet formálása a gimnáziumi fizikaoktatásban
DOI-azonosító: 10.15476/ELTE.2019.239.....
A doktori iskola neve: Fizika
A doktori iskolán belüli doktori program neve: Fizika tanítása.....
A témavezető neve és tudományos fokozata: Dr. Tél Tamás
A témavezető munkahelye: ELTE, Fizikai Intézet, MTA-ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport

II. Nyilatkozatok

1. A doktori értekezés szerzőjeként

a) hozzájárulok, hogy a doktori fokozat megszerzését követően a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban. Felhatalmazom az ELTE BTK Doktori és Tudományszervezési Iroda ügyintézőjét, hogy az értekezést és a téziseket feltöltse az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba, és ennek során kitöltse a feltöltéshez szükséges nyilatkozatokat.

b) kérem, hogy a mellékelt kérelemben részletezett szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentés közzétételéig a doktori értekezést ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;

c) kérem, hogy a nemzetbiztonsági okból minősített adatot tartalmazó doktori értekezést a minősítés (dátum)-ig tartó időtartama alatt ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;

d) kérem, hogy a mű kiadására vonatkozó mellékelt kiadó szerződésre tekintettel a doktori értekezést a könyv megjelenéséig ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban, és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban csak a könyv bibliográfiai adatait tegyék közzé. Ha a könyv a fokozatszerzést követően egy évig nem jelenik meg, hozzájárulok, hogy a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban.

2. A doktori értekezés szerzőjeként kijelentem, hogy

a) az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba feltöltendő doktori értekezés és a tézisek saját eredeti, önálló szellemi munkám és legjobb tudomásom szerint nem sértem vele senki szerzői jogait;

b) a doktori értekezés és a tézisek nyomtatott változatai és az elektronikus adathordozón benyújtott tartalmak (szöveg és ábrák) mindenben megegyeznek.

3. A doktori értekezés szerzőjeként hozzájárulok a doktori értekezés és a tézisek szövegének Plágiumkereső adatbázisba helyezéséhez és plágiumellenőrző vizsgálatok lefuttatásához.

Kelt: Kolozsvár, 2019. szeptember 16.

a doktori értekezés szerzőjének aláírása

