

## 4. félévi beszámoló

2021-2022. tanév tavaszi félév

Takács Péter (petertakacs92@gmail.com)

Statisztikus fizika, biológiai fizika és kvantumrendszerek fizikája PhD program

Témavezető: Prof. Horváth Gábor

A dolgozat tervezett címe:

Zebracsíkok bögölytaszításának, napelemek optimális irányulásának, vikingek égpolarizációs navigációjának és drónos képalkotó polarimetria vizsgálata

*Bevezetés:*

### **Zebracsíkok bögölytaszításának vizsgálata**

Az ELTE Környezetoptika Laboratórium (KOL) által kutatott egyik téma a zebrák csíkos mintázatának szerepe. Több hipotézis is övezi e problémát, amelyek kutatása a KOL egyik fő témája. Az eddigi kutatások alapján a zebracsíkok egyik legvalószínűbb funkciója a vérszívó cecelegyek és böglyök vizuális taszítása, amit a KOL polarizációs vizuális ökológiai kutatásai is igazolnak. A PhD programom részeként a böglyök terotaxisának és zebracsíkos céltárgyaknak a kölcsönhatását vizsgáljuk.

### **Napraforgóvirágzatok keletre nézésének és napelemtáblák energiamaximalizáló azimutirányának vizsgálata**

A 2020 decemberében megjelent

Horváth G., Slíz-Balogh J., Horváth Á., Egri Á., Virágh B., Horváth D., Jánosi I. M. (2020) Sunflower inflorescences absorb maximum light energy if they face east and afternoons are cloudier than mornings. *Scientific Reports* 10: 21597 (doi: 10.1038/s41598-020-78243-z, [www.nature.com/articles/s41598-020-78243-z](http://www.nature.com/articles/s41598-020-78243-z))

cikk szerint a Napot már nem követő, érett napraforgóvirágzatok azért néznek keletre, mert ekkor nyelnek el maximális fényenergiát, mivel a délutánok általában felhősebbek a délelőttöknél. A keletre nézést számos egyéb hipotézis is próbálta magyarázni, de kísérletileg egyiket sem ellenőriztek még. Az egyik hipotézis szerint a keletre néző napraforgóvirágzatokra gyakrabban szállnak a beporzó rovarok, mint a nyugatra nézőkre. E hipotézist terepkísérletekben teszteljük, valamint vizsgáljuk napelemtáblák energiamaximalizáló azimutirányát a délelőtt-délutáni felhőviszonyok aszimmetriájának függvényében.

## **Az égpolarizációs Viking navigáció robusztusságának számítógépes vizsgálata**

Az ELTE Környezetoptika Laboratóriumának másik kutatási területe a Vikingek égpolarizációs navigációja. E témában a következő cikk jelent meg legutóbb:

Száz D., Horváth G. (2018) Success of sky-polarimetric Viking navigation: Revealing the chance Viking sailors could reach Greenland from Norway. *Royal Society Open Science* 5: 172187 (10 pages, doi: 10.1098/rsos.172187)

E kutatás következő fázisa a Viking navigáció robusztusságának vizsgálata a számítógépes modell továbbfejlesztésével.

## **Drónra szerelhető képalkotó polariméter**

Képalkotó polarimetriával lehet föltérképezni az optikai környezetünk emberi szemmel észlelhetetlen, de sok állat által érzékelhető polarizációs mintázatait. E mintázatok ismerete számos légköroptikai, csillagászati, (bio)fizikai, biológiai, valamint távérzékelési alap- és alkalmazott kutatásban is fontos. Képalkotó polarimetriai vizsgálatokat korábban zömében csak a földfelszínről végeztek és igen ritkának számítanak a hőlégballonról, repülőgépről vagy űrszondáról történt polarimetriai mérések. Alacsony magasságból ilyen mérések szinte egyáltalán nem folytak, így az ebben rejlő tudományos és gazdasági lehetőségek is feltáratlanok. Kidolgozatlan még e technológia környezet- és természetvédelmi hasznosítása is. Az ELTE Környezetoptika Laboratóriumának egyik új kutatási területe a drónalapú képalkotó polarimetria megvalósítása és alkalmazásai.

*Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzése:*

### **A) Véreter kereső böglyök termotaxisának vizsgálata terepkísérletekben**

Egy új hipotézis szerint, a nőstény böglyök vérszívás céljából hőgrádiensek keresésével találják meg a gazdaállatok bőr alatti vérereit. Véreter kereső böglyök termotaxisának vizsgálatára 3 tesztfelületet készítettünk: (i) Az 1. sík egyszínű fekete, ami alatt fűthető drótszálak futnak egymással párhuzamosan. (ii) A 2. függőleges forgástengelyű hengeres fekete felület, ami alatt spirálisan fut a fűtőszál. (iii) A 3. egy függőleges tengelyű szürke műanyag hordó, amire vízszintes és függőleges vékony fekete csíkok vannak festve, amelyek napsütésben melegebbek a környező szürke felületnél, árnyékban viszont mindkettő azonos hőmérsékletű, amit hőkamerával igazoltunk. A kísérleteket egy szokolyai lovastanyán végeztük, ahol a tesztfelületekre szálló böglyök tartózkodási gyakoriságát mértük a környező szöveteknél melegebb vérereket imitáló fűtött drótszálak fölött és a napsütésben melegebb fekete csíkokon a tesztfelület többi részével összehasonlítva. Kontrollként ugyanezt mértük úgy, hogy a drótszálakat nem fűtöttük, illetve a fekete csíkos szürke hordó árnyékban volt. A bonyolultabb fűtött drótos kísérletet 2022 nyarán folytatjuk, az egyszerűbb fekete csíkos szürke hordós kísérlet eredményeiből a következő cikket írtuk:

Péter Takács, Dénes Száz, Miklós Vincze, Judit Slíz-Balogh, Gábor Horváth (2022) Sunlit zebra stripes may confuse the thermal perception of blood vessels causing the visual unattractiveness of zebras to horseflies. *Scientific Reports* (submitted: 12 February 2022, technical revision: 3 March 2022, 1st revision submitted: 5 May 2022, technical revision submitted: 7 May 2022)

## **B) Napraforgóvirágzatok keletre nézésének és hasznának kísérleti vizsgálata**

Az Estrato Kutató és Fejlesztő Kft. egyik drónjával a magasból felvételeket készítettünk 15 napraforgótábláról. E fényképek kiértékelésével mértük a Napot már nem követő, érett napraforgóvirágzatok azimutirányát (felvételenként 200 darabot), majd átlagot és szórást számítottunk. Ezzel két uralkodó hipotézist teszteltünk: (1) Az érett napraforgóvirágzatok a felkelő Nap azimutirányába állnak be. (2) A virágzatok az elnyelt fényenergiát maximalizáló földrajzi keleti irány felé néznek. A napraforgós drónfelvételek kiértékelésével kapott Gauss-görbe maximuma gyakorlatilag a földrajzi kelettel egyezett, ami a 2. hipotézist támasztja alá. Megvizsgáltunk egy speciális esetet is, amikor a napraforgóvirágzatok a kora délelőtti és késő délutáni órákban árnyékban voltak. Ekkor azt találtuk, hogy a virágzatok gyakorlatilag a földrajzi dél felé néztek, ami azzal tudtunk magyarázni, hogy ekkor a déli azimutú virágok kaptak maximális fényenergiát. Ezen eredményekből a következő cikkünk született:

Péter Takács, Zoltán Kovács, Dénes Száz, Ádám Egri, Balázs Bernáth, Judit Slíz-Balogh, Magdolna Nagy-Czirok, Zsigmond Lengyel, Gábor Horváth (2022) Mature sunflower inflorescences face geographical east to maximize absorbed light energy: orientation of *Helianthus annuus* heads studied by drone photography. *Frontiers in Plant Science* 13: 842560 (9 pages, doi: 10.3389/fpls.2022.842560) + electronic supplement (impact factor: 5.753)

Feltételezésünk szerint, a Napot már nem követő napraforgóvirágzat keletre nézésének egyik előnye, hogy az így elnyelt maximális fényenergia maximális magszámot és magtömeget eredményez, mivel az elnyelt napsugárzást a növény nagyrészt a termésének növelésére fordíthatja. Egy terepkísérletben 5 különböző (észak, kelet, dél, nyugat, zenit) irányba néző, 10-10-10-10 napraforgóvirágzat átmérőjét, magszámát és magtömeget mértük, majd statisztikailag elemeztük az eredményeket. A keletre néző napraforgófejek átlagos magszáma és magtömege szignifikánsan nagyobb volt a többi irányba nézőkéinél, ami igazolta a hipotézisünket. Az eredményekből a következő cikket nyújtottuk be:

Péter Takács, Judit Slíz-Balogh, Dénes Száz, Gábor Horváth (2022) East-facing *Helianthus annuus* has maximal number and mass of kernel-filled seeds: seed traits versus head orientation. *Plant-Environment Interactions* (submitted: 5 February 2022, 1st revision: 19 February 2022, 2nd revision: 22 May 2022)

## **C) Az égpolarizációs viking navigáció robusztusságának és különböző stratégiáinak számítógépes vizsgálata**

A korábbi eredményekre alapozva további szimulációs környezeti korrekciókat vezettem be, és vizsgáltam az égpolarizációs viking navigáció sikerességének (azaz mekkora valószínűséggel érhető el Norvégiából Dél-Grönland a 61° északi szélességi kör mentén, a vikingek fő hajózási útvonalán) az érzékenységet/robusztusságát a releváns környezeti és navigációs változókra.

Ezután megvizsgáltam 4 különböző navigációs stratégia sikerességét, melyek során a viking navigátor a Nap árnyéka és/vagy az égpolarizáció segítségével navigált. Az eredményekről a következő két cikket írtuk:

Péter Takács, Dénes Száz, Ádám Pereszlényi, Gábor Horváth (2022) Sensitivity and robustness of sky-polarimetric Viking navigation: Sailing success is most sensitive to night sailing, navigation periodicity and sailing date, but robust against weather conditions. *PLoS One* 17 (2): e0262762 (19 pages, doi: 10.1371/journal.pone.0262762) (impact factor: 3.240)

Dénes Száz, Péter Takács, Ádám Pereszlényi, Gábor Horváth (2022) Sailing success of four Viking navigation strategies: diligent navigators can use the sun or sky polarization, while lazy ones should rely on sunshine only in order to maximize the success. *The Journal of Navigation* (submitted: 9 May 2022)

#### **D) Napelemtáblák energiamaximalizáló azimutiránya a felhőviszonyok függvényében**

A napraforgóvirágzatok fényelnyelésének számítására kifejlesztett programunk átalakításával meghatároztuk egy rögzített dőlésű napelemtábla fényenergiaelnyelését maximalizáló, ideális azimutirányát a dőlésszög és a felhőviszonyok függvényében. Azt találtuk, hogy a napraforgókhöz némileg hasonlóan, ha éves átlagban a délutánok felhősebbek a délelőttöknél, akkor az ideális azimutirány a dőlésszögtől függően többé-kevésbé kelet felé fordul. Az eredményekről a következő cikkünk jelent meg:

Péter Takács, Judit Slíz-Balogh, Ákos Horváth, Dániel Horváth, Imre M. Jánosi, Gábor Horváth (2022) How the morning-afternoon cloudiness asymmetry affects the energy-maximizing azimuth direction of fixed-tilt monofacial solar panels. *Royal Society Open Science* 9 (4): 211948 (13 pages, doi: 10.1098/rsos.211948) + electronic supplement (impact factor: 2.920)

#### **E) Képalkotó drónpolarimetria**

A KDP-2020-ELTE-1010099 pályázatunk keretében beruházásra kerültek a szükséges anyagok, amelyekből megépítettem egy képalkotó drónpolarimétert. A rendszert kiegészítettem egy szoftveres háttérrel, aminek segítségével kiértékelhetővé válnak a polarizációs felvételek a drónrepüléseket követően. A 2022 tavaszán a Balaton partja mentén elvégeztük az első drónpolarimetriai mérőkampányunkat, aminek során a Balatonba folyó fekete vizek által keltett sötét vízfoltok polarizációs mintázatait mértük. A második kampányt 2022 nyarán egy napelemparknál tervezzük, ahol napelemtáblák polarizációs mintázatait mérjük a Nap állása és a felhőviszonyok függvényében. Mindkét mérés a polarotaktikus vízirovarok viselkedésének magyarázatát és az optikai környezet poláros fényszennyezőforrásainak föltérképezését szolgálja.

*Az aktuális félévben (2021-2022. tanév 2. szemeszterében) elvégzett kutatások:*

### **Ragadós napraforgóvirág-makettek rovarfogóképessége az azimutirány függvényében**

Egy Sződ melletti napraforgóültetvényben 2021 nyarán 5 kocka alakú napraforgóvirág-makettet helyeztünk ki, amelyek ragadós oldalai keletre, délre és nyugatra néztek. 9 héten át hetente egyszer lefényképeztük a makettoldalak által csapdázott rovarokat, amelyeket leszedtünk és frissítettük a ragacsot. Később a laborban számítógépes kiértékeléssel határoztuk meg a fényképeken a csapdázott rovarok felületarányát. A három vizsgált azimutirány rovarjainak felületaránya között nem találtunk statisztikailag szignifikáns különbséget. Ezen eredményünk cáfolja a napot már nem követő, érett napraforgóvirágzatok keletre nézésének azon magyarázatát, miszerint a kelet felé irányuló virágzatok több beporzó rovarot vonzanak, mint a más irányba nézők. E kutatás folytatásaként egy pontosabb módszert dolgozunk ki a vonzott rovarok számosságának meghatározására, majd az eredményekről egy cikket tervezünk írni.

### **A Balatonba folyó vizek által előidézett sötét vízfoltok drónpolarimetriai vizsgálata**

A KDP-2020-ELTE-1010099 kutatási pályázatunk keretében épített drónpolariméterünk első mérőkampányában a Balatonba folyó vizek által előidézett sötét vízfoltok polarizációs mintázatait mértük Balatonyfenyves és Balatonmáriafürdő kikötőjében, valamint a Zala folyó torkolatánál. Mindhárom esetben a befolyó fekete tőzeges víztömegnek köszönhetően alakulnak ki a Balaton sötét vízfoltjai. E sötét vízfoltoknak a környező világosabb vízfelszínnél nagyobb polarizációfoka hatással van a polarotaktikus vízirovarok vízkereső viselkedésére. Mindhárom helyszínen számos polarizációs felvételt készítettünk, amelyek kiértékelése folyamatban van. Az eredményekről egy cikket tervezünk benyújtani egy nemzetközi szakfolyóiratba.

### **Napelemtáblák polarizációs mintázatának és poláros fényszennyezésének drónpolarimetriai vizsgálata**

A KDP-2020-ELTE-1010099 kutatási pályázatunk keretében épített drónpolariméterünk második mérőkampányát készítettük elő, amit a Göd és Sződ között található napelemparkban tervezzük végezni. Ott egy napos és egy teljesen felhős napon napkeltétől napnyugtáig óránként mérjük majd a napelemtáblák polarizációs mintázatát drónpolarimetriával a vízi ökoszisztémákat érintő poláros fényszennyezés meghatározása céljából.

*Publikációk:*

### **1) Az égpolarizációs Viking navigáció robusztusságának számítógépes vizsgálata**

Az eredményekről a következő cikkünk jelent meg:

[1] **Péter Takács**, Dénes Száz, Ádám Pereszlényi, Gábor Horváth (2022) Sensitivity and robustness of sky-polarimetric Viking navigation: Sailing success is most sensitive to night sailing, navigation periodicity and sailing date, but robust against weather conditions. *PLoS One* 17 (2): e0262762 (19 pages, doi: 10.1371/journal.pone.0262762) (impact factor: 3.240)

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262762>

A kutatás folytatásaként a következő cikket írtuk és nyújtottuk be:

[2] Dénes Száz, **Péter Takács**, Ádám Pereszlényi, Gábor Horváth (2022) Sailing success of four Viking navigation strategies: diligent navigators can use the sun or sky polarization, while lazy ones should rely on sunshine only in order to maximize the success. *The Journal of Navigation* (submitted: 9 May 2022)

### **2) Napelemtáblák energiamaximalizáló azimutiránya**

Az eredményekről a következő cikkünk jelent meg:

[3] **Péter Takács**, Judit Slíz-Balogh, Ákos Horváth, Dániel Horváth, Imre M. Jánosi, Gábor Horváth (2022) How the morning-afternoon cloudiness asymmetry affects the energy-maximizing azimuth direction of fixed-tilt monofacial solar panels. *Royal Society Open Science* 9 (4): 211948 (13 pages, doi: 10.1098/rsos.211948) + electronic supplement (impact factor: 2.920)

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.211948>

### **3) Napraforgóvirágzatok azimutirányának és szórásának drónos mérése**

Az eredményekről a következő cikkünk jelent meg:

[4] **Péter Takács**, Zoltán Kovács, Dénes Száz, Ádám Egri, Balázs Bernáth, Judit Slíz-Balogh, Magdolna Nagy-Czirok, Zsigmond Lengyel, Gábor Horváth (2022) Mature sunflower inflorescences face geographical east to maximize absorbed light energy: orientation of *Helianthus annuus* heads studied by drone photography. *Frontiers in Plant Science* 13: 842560 (9 pages, doi: 10.3389/fpls.2022.842560) + electronic supplement (impact factor: 5.753)

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.842560>

#### 4) Zebracsíkok bögölytaszításának új magyarázata

Az eredményekről a következő cikket írtuk és nyújtottuk be:

[5] **Péter Takács**, Dénes Száz, Miklós Vincze, Judit Slíz-Balogh, Gábor Horváth (2022) Sunlit zebra stripes may confuse the thermal perception of blood vessels causing the visual unattractiveness of zebras to horseflies. *Scientific Reports* (submitted: 12 February 2022, technical revision: 3 March 2022, 1st revision submitted: 5 May 2022, technical revision submitted: 7 May 2022)

#### 5) Napraforgófejek magjainak száma és tömege a virágzatok azimutirányának függvényében

Az eredményekről a következő cikket írtuk és nyújtottuk be:

[6] **Péter Takács**, Judit Slíz-Balogh, Dénes Száz, Gábor Horváth (2022) East-facing *Helianthus annuus* has maximal number and mass of kernel-filled seeds: seed traits versus head orientation. *Plant-Environment Interactions* (submitted: 5 February 2022, 1st revision: 19 February 2022, 2nd revision: 22 May 2022)

*Oktatási tevékenység az aktuális félévben:*

A Modern Fizika Laboratórium keretében hetente a Molekulamodellzés című gyakorlat méréseit vezetem és a leadott hallgatói jegyzőkönyveket értékeltem ki.

*Hallgatói tevékenység az aktuális félévben:*

- New results in machine learning - FIZ/3/092 (6 kredit) - érdemjegy: jeles
- Computational Studies of Electron Systems - FIZ/3/091 (6 kredit) - érdemjegy: jeles
- Data mining in astronomy - FIZ/5/006 (6 kredit) - érdemjegy: jeles

*Elismerések:* -