

KÖRNYEZETTUDOMÁNY

**A NYME SAVARIA EGYETEMI KÖZPONT
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEI XXI.
TERMÉSZETTUDOMÁNYOK 16.**

Szombathely, 2016. pp. 103-114.

NÉMETH LÁSZLÓ¹, BÉRES CSILLA²

TEREPI MÉRÉSEK A KÖRNYEZETI OKTATÁSBAN

Abstract: In western countries a crisis might be felt in the field of scientific education. Unfortunately the same tendency can be found in Hungary as well. This situation provokes new answers and new solutions. The methodological culture must put the emphasis on methods which promote students' active participation in reaching their own achievements, field conditions and on site experiences. This is especially important to do in the field of environmental science. The goal should be the development of responsible, environmentally conscious behavior, maintaining the quality of human life by providing the basic environmental knowledge and lifestyle patterns. In this paper we overview our results in this new types of teaching methods.

1. Bevezetés

Az egész nyugati világban a természettudományos oktatás válságának lehetünk tanúi. A Rocard Bizottság jelentését 2007-ben hozták nyilvánosságra, melyben az Európai Unióhoz tartozó országokban a természettudományos oktatás megújításának szükségességét vizsgálták. A jelentés szerint az EU-tagállamokban szinte egységesen csökken a felsőoktatásba jelentkező mérnökök száma, és a természettudományos szakokra jelentkezők is egyre kevesebben vannak. A fiatalok nagy része nem érdeklődik a természettudományos tantárgyak és a matematika iránt.

A természettudományok oktatásában számos probléma jelentkezik: folyamatosan csökken a diákok természettudományos motivációja, a természettudományos tantárgyak népszerűsége mélyponton van, a diákok nagy többsége elfordul a természettudományos pályáktól (*CSÍKOS-NAGYNÉ* 2010). A hanyatló érdeklődés legfőbb okaként a Rocard Bizottság a természettudományos tantárgyak oktatási módszerét teszi felelősnek. A legfontosabb újítás a pedagógiai megközelítésben az lehet, ha sikerül a „hagyományos deduktív” oktatásról áttérni a kutatás-(érdeklődés) alapú természettudományos oktatásra (*ROCARD et al.* 2007, 2010).

¹ NYME, Savaria Egyetemi Központ, Természettudományi és Műszaki Kar,
Földrajz és Környezettudományi Intézet.

9700 Szombathely, Károlyi G. tér 4. E-mail: nemethl@ttk.nyme.hu

² NYME, Savaria Egyetemi Központ, Természettudományi és Műszaki Kar,
Földrajz és Környezettudományi Intézet.

9700 Szombathely, Károlyi G. tér 4. E-mail: beres.csilla@nyme.hu

Magyarországon is hasonló a helyzet, az elmúlt évtizedek során valahányszor elemezték a hazai és nemzetközi természettudományi felmérések eredményeit, a legelső helyen mindig az a megállapítás szerepelt, hogy a magyar diákok kísérletekkel, mérésekkel kapcsolatos elméleti tudása és gyakorlati tapasztalata lényegesen elmarad a világ legtöbb országában megszerezhető hasonló tudás és tapasztalat mögött. A PISA 2006 vizsgálatok szerint a diákok jelentős része nem találkozik megfelelő mértékben a mérések elméletével és gyakorlatával. A magyar diákok többnyire az olyan jellegű feladatokat oldják meg sikeresen, amelyekben elméleti tudásuk alapján fizikai vagy kémiai jelenségeket kell megmagyarázniuk, és akkor boldogulnak nehezen, ha a természettudományi kísérletek célját, lebonyolításuk körülményeit kell megadniuk vagy azonosítaniuk (*PISA 2006 összefoglaló jelentés, 2006*).

A PISA 2012 összefoglaló jelentés szerint: Magyarország a közé a tíz ország közé tartozik, amelyekben a természettudomány-eredmények gyengültek az utóbbi években. A magyar diákok természettudományi műveltsége, elmarad valamelyest az OECD-országok átlagától. A felmérések szerint sem a nyomtatott, sem a digitális tesztekben már nem éri el a magyar tanulók teljesítménye az OECD-átlagot egyik mérési területen sem. Az eredmények a tanulói teljesítmény értékelése mellett minden országban jelentős mutatói az adott ország kormányzata oktatáspolitikai-oktatásirányítási teljesítményének.

Megdöböntő a valaha élenjáró magyar természettudomány és természettudományos képzés jelenlegi helyzete, de talán még fontosabbak a PISA 2012 alábbi eredményei: a magyar iskolarendszerben kiemelkedően nagyok az iskolák közötti különbségek, erős a tanulók teljesítményének társadalmi meghatározottsága is, nagyon szoros a családok társadalmi-gazdasági helyzete és a tanulmányi teljesítmények közötti összefüggés. Mindez azt eredményezi, hogy a magyar oktatási rendszer nem méltányos, nem segíti elő a társadalmi mobilitást, aminek a motorja kellene, hogy legyen (*PISA 2012 összefoglaló jelentés, 2012*).

Veszélyben a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia által megfogalmazott cél, hogy a gazdasági-társadalmi fejlődés fő forrásává a *tudás és az innováció* váljon, s hogy növekedjen a foglalkoztatható emberek száma. A *kulturális adaptáció* minőségi javítása helyett feltételeiben romlás tapasztalható.

Feltétlenül meg kell újulnia a tanulásnak és a tanárképzésnek is, a tanárképzésnek többféle környezeti nevelési koncepciót kell bemutatni, amit ki is próbáltak. A módszertani kultúrában azokra a módszerekre kell a hangsúlyt helyezni, melyek a tanulók tevékeny részvételével segítik elő a

tanulói szabadság megvalósulását az önállóságban, a választás lehetőségében, a tanulás kiteljesedésében (*KOVÁTS-NÉMETH* 2011).

Kiemelten fontos ez az osztatlan természetismeret-környezettan tanárképzésben, hiszen az itt tanulók oktatják majd azokat a tárgyakat, amelyeken keresztül az általános iskolai diákok először találkozhatnak a természettudományokkal.

A pedagógiai elmélet megújulásának új területe a környezetpedagógia. Célkitűzése: a felelős, környezettudatos magatartás kialakítása, az emberi élet minőségének fenntartása, javítása alapvető környezeti ismeretek, valamint magatartási életviteli minták nyújtásával. A környezetpedagógia nevelési modellje a konstruktív életvezetés, oktatási modellje a projektoktatás, amely új tanulási környezettel mintát nyújt a tevékenység-orientált iskolai gyakorlatszervezésre (*LENNER-BALOGH* 2015).

2. Terepi mérések, terepgyakorlat

Intézetünk (NYME TTMK Földrajz és Környezettudományi Intézet) egyik kutatási témája a környezeti elemek vizsgálata a Kőszegi-hegység magyarországi területén.

Vizsgáljuk az adott térségben a környezeti elemek fontosabb fizikai és kémiai paramétereit, a klímaváltozás hatásait egy természetes és mesterséges ökológiai rendszer kompartmentjeiben: a szőlőtelepítések alkalmazkodását; a fák vízszállítási problémáit, alkalmazkodásukat a szélsőséges időjáráshoz; a természetes és mesterséges rendszerekben élő fajok toleranciáját a talajban felhalmozott szennyezőanyagokkal (elsődlegesen nehézfémek) szemben.

Mérések a Kőszegi-hegység szőlőterületein:

Eltérő égtáji kitettségekben összesen nyolc helyen mérünk hőmérsékletet és relatív nedvességtartalmat a talajfelszín felett különböző magasságban, valamint a szőlőtőkéken a termés magasságában. Talajhőmérséklet méréseket is végzünk, különböző mélységekben. A mérés óránkénti mintavétellel, a hőmérők által mért adatok számítógépes rögzítése 3-4 havonta történik. Pince klíma vizsgálat is folyik. Emellett folynak hagyományos talajvizsgálatok, valamint terepi röntgen fluoreszcens mérések a talajok és egyéb minták elemi összetételének meghatározására, talajszennyezettség felderítésére. Vizsgáljuk a termográfia lehetőségeit, az IR fényképek terepi felhasználhatóságát. A méréssorozat 2011-ben indult. A kutatócsoport több konferencián is beszámolt az eredményekről (*PUSKÁS-ZENTAI-NÉMETH* 2014).

Különböző fajok törzsének víztartalma és vízszállító képessége:

Vízszállítás és vízszállítás sebességének detektálása hőáramlás mérés alapján. Fák víztartalmának meghatározása CT és MRI módszerrel.

A mérések a „Környezeti fizika”, a „Terepgyakorlat” és a „Komplex terepi mérések” kurzusokhoz kapcsolódnak. A témában több szakdolgozat készült.

3. Vízforgalmi mérések. Vízforgalmi- és víztartalom meghatározás, mint kutatási módszerek alkalmazása környezettan tanár szakos hallgatók terepgyakorlatán

A terepgyakorlat kiemelkedő oktatási, nevelési forma nemcsak a környezettannal foglalkozó hallgatók, hanem bármely természettudományos szakot művelők számára. Lehetővé teszi számukra a tapasztaláson alapuló, valós környezetben tevékenykedtető, cselekvő módon megvalósuló ismeretszerzés módjait. A terepi méréseket egy elméleti felkészítő kurzus előzi meg, mely során célunk a témához tartozó kutatási módszerek megismertetése, részben önállóan, részben a kutatócsoport tagjai által. Ez megkönnyíti a saját tudományos munkájuk megszervezését, hozzájárul az önálló feladat megoldási készségük fejlesztéséhez, az elmélet és tapasztalat közötti összefüggések felismeréséhez, nem elhanyagolva növelhetjük gyakorlati készségüket is. A hallgatók részvétele az együttes mérésekben, a szakmai ismeretük bővülésén túl a munkában az egymás közötti kooperációjuk, döntési, szervezési képességük is jelentősen fejlődik (BODÁNE KENDROVICS 2012).

Az alábbi kísérletsorozat egy ilyen együttes mérési projektet és annak eredményeit kívánja bemutatni.

A kísérletek kapcsolódnak napjaink egyik legfontosabb globális problémájához, az éghajlatváltozáshoz. Hazánk területén is jelentkeztek az elmúlt években a nemzetközi előrejelzések által jóslott időjárási változások. Az elmúlt 10 évet tekintve szélsőségesen száraz, valamint időszakosan rendkívül csapadékos időszakok fordultak elő a fák tavaszi-nyári növekedési időszakában, amelyek alapvetően befolyásolják a fák mindenkori egészségi állapotát és éves növekedését. E változás különösen érzékenyen érinti a határ-termőhelyen lévő erdőket, azok fafajait. A légköri növekvő szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gázok a meteorológusok számításai szerint hőmérsékletemelkedést, és hazánk területén egyre fokozódó aszálykárokat okozhatnak az elkövetkezendő évtizedekben (MIKA 2000), amely hatással van az erdőgazdálkodásra.

A csapadékeloszlás és légnedvesség változása jelentősen befolyásolhatja a légnedvességre és az időszakos vagy tartós aszályra érzékeny fafajok életképességét is (MÉSZÁROS *et al.* 2010). Ezek a fafajok eltérő ökológiai tűrőképességgel, és ennek megfelelően eltérő termőhely igényel rendelkeznek. A terepi vizsgálatok során azt kívánjuk bemutatni és megértetni a hallgatókkal, hogy egy globális probléma hogyan hat lokálisan, hogyan lehet egy nagy ívű, absztrakt elméletet a mindennapi gyakorlattal összekapcsolni.

4. Vízforgalmi mérési módszerek áttekintése

Első feladat a vízforgalmi mérési módszerek áttekintése:

Fás szárú növények nedváramlásának terepi vizsgálatára direkt és indirekt módszereket alkalmaznak. A direkt módszerek közé az izotóp nyomjelzéses módszerek tartoznak. Magyarországon ezt a módszert egy debreceni kutatócsoport alkalmazta (BÉRES 1989). A kísérletekhez gyors felezési idejű izotópokat használtak, melyet a debreceni ATOMKI-ban állítottak elő (FENYVESI *et al.* 1991).

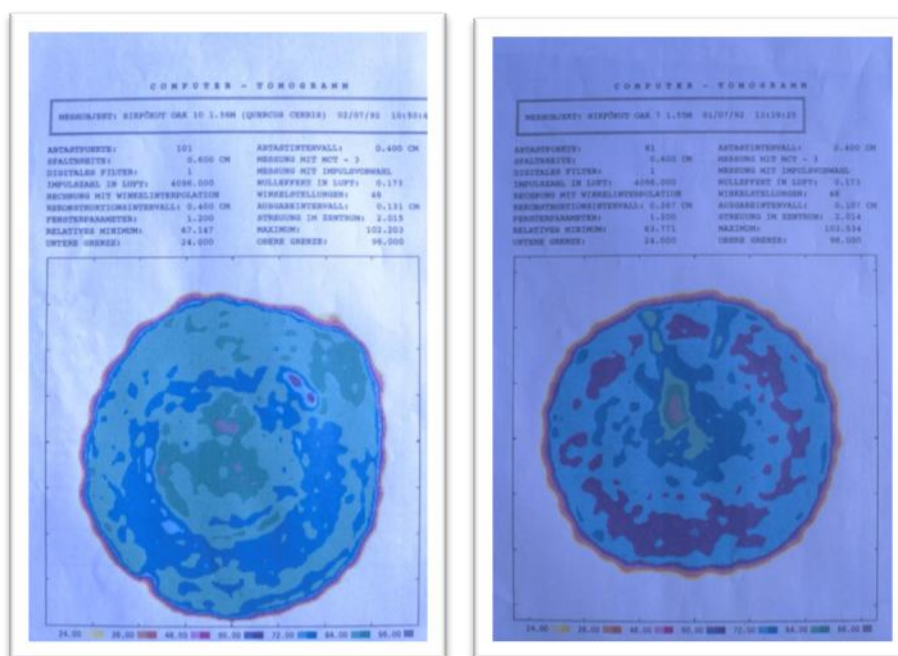


1-2. kép: Izotóp injektálása fatörzsbe; Ólommal borított szcintillációs detektorok a törzs mentén.
Pictures 1-2. Radioactive isotope input and radiation measurement.

A ^{24}Na és ^{43}K izotópok azért alkalmasak a vízáramlás jelölésére, mert egyértékűek és közvetlenül a vízárammal szállítódnak. Másrészt, a néhány órás felezési idő miatt gyorsan inaktiválódnak, ugyanazon a fákon később, más meteorológiai viszonyok között megismételhető a kísérlet. Az is fontos, hogy a területet nem szennyeződik, nem szükségesek szigorú, hosszantartó területi lezárások. Mivel az izotópokat rendkívül tisztán állították elő, ezért kis aktivitásokkal dolgozhattak. A fádba való juttatásnak, az injektálásnak a

módszerét is kidolgozták. A kéreg alá, közvetlenül az aktív vízszállító tracheákba fecskendezték a jelölő anyagot különböző magasságban. A fák törzse mentén gammasugárzást mérő szcintillációs detektorokat helyeztek el, mely a percenkénti beütésszámot mérte.

Az első néhány kísérlet eredményei szerint, néhány esetben nem történt meg az izotóp felfelé szállítása. Ezt azzal tudták magyarázni, hogy az injektálási hely környékén nem voltak a fákban működő szállítónyalábok. Ennek igazolására mobil komputer tomográfal leképezték terepi körülmények között a fák belsejében lévő víztartalom eloszlását (BÉRES *et al.* 1997, RASCHI *et al.* 1997).



3. kép: Mobil komputer tomográf felvételek kocsányos tölgy (*Quercus petraea*) (balra); és csertölgy (*Quercus cerris*) (jobbra) törzséről.

Picture 3. Mobile computer tomography images.

A fenti képek rámutattak arra a nagyon fontos kérdésre, hogy alapvető eltérések vannak a rokon fafajok vízzel való ellátottságában ugyanazon termőhelyen, valamint arra is, hogy a törzs mentén körkörös elhelyezkedő szállító nyalábok nem folytonosak különösen vízhiányos időben. Amennyiben egy szállítónyaláb mentes helyre injektálunk, nem tapasztalunk felfelé történő vízszállítást. Erre mutatunk be egy példát a 3. képen. A különböző színek a különböző elnyelődési területeket jelzi. A képen a víz jelenlétét a zöld és sötétkék színek jelzik. A vizsgálatok egy száraz nyáron készültek. A

kocsánytalan tölgy törzse körül alig-alig találunk ép vízszállító területeket, viszont a törzs belsejében vízzel borított „központi magot” jelez a műszer, mely információ új volt az eddigi szakirodalmi ismereteinkhez képest.

A csertölgy törzse kerületén sokkal egységesebb a vízszállító terület, valamint a legjelentősebb különbség a törzs belsejében tárolt vízben mutatkozik. Az ott tárolt víz mennyisége jóval nagyobb, mint a kocsánytalan tölgy esetében. A víz ilyen elhelyezkedése felvetett egy új elméleti problémát is: van-e kapcsolat a fák központi víztartaléka és a kerületen történő vízszállítás között. Ezekre a kérdésekre a későbbi kutatásainkban kerestünk választ.

A módszerek megismerése a hallgatók számára nemcsak számos új ismeretet jelent, hanem integrálja eddigi környezetfizikai, radioökológiai, növényélettani, ökológiai ismereteiket. Olyan, eddig csak elméleti, gyakorlati élettől távoli problémák alkalmazását tanulják meg, melyek felhasználásáról nagyon kevés elképzelésük volt. Különösen fontosnak tartjuk a radioaktivitás, sugárzások, izotópok megismerését, és annak a szemléletnek az átadását, hogy ezeknek a technikáknak fontos szerepe lehet a környezeti problémák megoldásában. Az ilyen méréseknél nagy szerepet kap az ismeretek komplex alkalmazása, az elszigetelt tárgyakban tanultak együttes alkalmazása.

5. Indirekt (hőáramlásos) módszerek

A direkt, radioaktív izotópot használó módszerek alkalmazása rendkívül drága, így a mérési módszerek közül a következőkben az úgynevezett indirekt módszerek megismerésére került sor. Az indirekt módszerek állandó hőárammal történő fűtéssel (heat balance), vagy hőimpulzussal (heat impulse) dolgoznak. A vízszállítást *Granier-féle* hőáramláson alapuló készüléken mértük (*GRANIER 1987*).

A direkt (izotópos) és indirekt (hőáramlásos) módszerek összehasonlítására nyílt alkalom a Síkfőkúton szervezett közös mérések alkalmával, amikor ugyanazon fákon, többféle módszerrel mértük a vízszállítási paramétereket, és a vízszállító felületek csökkenését (*RASCHI et al. 1994, RASCHI et al. 1995*).

Ezek az együttes mérések rámutattak a különböző módszerek előnyeire és hátrányaira. A hallgatók számára ez nagyon tanulságos, mivel rámutathattunk arra, hogy a kísérletekben alkalmazott más-más módszerekkel mért paraméterek legtöbbje abszolút értékeiben nem, csak tendenciáiban vethetők össze.



4.kép: Együttes mérések ugyanazon fán különböző módszerekkel. Legfelül az izotópos nyomjelző módszer injektálása, a leragasztott sáv az ultrahangos mérőfejeket takarja, a legalsó sor a hőáramlásos módszer mérőfejei.

5. kép: Vízszállítási sebességmérés

Picture 5. Sap flow measurement by different methods.

Ezek az új módszerek másrészt szélesítik környezetfizikai ismereteket, képet adnak az ultrahang és hőmérsékletmérés gyakorlati felhasználásáról. A módszerek összehasonlító analízise nagyban hozzájárul vitakészségük javításához.

Hőáramlás mérésen alapuló vízszállítási sebességmérés:

A további mérésekhez egy saját fejlesztésű mérőrendszert alakítottunk ki. A műszer tesztelésében saját és más egyetemek hallgatói is részt vettek.

A mérés rövid ismertetése:

A hőáramlásos eljárás során szabályozható fűtésteljesítményű szondán keresztül ismert mennyiségű hőt juttatunk be a fák vízszállító területére. Egymás fölött kb. 5cm-el két mérőszonda helyezkedik el, az alsó a fatörzs hőmérsékletét méri, a felső szondát előre beállított fűtési program szerint fűtjük. A mérés során regisztráljuk a két szonda által mért hőmérsékletek különbségét. Ha van vízáramlás a törzsben, akkor a felső, fűtött szondáról elszállítja a hőt, hűti a szondát. Maximális a hőmérsékletkülönbség a két szonda között, ha nincs vízáramlás (NÉMETH-SOÓS-SPITZ 2003).

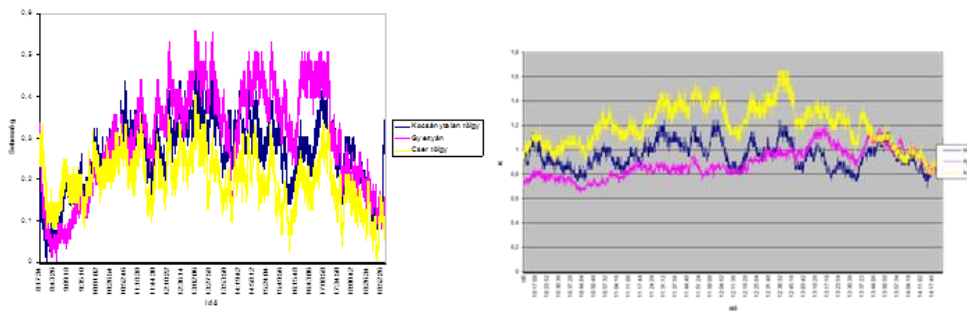
6. Különböző fafajok vízszállításának vizsgálata

A mérések a fent leírt heat balance technikával történtek annak a problémának a bemutatására, hogy a fajok másképp reagálnak a tartós szárazságra, valamint a megjelenő csapadéokra. Ez megmutathatja a hallgatók számára azt, hogy a globális változások lokális jelentkezése milyen következményekkel jár. A kísérleti területen az általunk vizsgált mind a három vizsgált fafaj előfordult egymás mellett, viszonylag kis (kb. 20 m

átmérőjű) területen (A vizsgált fafajok a következők: *Quercus petraea*: kocsánytalan tölgy, *Quercus cerris*: csertölgy, *Carpinus betulus*: közönséges gyertyán). A kis távolság azért fontos, mert így közel azonos abiotikus paraméterek mellett végezhető el a nedvzárlás-vizsgálatok mind a három fafajon.

A vizsgálat előtti időszakban jelentős csapadékhiány volt, így feltételezésünk szerint a fák vízhiányos állapotban voltak. A mérés során fontos volt számunkra az a kérdés is, hogy a szárazságot milyen mértékben képesek kompenzálni az egyes fafajok. A vízszállítás gyorsaságának és a víztartalékok feltöltődésének meghatározására mesterséges vízbevitelt (locsolást) végeztünk. Fákként kb. 30 mm csapadéknak megfelelő vízmennyiség bevitel történt, a fa lombkoronájának megfelelő talajfelszínen. Ebből a kísérletsorozatból mutatunk be egy jellemző példát.

A három különböző fafajon másképpen jelentkeztek a szárazság hatásai: mindegyikre jellemző volt, hogy egy rövid intervallum alatt gyors, a lombkoronába induló áramlást indikáltak, ezt azonban nem terjesztették ki az egész vízszállítási területeire. Itt is megmutatkoztak a fafajok közötti különbségek. A legnagyobb vízszállítási különbségek a gyertyánál mutatkoztak, míg ebben az időjárási helyzetben is a legkiegyenlítettebb szállítás a csertölgynél látszik. A napi dinamizmus mindhárom fafajnál azonos: A leggyorsabb vízszállítás követi a fotoszintézis intenzitásának kora délutáni maximumát. A gyorsabb, egész rövid ideig tartó áramlásokat a lombkorona eltérő fiziológiai állapotával lehet magyarázni, míg a lassabb „tömegáramlás” jelenti a fa egész vízszállító kerületén történő folyamatos vízszállítást.



1. ábra: Kocsánytalan tölgy, gyertyán, csertölgy törzsében mért vízáramlások száraz periódus után.

2. ábra: Locsolás (vízbevitel) utáni vízszállítási sebességek. KTT: kocsánytalan tölgy, GY: gyertyán, CS: csertölgy esetében.

Figure 2. Speed of water flow during the dry and rainy.

Száraz időszakban azok a fafajok tudják egyenletesebben szállítani a lombkoronába a vizet, amelyek a törzsekben jelentős víztartalékokkal rendelkeznek (BÉRES–NÉMETH 2010).

A fák vízszállítása a „csapadék” hatására alapvetően megváltozott. A gyertyán, ami eddig nagy sebesség-ingadozást mutatott, kiegyenlített szállítást produkál. A napi ingadozások is eltűnnek, a lombkoronába történő szállítás gyors, és nagy intenzitású. A kocsánytalan tölgy viselkedése hasonló a gyertyánéhoz. Megszűnnek a rövid ideig tartó, lokális felfelé tartó áramlások, a víz egyenletesen áramlik a lombkoronaszintbe. A csertölgy vízszállításában van a legkevesebb változás. A sebességek ugyan csökkennek, de a szárazság utáni egyenletesség megmaradt. Ez azt mutatja, hogy a csertölgy tudja legjobban elviselni a vízhiányt. A napi eltérések mindhárom fafajnál kiegyenlítettebbek. Sokkal kisebbek az áramlási sebességek közötti különbségek a fotoszintézis napi menetének megfelelően.

7. Következtetések

A terepi vizsgálatok az oktatóktól több előkészületet, nagyobb odafigyelést, nagyobb időráfordítást követelnek, de tapasztalataink szerint jóval hatékonyabbak, mint a hasonló tantermi gyakorlatok. A fentiek miatt a környezeti képzés gyakorlati programjában kiemelten szerepelnek.

Megállapíthatjuk, hogy a mérések során a hallgatók megismerhetik:

- A globális (klímaváltozás) problémái hogyan jelentkeznek lokálisan.
- Hogyan befolyásolja egy globális változás a helyi erdők életét, fennmaradását?
- Milyen új, műszeres vizsgálatok segítik a kutatást? A kutatási adatok és irodalmi adatok összevetését.
- Megismerhetnek egy új tanulásszervezési módot, új tanulási környezetben dolgozhatnak.

A hallgatók részvétele egy tényleges kutatásban motiválja őket, egyrészt szakmai ismeretük elmélyítésében, másrészt felismerik, hogy a későbbi tanítási gyakorlataik során a probléma felvetése-megoldása mennyivel hasznosabb, mint csupán a tények közlése. Tapasztalataikat felhasználhatják diákköri munkájukban és tanítási gyakorlatuk megtervezésénél is.

IRODALOM

- BALÁZSI (2010): A PISA2009 tartalmi és technikai jellemzői.
- BÉRES CS., FENYVESI, A., MOLNÁR, T., MAHUNKA, I., JAKUCS, P., KOVÁCS, Z., MIKECZ, P. (1989): Tölgyfák vízszállításának vizsgálata nátrium-24 izotóp nyomjelzéses módszerrel. *Izotóptechnika* 32(4): 184–190.
- BÉRES, CS., RASCHI, A., RIDDER, H-W. (1993): Concurrent measurements of sap velocity, ultrasound emission and computer tomography on forest trees. *Journal of Experimental Botany* 44. Suppl. 47.
- BÉRES CS., NÉMETH, L. (2010): Fafajok összehasonlítása vízforgalmi szempontból. In: Lakatos F., Kui B. (szerk.): NyME, Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia, Sopron. 114–119.
- BODÁNÉ KENDROVIC, R. (2012): Vízminőség-védelem gyakorlati oktatási metodika fejlesztése a műszaki felsőoktatásban (az Aranyhegyipatak vízminőségi vizsgálatának példáján). NYME, PhD értekezés. Sopron.
- CERMAK, J., DEML, M., PENKA, M. (1972): A new method of sap flow rate determination in trees. *Biologia Plantarum* 15: 171–178.
- FENYVESI, A., MAHUNKA, I., TÁRKÁNYI, F., MOLNÁR, T., BÉRES, CS., KOVÁCS, Z., MIKECZ, P., SZŰCS, Z. (1991): Production of ^{24}Na and ^{43}K radioisotopes in carrier-free form for use in radioecological studies at the forest area of the Síkfőkút project. Book of abstracts First European Symposium on Terrestrial Ecology: Forests and Woodlands. Florence, Italy.
- GRANIER, A. (1987): Measure du flux de seve brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle methode thermique. *Am.Sci.For.* 44. 1–14.
- KOVÁTSNÉ N. M. (2010): Erdőpedagógiától a környezetpedagógiáig. Comenius Kft.
- LENNER, T., BALOGH, A. (2015): A regionális földrajz egyetemi oktatásával kapcsolatos dilemmák a pedagógusképzésben. In: Kispálné Horváth M. (szerk.): Módszertani irányok a pedagógusképzés fejlesztésében Nyugat-Dunántúlon. NyME Regionális Pedagógiai Szolgáltató és Kutató Központ, Szombathely. 293–303.
- MIKA, J. (2000): Hazai éghajlati forgatókönyvek. In: Erdő és Klíma III.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., HEMMO, V. (2010.): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért *Iskolakultúra* 12: 13–30.
- NÉMETH, L., BÉRES, CS. (2015): Korszerű mérési módszerek a környezettan oktatásában. In: Kispálné Horváth M. (szerk.): Módszertani irányok a pedagógusképzés fejlesztésében Nyugat-Dunántúlon. NyME Regionális Pedagógiai Szolgáltató és Kutató Központ, Szombathely. 305–320.

- NÉMETH L., PUSKÁS J., ZENTAI Z.* (2014): Környezeti hőmérséklet mérések a Kőszegi-hegység szőlőterületein. 6. Szőlő és Klíma Konferencia, Kőszeg.
- NÉMETH, L., PUSKÁS, J., ZENTAI, Z.* (2014): Environmental measurements in the vineyards of Kőszeg Mountains. XIII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Konferencia, Szombathely. 37.
- NÉMETH L., SPITZ GY., SOÓS S.* (2003): Vízzállítási mérés fás- és lágyszárú növényekben, hőáramlás mérés alapján. In: Innoforum 2003: XI. Hazai Szellemi Termék Börze. 24.
- RASCHI, A., TOGNETTI, R., RIDDER, H-W., BÉRES, CS. FENYVESI, A.* (1995): The use of computer tomography in the study of pollution effects on oak trees. Agr. Med., Special Vol. 298–306.
- RASCHI, A., TOGNETTI, R., RIDDER, H-W., BÉRES, CS.* (1995): Water in the stems of sessile oak (*Quercus petraea*) assessed by computer tomography with concurrent measurements of sap velocity and ultrasound emission. Plant, Cell and Environment 18: 545–554.
- RASCHI, A., RIDDER, H-W., TOGNETTI, R., BÉRES, CS., FENYVESI, A.* (1994): Studying trunk water relations by CT: concurrent measurements of xylem cavitation and sap velocity in two different *Quercus* species. Workshop Die Computer-Tomographie als diagnostische Methode bei der Untersuchung von Baumen. Hessische Forstliche Versuchsanstalt. Hann.-Münden.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., HEMMO, V.* (2007): Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Brussels: European Commission.
- ZENTAI Z., NÉMETH L., PUSKÁS J.* (2013): Meteorológiai és talajvizsgálatok Kőszegen. 5. Szőlő és Klíma Konferencia, Kőszeg. 7.