



TARPDALYKINIŲ RYŠIŲ PAIEŠKA TYRINĖJANT FOTOSINTEZĖS PROCESĄ

Violeta Šlekienė, Loreta Ragulienė

Šiaulių universitetas, Gamtamokslinio ugdymo tyrimų centras

Anotacija

Gamtamokslinis mokinių ugdymas remiasi gamtos mokslų dalykų: biologijos, chemijos, fizikos, astronomijos – žiniomis. Vienas iš pagrindinių šio ugdymo uždavinių – gebėti atrasti jungtis tarp atskirų gamtos mokslų, integraliai suvokti gamtoje vykstančius procesus bei reiškinius. Tarpdalykinis gamtamokslinis ugdymas akcentuojamas pagrindinio bei vidurinio ugdymo bendrosiose programose. Sprendžiant tarpdalykinės integracijos problemas vyksta aktyvus bendravimas ir bendradarbiavimas tarp atskirų gamtos mokslų dalykų mokytojų.

Šiame straipsnyje pristatoma tarpdalykinių ryšių paieška eksperimentiškai tyrinėjant fotosintezės reiškinių. Fotosintezės procesas pasirinktas, kaip vienas iš svarbiausių gamtos reiškinių, skirtingu lygiu žinomas ir suprantamas visų mokinių. Siekiant atskleisti ir išryškinti esminius fotosintezės reiškinių integracinius ryšius, atliktas trijų etapų tyrimas: eksperimentinis fotosintezės tyrimas, pusiau struktūruota interviu-apklausa, fotosintezės proceso grafų-medžio braižymas. Fotosintezės grafų-medyje atskleista, kaip fizikos, chemijos ir biologijos dalykų turinys yra susiejamas integraciniais ryšiais. Jame išvelgti gana platūs ir gilūs fotosintezės proceso tarpdalykiniai ryšiai: parodyta, ką iš kiekvieno mokomojo dalyko būtina žinoti, norint tinkamai suprasti ir įsisavinti fotosintezės reiškinių; išskirti pagrindiniai proceso komponentai, numatyti sąvokos plėtojimo aspektai.

Pagrindiniai žodžiai: *gamtamokslinis ugdymas, tarpdalykinė integracija, fotosintezės procesas, grafų-medis.*

Įvadas

Gamtamokslinis ugdymas yra sintetinis, integralus, specifinis dalykas, turintis padėti visiems moksleiviams suprasti juos supantį pasaulį, aplinką, kurioje jie gyvena (Lamanauskas, 2010). Todėl mokytojų pagrindinis uždavinys – gebėti atrasti jungtis tarp atskirų gamtos mokslų, o tiriamojo darbo metu suvoktą visuminę gamtos mokslų sampratą gebėti perteikti mokiniams. Tam tikslui panaudojamas integralumo ir sistemingumo principas. Tai tarpusavyje susiję ir vienas kitą papildantys edukaciniai principai, sudarantys prielaidas minimaliomis darbo sąnaudomis, neišplečiant ir negilinant mokymo turinio, bet panaudojant vidinius mokymo turinio rezervus, pasiekti geresnį mokymo(si) rezultatą. Pečiuliauskienė P., Valantinaitė I., Malonaitienė V. (2013) gvildenamos Z kartos mokinių kūrybingumo ugdymo aktualijas, akcentuoja, kad ugdymas mokykloje įgauna naujų bruožų ir ypač išryškėja integracijos, tarpdalykinių ryšių vaidmuo.

Tarpdalykiniai gamtamokslinio ugdymo ryšiai plėtojami daugiausia tarp šių mokomųjų dalykų: chemijos, biologijos, fizikos, matematikos ir informacinių technologijų. Mokytojams tenka ugdymo turinį, susidedantį iš atskirų sąvokų, dėsnių, teorijų perteikti kaip darnią visumą, atskleidžiant nagrinėjamų reiškinių tarpusavio ryšius. Taip organizuojant gamtos dalykų mokymą, mokomoji medžiaga pertvarkoma, sisteminama. Gamtos mokslų mokomųjų dalykų žinių sistemoms susidaryti yra svarbu, kad žinios, įgytos tam tikrame mokymo proceso etape, būtų vėliau įtvirtinamos jas

tarpusavyje susiejant (Pečiuliauskienė, 2009). Siekiant apibendrintai ir naujai pažvelgti į tarpdalykinius ryšius grindžiamą gamtos mokslų mokymo bei mokymosi procesą, atliekami tarpdalykiniai eksperimentai. Sprendžiant tarpdalykinės integracijos problemas vyksta aktyvus bendravimas ir bendradarbiavimas tarp atskirų gamtos mokslų dalykų mokytojų. Skirtingus mokomuosius dalykus dėstantys mokytojai, savo edukacinėje praktikoje norėdami taikyti žinių sisteminimo, integracinius ryšių principus, turi žinoti šio mokymo principo filosofines (metodologines), istorines, psichologines, didaktines prielaidas, integruotų vadovėlių sudarymo ypatumus (Pečiuliauskienė, 2009).

Tarpdalykinis gamtamokslinis ugdymas akcentuojamas pagrindinio bei vidurinio ugdymo bendrosiose programose. Gamtamokslinis mokinių ugdymas remiasi gamtos mokslų dalykų: biologijos, chemijos, fizikos, astronomijos – žiniomis. Gamtos pasaulis vientisas, todėl ugdant mokinius negalima apsiriboti atskirų gamtos mokslų dalykų dėstymu. Reikia nagrinėti bendrus sąlyčio taškus (Pagrindinio ugdymo bendrosios programos: gamtamokslinis ugdymas, 2008). Nors vidurinėje mokykloje biologija, chemija ir fizika dėstomi kaip atskiri dalykai, šiuos mokslus sieja panašūs metodologiniai principai, bendros sąvokos ir sampratos, būtinybė spręsti praktines problemas ir pan. Todėl būtina siekti nuodugnesnės gamtos mokslų ugdymo turinio integracijos (Vidurinio ugdymo bendrosios programos: gamtamokslinis ugdymas, 2011).

Ugdymo praktika rodo, kad ne visų gamtos mokslų dalykų mokytojai vienodai pasirengę naudoti tarpdalykinius ryšius savo pamokose. Tai įrodo ir atlikti tyrimai. Pavyzdžiui, integruoto gamtos mokslų kurso įgyvendinimo galimybių Lietuvos mokyklose tyrimas (2010) parodė, kad tik šiek tiek daugiau nei dešimtadalis (11,9 %) šios srities dalykų mokytojų yra pasirengę pagrindinėje mokykloje mokyti visų gamtos mokslų dalykų (biologijos, fizikos, chemijos bei integruoto gamtos mokslų kurso). Daugiausia tarp tokių mokytojų buvo biologijos specialistų – 19,8 %, o fizikos ir chemijos mokytojų – vos 7–8 %. Vertinant, kaip mokytojai yra pasirengę dėstyti kitus dalykus nei dėsto, biologijos mokytojai nurodė, kad geriausiai pasirengę mokyti chemijos (58,9%), o chemijos mokytojai – biologijos kursą (55,7 %). Fizikos mokytojai lyginant su kitų gamtos mokslų dalykų specialistais yra mažiausiai pasirengę mokyti tiek biologijos, tiek chemijos dalykų.

Tarpdalykinės integracijos problema tampa ypač aktuali, kai pradedami dėstyti atskiri gamtos mokslų dalykai. Todėl analizuojant gyvosios ir negyvosios gamtos reiškinius ar dėsningumus, svarbu atrasti bendruosius sąlyčio taškus, panaudojant jau turimas ir naujas žinias iš fizikos, chemijos, biologijos, ekologijos ir kt. Tokiu būdu bus padėtas pagrindas holistinės pasaulio sampratos formavimui. Šiame tyrime išanalizuotas tarpdalykinių ryšių paieškos eksperimentiškai tyrinėjant fotosintezės reiškinio procesas. Fotosintezės procesas pasirinktas, kaip vienas iš svarbiausių gamtos reiškinių, skirtingu lygiu žinomas ir suprantamas visų mokinių. Fotosintezės procesą mokiniai pradeda analizuoti jau V–VI klasėje per „Gamtos ir žmogaus“ pamokas, VII–X klasėje į fotosintezės procesą gilinamasi per biologijos pamokas. Viduriniame ugdyme (XI–XII kl.) su fotosinteze plačiau susipažįstama per biologijos, chemijos ir integruotame gamtos mokslų kurse.

Tyrimo tikslas: atskleisti fotosintezės reiškinio tarpdalykinius ryšius panaudojant grafų-medžio metodą.

Tyrimo metodologija

Bendra tyrimo charakteristika

Atskleidžiant tarpdalykinius ryšius aktualu aprėpti visą nagrinėjamo turinio struktūrą, nustatyti atskirų turinio struktūrinių komponentų tarpusavio priklausomybę. Šiam tikslui galima taikyti grafų-medžio metodą. Todėl fotosintezės reiškiniui nagrinėti ir tarpdalykiniams ryšiams atskleisti buvo pasitelktas grafų-medžio metodas. Matematikas D. Kionigas (1936) pirmasis pasiūlė naudoti vieną terminą „grafas“ vietoje įvairiuose moksluose naudojamų skirtingų schemų pavadinimų: simpleksai (topologija), grandinės (fizika), diagramos (ekonomika), sociogramos (psichologija) ir t.t. Bet kokios rūšies grafą sudaro keli taškai, vadinami viršūnėmis, ir kelios taškus jungiančios atkarpos, vadinamos grafo briaunomis. Grafų teorijoje medis – jungus neorientuotas grafas be ciklų (Helman, et al., 1991). Grafai-medžiai leidžia visapusiškai pamatyti struktūrą to dalyko, kurį analizuojame, atskleisti jo struktūrinių komponentų tarpusavio priklausomybę, jų tarpusavio hierarchiją. Ypač jis tinkamas vidinės ir tarpdalykinės integracijos prielaidų, glūdinčių mokymo turinyje, analizei. Pagal grafo-medžio formą galima spręsti apie ugdymo turinio integralumą. Kuo didesnis yra turinio integralumo laipsnis, tuo grafas yra šakotesnis ir sudėtingesnis.

Atliktas kokybinis tyrimas. Fotosintezės reiškinio grafų-medžio sudarymui buvo panaudota fokus grupių interviu-apklausa. Diskusijai vykstant grupėse galima atskleisti tokias išvalgas ir požiūrius, kurių respondentai neišsakys individualaus interviu metu (pasireiškia taip vadinamas grupės poveikis). Interviu-apklausa buvo pravedama po eksperimentinio fotosintezės proceso tyrimo. Po to buvo braižomas grafų-medis.

Tyrimo dalyviai, procedūros

Tyrimo dalyvavo projekto „Gamtos mokslų mokytojų eksperimentinės veiklos kompetencijos tobulinimas atnaujintų mokymo priemonių ir 9–12 klasių bendrųjų programų pagrindu“ (GAMEK) fizikos, chemijos ir biologijos mokytojai (Šlekienė, Ragulienė, 2014).

Buvo suformuotos trys fokus grupės. Pirmąją fokus grupę sudarė 9 fizikos mokytojai iš įvairių Lietuvos gimnazijų. Antrąją – 8 biologijos mokytojai. Ir trečiąją – 9 chemijos mokytojai. Tyrimas vyko Šiaulių universiteto Technologijų ir Gamtos mokslų fakultete. Iš viso tyrimo dalyvavo 26 mokytojai, projekto GAMEK dalyviai. Visi dalyvavę mokytojai žinojo, apie tarpdalykinių ryšių taikymo galimybes ir turėjo skirtingą patirtį.

Atliktas trijų etapų tyrimas, vadovaujant moderatoriui. Pirmame etape visų trijų fokus grupių dalyviai atliko eksperimentinį fotosintezės tyrimą, panaudodami realias priemones ir kompiuterinę laboratorinę sistemą *Xplorer GLX* su slėgio, temperatūros ir apšvietos jutikliais. Antrame etape vyko pusiau struktūruota interviu-apklausa. Ji buvo fiksuojama, užrašant svarbiausias mintis. Integraciniai ryšiai buvo atskleidžiami sistemiškai, diskutuojant šiais klausimais: *Kas apibūdina fotosintezės procesą? Kokie yra fizikiniai fotosintezės aspektai? Kokie yra biologiniai fotosintezės aspektai? Kokie yra cheminiai fotosintezės aspektai? Kokie žinomi eksperimentiniai fotosintezės tyrimo metodai? Nuo ko priklauso fotosintezės aktyvumas? Kokia fotosintezės reikšmė? Kiti pastebėjimai ir komentarai.* Trečiame – fotosintezės reiškinio tarpdalykiniai ryšiai buvo fiksuojami, taikant grafų-medžio metodą, kai skirtingų mokomųjų dalykų turinys yra susiejamas integraciniais

ryšiais, atskleidžiančiais turinio panašumą ir giminingumą, parodančiais pagrindinių idėjų bendrą raidą. Kiekviena fokus grupė braižė savo fotosintezės grafų-medį. Po to buvo braižomas apibendrintas grafų-medis, siekiant atskleisti tikslinių fokus grupių grafų-medžių skirtumus ir išryškinti visus fotosintezės reiškinio integracinius ryšius.

Tyrimo rezultatai

Fotosintezės eksperimentinis tyrimas

Fotosintezės procesas stebimas ir jo intensyvumas gali būti nustatomas pagal išsiskyrusio deguonies arba panaudoto CO₂ kiekį. Tokiems tyrimams laboratorijoje (klasėje) patogu naudoti vandens augalus. Elodėjos (*Elodea canadensis*) nukirptą šakelę ir panardintą vandenyje apšvietus iš jos ima skirti dujų burbuliukai. Jų sudėtyje yra daug deguonies – tai fotosintezės padarinys. Deguonis išsiskiria dujų pavidalu dėl to, kad jis tirpsta vandenyje daug lėčiau negu CO₂. Fotosintezės metu išsiskyres deguonis telkiasi vandens augalų tarpuląsčiuose, o nupjovus stiebą jis išeina iš jų burbuliukais. Deguonies burbuliukų skaičius, išsiskyres iš elodėjos arba kito kurio vandens augalo per 1 minutę, yra fotosintezės intensyvumo matas.

Tyrimo dalyvavę mokytojai fotosintezės eksperimentą atliko su kompiuterizuota mokymo sistema *Explorer GLX*, slėgio, apšviestos ir temperatūros jutikliais (Baublys, et al., 2014). Buvo registruojamas ne išsiskyrusių deguonies burbuliukų skaičius, bet slėgio virš vandens paviršiaus padidėjimas. Eksperimento tikslas: O₂ slėgio matavimo metodu įrodyti, kad vyksta fotosintezė. Išmatuoti, dėl fotosintezės metu susidariusio deguonies, oro slėgio padidėjimą virš vandens su vandens augalo paviršiumi: baltoje šviesoje ir tamsoje. Iškelta tyrimo problema: kas reikalinga, kad vyktų fotosintezė? Kaip suprasti, kad ji vyksta? Kokie jos rezultatai? Buvo suformuluota tyrimo hipotezė: vandenyje panardintą augalą apšvietus balta šviesa, augalas „sugeria“ anglies dioksidą ir išskiria deguonį, o jame, šviesos poveikyje, kaupiasi angliavandeniai.

Mokytojai paruošė priemonės, kaip parodyta 1 pav. Į didelį mėgintuvėlį (ar kitą skaidrų indą) su vandeniu panardino elodėją (ar kitą vandens augalą). Prie *Explorer GLX* prijungė slėgio, apšviestumo ir temperatūros jutiklius. Slėgio jutiklį vamzdeliu sujungė su indu, kuriame panardintas augalas. Priešais indą su augalu pastatė kaitinimo lempą su gaubtu, o tarp jų – cheminę (apie 10 cm skersmens) stiklinę, šilumai absorbuoti. Viena tyrimo dalis buvo atliekama apšviečiant augalą balta šviesa, antroji tyrimo dalis – atliekama tamsoje. Mokytojai tyrė dvi fotosintezės fazes: šviesinę ir tamsinę. Tyrimo metu registravo apšviestumo (šviesos intensyvumo) ir slėgio kitimą virš vandens su vandens augalo paviršiumi bei stebėjo vandenyje vykstantį procesą.



1 pav. Fotosintezės eksperimentinis tyrimas

Atlikus eksperimentą buvo padarytos išvados, kad apšvietus vandenyje panardintą vandens augalą balta šviesa pradeda formuotis nuo augalo iš vandens kylantys deguonies burbuliukai. Fiksuojamas oro slėgio virš vandens padidėjimas. Slėgio padidėjimą sąlygoja fotosintezės metu susidaręs ir išsiskyręs deguonis. Tamsos fazėje slėgio padidėjimo neužfiksuota: reikia tamsos fazėje augalas deguonies neišskiria.

Pusiau struktūruota interviu-apklausa

Siekiant atskleisti fotosintezės proceso tarpdalykinius integracinius ryšius pusiau struktūruoto interviu-apklauso metu kiekvienoje fokus grupėje buvo sistemiškai diskutuojama šiais klausimais:

- ✓ Kas apibūdina fotosintezės procesą?
- ✓ Kokie yra fizikiniai fotosintezės aspektai?
- ✓ Kokie yra biologiniai fotosintezės aspektai?
- ✓ Kokie yra cheminiai fotosintezės aspektai?
- ✓ Kokie žinomi eksperimentiniai fotosintezės tyrimo metodai?
- ✓ Nuo ko priklauso fotosintezės aktyvumas?
- ✓ Kokia fotosintezės reikšmė?
- ✓ Kiti pastebėjimai ir komentarai.

Visų trijų fokus grupių dalyviai gerai žinojo patį fotosintezės procesą ir tinkamai išskyrė esmines jo savybes.

• Tačiau mokytojai, **apibūdindami fotosintezę**, labiau akcentavo savo dėstomo dalyko aspektus. Todėl galima išvelgti ypatumų, kurie būdingi vienai ar kitai grupei.

Fizikos (**F**) mokytojai teigė, kad augalų lapai naudodami saulės energiją ir sugerdami iš oro anglies dioksido (CO_2) dujas, išskiria deguonį (O_2). Jie akcentavo, kad fotosintezės metu sugeriami raudonieji saulės spektro spinduliai.

Biologijos (**B**) mokytojų grupė nurodė, kad fotosintezės metu gaminamos (sintetinės) įvairios organinės medžiagos organizmuose iš neorganinių medžiagų, naudojant saulės energiją, kuri priimama per šviesą sugeriantį pigmentą chlorofilą.

Organinės medžiagos sintetamos iš anglies dioksido ir vandens, o kaip šalutinis produktas išsiskiria deguonis. Šio proceso metu iš mažai energijos turinčių medžiagų – anglies dioksido ir vandens – sintetamas daug energijos turintis angliavandenis, gliukozė. Jie rašė tokią fotosintezę lygtį:



Chemijos (CH) mokytojai teigė, kad fotosinteze vadinamas organinių medžiagų susidarymo procesas iš anglies dioksido ir vandens, vykstantis šviesoje dalyvaujant chlorofilui pagal tokią bendrąją lygtį:



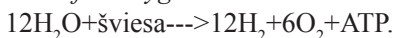
Dar chemikai akcentavo, kad fotosintezė yra endoterminis procesas, priešingai nei degimas ir kvėpavimas (egzoterminiai procesai).

• **Fotosintezės fizikinius, cheminius arba biologinius aspektus**, kaip ir buvo tikėtasi, geriausiai apibūdino atitinkamo dalyko mokytojų grupė.

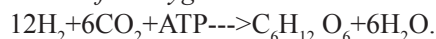
Fizikos (F) mokytojai nurodė, kad, norint tinkamai suprasti fotosintezę, būtina prisiminti ar sužinoti tokias fizikos kurso sąvokas, kaip energija, energijos rūšys, temperatūra, drėgmė, slėgis, šviesos intensyvumas, apšvieta, elektromagnetinių bangų spektras, matomieji, ultravioletiniai, infraraudonieji spinduliai, šviesos kvantai – fotonai, šviesos ilgis, dažnis, šviesos sugertis, atspindys. Dar jie akcentavo, jog svarbu suprasti klausimo, kodėl augalai yra žali, fizikinius pagrindus. Reikia žinoti, kad kai kurie cheminiai junginiai gali sugerti tam tikro bangos ilgio šviesą. Kai į šiuos junginius krinta balta šviesa, sugerti šviesos spinduliai lieka junginyje, o kiti atsispindi. Todėl atspindėta šviesa atrodo spalvota.

Chemijos (CH) mokytojai akcentavo, kad svarbu atskirti endoterminius ir egzoterminius procesus (fotosintezė – endoterminis). Dar reikia prisiminti fotolizės, sintezės, redukcijos reakcijas, žinoti gliukozės formulę ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Be to, dalis chemijos mokytojų išskyrė dvi fotosintezės fazes, rašė jų lygtis ir pastebėjo, kad tamsos fazėje susidaro gliukozė, kuri gali būti paversta kitais angliavandeniais.

Šviesos fazės lygtis:



Tamsos fazės lygtis:



Biologijos (B) mokytojų grupėje kaip svarbiausi fotosintezės aspektai buvo išskirti augalo ląstelės chloroplastų anatomija (tilakoidai, stroma), chlorofilas ir ATP (seniau ATF). Ne visi biologijos mokytojai žinojo, kad ATP molekulės – tai Adenozin 5' trifosfatas ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$) – vienas pagrindinių ląstelės makroenergetinių junginių, universalus visų ląstelių energijos šaltinis.

• Diskutuojant apie **eksperimentinius fotosintezės tyrimo metodus**, visų grupių mokytojai nurodė, kad apie padidėjusio slėgio virš vandens paviršiaus matavimą sužinojo tik šio tyrimo metu, eksperimentiškai atliekant aukščiau aprašytą bandymą. Apie išsiskyrusio deguonies burbuliukų per laiko vienetą skaičiavimą žinojo biologijos mokytojai (B), o apie fotosintezės metu išskirtų dujų uždegimą – chemijos (CH) ir biologijos (B) mokytojai. Fizikos (F) mokytojai akcentavo, kad vidurinio ugdymo fizikos bendrosiose programose nėra numatytas fotosintezės proceso mokymas.

• Visų grupių mokytojai teigė, kad **fotosintezės aktyvumą** lemia įvairūs išorinės aplinkos veiksniai. Buvo išskirti tokie veiksniai, kaip apšviestumas, jo intensyvumas, oro temperatūra, drėgmė, CO_2 kiekis atmosferoje. Biologijos (B) mokytojai dar detalizavo, kad fotosintezei įtakos turi vandens kiekis asimiliuojančiuose organuose, šakninės mitybos sąlygos, mikroelementai.

- Bene aktyviausi mokytojai buvo diskutuodami apie **fotosintezės reikšmę**. Visi vieningai sutarė, kad fotosintezė labai svarbi dėl anglies dioksido sunaudojimo ir laisvo deguonies išskyrimo. Tačiau kiekviena grupė fotosintezės reikšmę argumentavo savaip, atskleisdama jos ypatumus.

Fizikų (**F**) grupė pabrėžė, jog fotosintezė yra vienintelis gamtoje vykstantis procesas, kurio metu naudojamas anglies dioksidas, sukeliantis šiltnamio efektą, todėl šių dujų koncentracija atmosferoje beveik nesikeičia, nors ir labai dideli CO₂ kiekiai išsiskiria veikiant vulkanams, degant kurui, pūvant organinėms medžiagoms ir nuolat kvėpuojant gyvūnams bei augalams. Dar jie pažymėjo, kad fotosintezės metu susidaro junginiai, kurie daugumai gyvūnų yra vienintelis panaudojamas energijos šaltinis. Deguonis yra būtinas organizmams, kurie kvėpuoja oru.

Chemikų grupei (**CH**) pasirodė svarbu, kad deguonis jungiasi su visais cheminiais elementais, išskyrus inertines dujas, ir sudaro labai daug cheminių junginių. Deguonies junginių yra vandenyje, uolienose, humuse, gyvuose organizmuose. O₂ apytaka biosferoje vyksta tarp atmosferos ir gyvūnų organizmų. Deguonis naudojamas organizmų kvėpavimui, mineralų oksidacijoje ir degimo reakcijose. Jie akcentavo, kad iš deguonies atmosferoje susidaro ozono skydas, kuris saugo nuo ultravioletinių spindulių kenksmingo poveikio. Fotosintezės metu yra sugeriamas anglies dioksidas, kurio perteklius atmosferoje yra nuodingas gyviems organizmams ir sukelia šiltnamio efektą. Kadangi užterštas oras sulaiko daugiau šilumos, Žemės klimatas šiltėja, ir, jeigu nebus sukliudyta oro teršimui, planetos klimatas gali prarasti reikalingą pusiausvyrą.

Biologų (**B**) grupė fotosintezės metu išskirto laisvo deguonies svarbą papildė įdomiais faktais: augalai per metus suskaido apie 207 mlrd. tonų vandens ir išskiria į atmosferą apie 184 mlrd. tonų deguonies; visas deguonis, dabar esantis atmosferoje ir ištirpęs vandenyje, yra išsiskyręs fotosintezės metu; dabar vien atmosferoje laisvo deguonies yra apie 1 x 10¹⁵ tonų. Biologai akcentavo, kad vykstant fotosintezei, pagaminama organinės medžiagos, kuri sudaro (90–95) % žaliųjų augalų sausosios biomasės. Žaliųjų augalų pagamintos organinės medžiagos yra vienintelės visų kitų gyvūnų organizmų – ne žaliųjų augalų, gyvūnų ir žmogaus – maistas bei energijos šaltinis. Žmogui augalai, beje, tiekia ne tik maistą, bet ir statybines medžiagas, kurą, žaliavas drabužių gamybai ir kitoms reikmėms. Iš viso fotosintezės produktai teikia apie 96 % įvairiems žmogaus poreikiams, įskaitant maistą, suvartojamos energijos.

Apibendrinus visų trijų fokus grupių pusiau struktūruotos interviu-apklauso rezultatus, pastebėta, kad diskusijos grupėse padėjo atskleisti tokius fotosintezės proceso aspektus ir savybes, kurių patys respondentai nenumanė prieš diskusiją. Galima teigti, kad iškeltam tikslui pasiekti pasirinktas tinkamas fokus grupių metodas. Buvo atskleisti gana platūs ir gilūs fotosintezės proceso tarpdalykiniai ryšiai. Struktūruoto interviu-apklauso metu nustatyta, kad visų trijų fokus grupių dalyviai – mokytojai gerai žinojo ir integraliai suvokė fotosintezės procesą, gebėjo atrasti jungtis tarp atskirų gamtos mokslų. Buvo atskleistos ir išryškintos bendradarbiavimo tarp atskirų gamtos mokslų dalykų mokytojų galimybės ir didaktinės prielaidos.

Fotosintezės proceso grafų-medis

Siekiant susisteminti ir struktūruoti fokus grupių diskusijų metu atskleistus fotosintezės proceso tarpdalykinius integracinius ryšius, buvo taikomas grafų-medžio metodas. Kiekviena fokus grupė braižė savo fotosintezės grafų-medį. Po to buvo braižomas

apibendrintas grafų-medis, išryškinantis esminius fotosintezės reiškinių integracinius ryšius. Gautas bendras fotosintezės reiškinių grafų-medis pavaizduotas 2 pav.

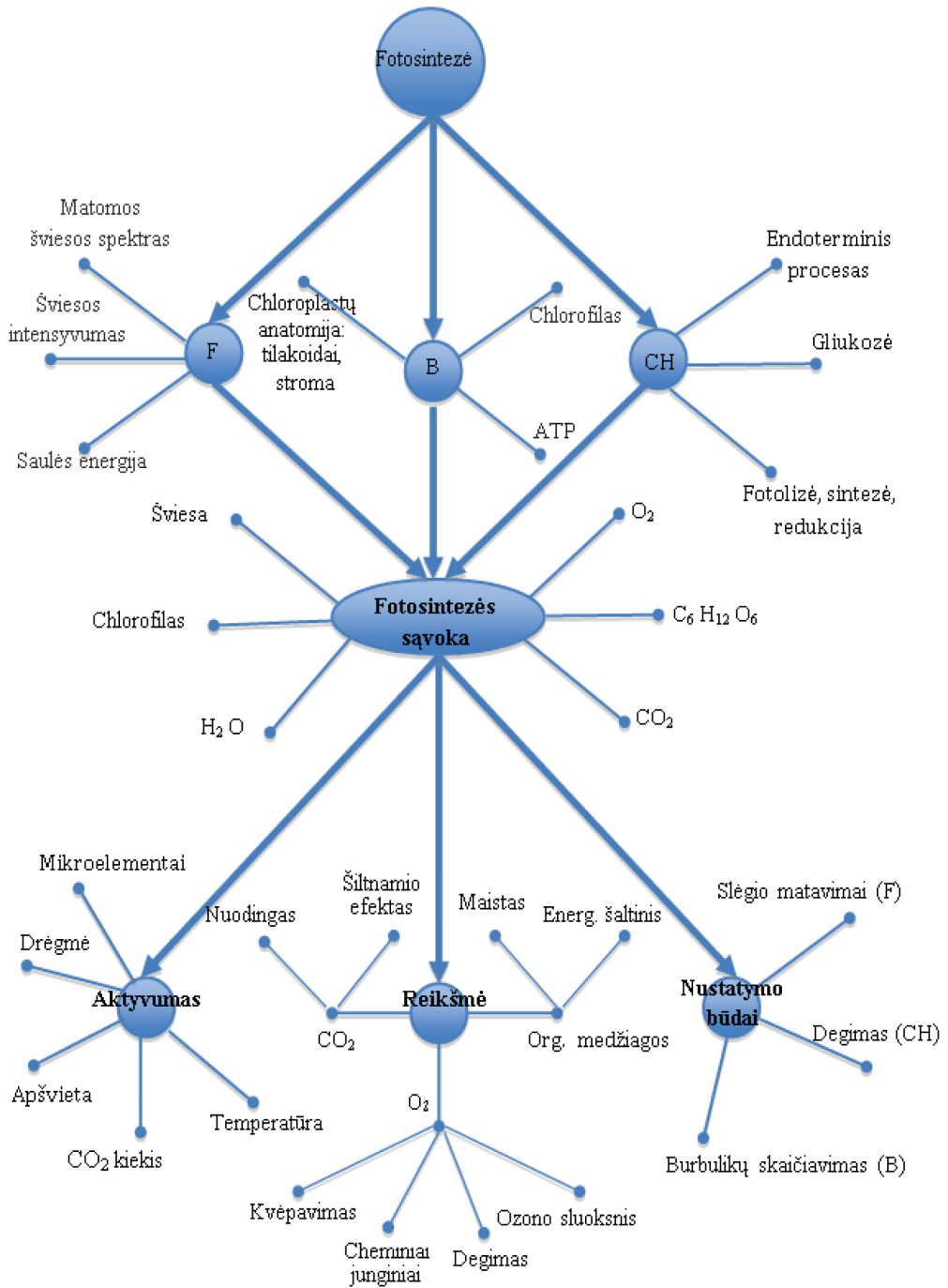
Jame parodyta, kaip fizikos, chemijos ir biologijos dalykų turinys yra susiejamas integraciniais ryšiais, atskleidžiančiais turinio panašumą ir giminingumą, analizuojant vieną gamtos procesą – fotosintezę. Fotosintezė **grafų-medžio braižymo logika** buvo tokia:

- pirmiausia buvo mąstoma apie tai, ką iš kiekvieno mokomojo dalyko **būtina žinoti**, norint tinkamai suprasti ir įsisavinti fotosintezės procesą. Apibendrinus visus išdiskutuotus aspektus, buvo išgrynintos po **tris kiekvieno dalyko (F, CH, B) kategorijos**. Iš fizikos dalyko būtina žinoti matomos šviesos spektrą, Saulės energiją ir šviesos intensyvumą; iš chemijos – suprasti endoterminį procesą, fotolizės, sintezės ir redukcijos reakcijas bei žinoti, kas yra gliukozė; iš biologijos – žinoti augalo ląstelės chloroplastų anatomiją, chlorofilą ir vieną pagrindinių ląstelės makroenergetinių junginių – ATP molekulę.

- Toliau galima formuluoti fotosintezės **sąvokos apibrėžimą**, rašyti bendrąją arba atskirais atvejais ir šviesos bei tamsos fazių lygtis, analizuoti, kokios būtinos sąlygos fotosintezei vykti, kas yra panaudojama, o kas išskiriama.

- Žinant fotosintezės apibrėžimą ir jo eigą, siūloma **sąvoką plėtoti dar trim aspektais: fotosintezės aktyvumas, nustatymo būdai ir reikšmė**. Iš fotosintezės aktyvumą lemiančių aplinkos veiksnių buvo išskirti 5: temperatūra, CO₂ kiekis, apšvieta, drėgmė, mikroelementai. Išskirti trys fotosintezės nustatymo būdai: deguonies burbuliukų skaičiavimas, degimas, slėgio matavimas. Fotosintezės reikšmę apibūdina sunaudojamų (CO₂) ir išskiriamų (O₂, organinės medžiagos) medžiagų savybės. Anglies dvideginio sugėrimas naudingas tuo, kad šios dujos yra nuodingos ir sukelia šiltnamio efektą. Išskirtas deguonis naudojamas kvėpavimui, degimui, dalyvauja daugumoje cheminių reakcijų, iš deguonies susidaro ozono skydas, saugantis nuo ultravioletinių spindulių žalingo poveikio.

Apibendrinant galima teigti, kad fotosintezės proceso grafų-medis atskleidžia fizikos, chemijos ir biologijos dalykų turinio sąsajas. Jame įžvelgti gana platūs ir gilūs fotosintezės proceso tarpdalykiniai ryšiai: parodyta, ką iš kiekvieno mokomojo dalyko būtina žinoti, norint tinkamai suprasti ir įsisavinti fotosintezės procesą; išskirti pagrindiniai jo komponentai, numatyti sąvokos plėtojimo aspektai. Tyrime dalyvavusių mokytojų nuomone, norint nubraižyti tarpdalykinį grafų-medį ir atskleisti sąsajas tarp atskirų dalykų, reikia gerai išmanyti ne tik savo dėstomą dalyką, bet ir kitų gamtamokslinių dalykų turinį. Tam reikia papildomų laiko sąnaudų. Gamtos mokslų mokytojai, taikydami žinių sisteminimo ir integracinių ryšių principus, gebės suvoktą visuminę gamtos mokslų sampratą tinkamai perteikti mokiniam.



2 pav. Fotosintezės proceso grafų-medis

Išvados

Siekiant, kad gamtoje vykstantys biologiniai, cheminiai ir fizikiniai reiškiniai būtų suvokiami integraliai, kad mokytojai gebėtų atrasti jungtis tarp atskirų gamtos mokslų bei suvoktą visuminę gamtos mokslų sampratą gebėtų perteikti mokiniams, fotosintezės procesas buvo analizuojamas įvairiais aspektais, o susisteminius ir struktūravus atskleistus tarpdalykinius integracinius ryšius buvo braižomas apibendrintas grafų-medis. Tokiu būdu buvo atskleistos ir išryškintos bendradarbiavimo tarp atskirų gamtos mokslų dalykų mokytojų galimybės ir didaktinės prielaidos.

Apibendrinus visų trijų fokus grupių pusiau struktūruotos interviu-apklauso rezultatus, pastebėta, kad diskusijos grupėse padėjo atskleisti tokius fotosintezės proceso aspektus ir savybes, kurių patys respondentai nenumanė prieš diskusiją. Galima teigti, kad iškeltam tikslui pasiekti pasirinktas tinkamas fokus grupių metodas. Buvo atskleisti gana platūs ir gilūs fotosintezės proceso tarpdalykiniai ryšiai. Struktūruoto interviu-apklauso metu nustatyta, kad visų trijų fokus grupių dalyviai – mokytojai gerai žinojo ir integraliai suvokė fotosintezės procesą, gebėjo atrasti jungtis tarp atskirų gamtos mokslų.

Fotosintezės grafų-medyje atskleista, kaip fizikos, chemijos ir biologijos dalykų turinys yra susiejamas integraciniais ryšiais. Jame atskleisti gana platūs ir gilūs fotosintezės proceso tarpdalykiniai ryšiai: parodyta, ką iš kiekvieno mokomojo dalyko būtina žinoti, norint tinkamai suprasti ir įsisavinti fotosintezės procesą; išskirti pagrindiniai proceso komponentai, numatyti sąvokos plėtojimo aspektai.

Tyrime dalyvavusių mokytojų nuomone, norint nubraižyti tarpdalykinį grafų-medį ir atskleisti sąsajas tarp atskirų dalykų, reikia gerai išmanyti ne tik savo dėstomą dalyką, bet ir kitų gamtamokslinių dalykų turinį. Tam reikia papildomų laiko sąnaudų. Gamtos mokslų mokytojai, taikydami žinių sisteminimo ir integracinių ryšių principus, gebės suvoktą visuminę gamtos mokslų sampratą tinkamai perteikti mokiniams.

Literatūra

- Balevičienė S., Dargytė J., Puidokienė A. (2010). Integruoto gamtos mokslų kurso 7–8 klasėms įgyvendinimo galimybių Lietuvos mokyklose tyrimas. Projekto *Pagrindinio ugdymo pirmojo koncentro (5–8 kl.) mokinių esminių kompetencijų ugdymas* tyrimo ataskaita. Vilnius.
- Baublys V. ir kt. (2014). *Mokyklinių fizikos eksperimentų teorija ir praktika. Mokytojo knyga*. Vilnius.
- Helman P., Veroff R., Carrano F. R. (1991). *Intermediate problem solving and data structures. walls and mirrors*. The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- König D. (1936). *Theorie der Endlichen und Unendlichen Graphen*. Leipzig.
- Lamanuskas V. (2010). Gamtamokslinis ugdymas: keletas štrichų sąvokos ir struktūros klausimu. *Gamtamokslinis ugdymas*, 1 (27), 4–7.
- Pagrindinio ugdymo bendrosios programos: gamtamokslinis ugdymas (2008). Lietuvos Švietimo ir mokslo ministerija. Prieiga per internetą: http://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/ugdymo-programos/5_Gamtamokslinis-ugdymas.pdf [žiūrėta 2014-10-20].
- Pečiuliauskienė P. (2009). *Vidinis ir tarpdalykinis fizikos turinio integravimas. Mokymo priemonė aukštųjų mokyklų studentams*. Vilnius.

Pečiuliauskienė P., Valantinaitė I., Malonaitienė V. (2013). *Z karta: kūrybingumas ir integracija*. Vilnius.

Šlekienė V., Ragulienė L. (2014). Gamtos mokslų mokytojų eksperimentinės veiklos kompetencijos tobulinimas. *Gamtamokslinis ugdymas bendrojo lavinimo mokykloje–2014. XX nacionalinės mokslinės praktinės konferencijos straipsnių rinkinys*, 141–159.

Vidurinio ugdymo bendrosios programos: gamtamokslinis ugdymas (2011). Lietuvos Švietimo ir mokslo ministerija. Prieiga per internetą: http://www.smm.lt/web/lt/pedagogams/ugdymas/ugdymo_prog [žiūrėta 2014-10-20].

Summary

SEARCHING OF INTERDISCIPLINARY RELATIONS BY EXPLORING THE PROCESS OF PHOTOSYNTHESIS

Violeta Šlekienė, Loreta Ragulienė

University of Šiauliai, Lithuania

Science education is based on knowledge of natural sciences, such as biology, chemistry, physics and astronomy. One of the main tasks of natural science education – to be able to discover the connection between the natural science subjects, and to understand the nature processes and phenomena. Interdisciplinary science education emphasizes in general programs of basic and secondary education. Educational practice and research shows that not all science subjects' teachers are equally prepared to use interdisciplinarity in their lessons.

This analysis focuses on the searching of interdisciplinary links by experimentally exploring the phenomenon of photosynthesis. The process of photosynthesis was selected as one of the most important phenomena of nature, known and understandable for all students at different levels. In order to reveal and highlight the essential integration links of photosynthesis three stages research (an experimental exploring of photosynthesis, a semi-structured interview survey, graph-tree drawing) was carried out. Graph-tree of photosynthesis revealed as content of physics, chemistry and biology subjects are linked by integrative relations. Quite wide and deep interdisciplinary links of photosynthesis process was discerned: knowledge of each subject needed in order to properly understand and master the process of photosynthesis was shown; the main components of photosynthesis process were excluded and aspects of the development of the concept have been provided.

Key words: science education, interdisciplinary relations, the process of photosynthesis, graph-tree.

Received 20 November 2014; Accepted 10 December 2014



Violeta Šlekienė

PhD., Senior Researcher, Natural Science Education Research Centre, Siauliai University, P. Visinskio Street 25-119, LT-76351 Siauliai, Lithuania
E-mail: violeta@fm.su.lt
Website: <http://www.gutc.su.lt>



Loreta Ragulienė

PhD., Senior Researcher, Natural Science Education Research Centre, Siauliai University, P. Visinskio Street 25-119, LT-76351 Siauliai, Lithuania
E-mail: loretar@gmail.com
Website: <http://www.gutc.su.lt>