

A lékalak és lékméret hatása az erdei mikroklímára

Beszámoló a Pilisi Lék Kísérlet kezdeti eredményeiről

Horváth Csenge Veronika^{1*}, Dr. Kovács Bence^{2*}, Dr. Tinya Flóra², Dr. Németh Csaba³, Dr. Illés Gábor⁴, Dr. Csépanyi Péter⁵, Dr. Ódor Péter^{6,7}

Az Ökológiai Kutatóközpont és a Pilisi Parkerdő Zrt. 2018-ban indította el a Pilisi Lék Kísérletet, amelynek célja az örökerdő üzem mód során megfelelő helyzetekben kialakított különböző méretű és alakú lékek összehasonlító vizsgálata, amellyel az ökológiai szempontból is fenntartható gazdálkodási gyakorlatok alkalmazását szeretnénk segíteni. A Pilisszentkereszt-i Erdészeti területén található kísérleti területen harminc lékben vizsgáljuk azok méretének és alakjának hatását az erdei mikroklímára, a talajra, a kocsánytalan tölgy felújulására és különböző élőlénycsoportokra. A léknyitásokat követő első év eredményei alapján megállapítottuk, hogy az egy fahossznyi átmérőjű lékek az aljnövényzet szintjében fenn tudják tartani az erdőkre jellemző hűvös, párás, kiegyenlített környezeti viszonyokat. Ugyanakkor a lékek alakja és mérete jelentősen befolyásolja a cserjeszintben és az aljnövényzet szintjében mért hőmérsékletet, valamint a léknyitásra kialakuló fény- és talajnedvességtöbblet léteken belüli eloszlását. A cikk a szerzők nemzetközi szakcikke (Horváth et al. 2023) alapján készült.

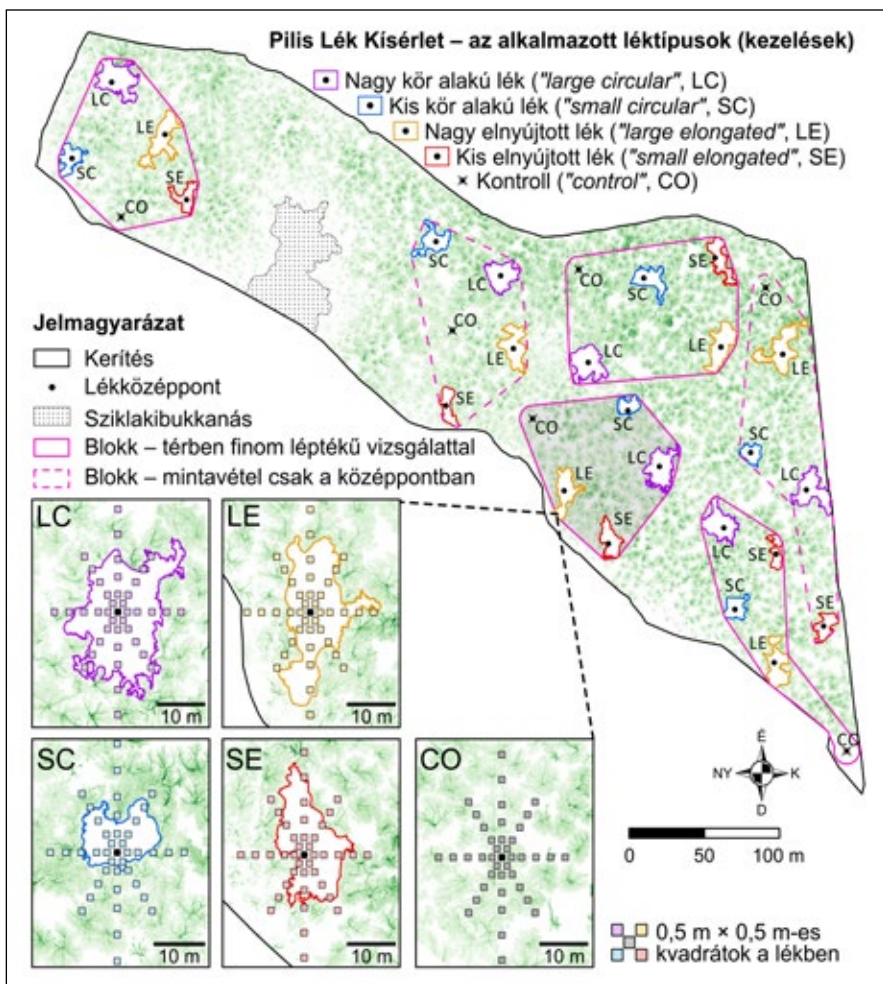
Az erdőkre jellegzetes, a szomszédos fátlan területekhez képest kiegyenlített mikroklíma jellemző. Az árnyékot adó zárt lombzat alatt hűvösebb és humidabb viszonyok uralkodnak, a hőmérséklet és a páratartalom ingadozása mérsékelt, a törzsek között a szél sebessége alacsony, és a lombkoronákon áthaladva kevesebb csapadék éri el a talaj felszínét (DeFrenne et al. 2021).

Az adott erdőállományra jellemző mikroklímátikus viszonyokat jelentős mértékben meghatározza a faállomány szerkezete: az erdőt alkotó fajok, a faegyedek kor- és térbeli eloszlása, a cserjeszint gazdagsága és legfőképpen

a lombkorona-borítás mértéke (Kovács et al. 2017).

Gazdasági erdőekben az erdészeti beavatkozások nagymértékben befolyásolják ezeket a tényezőket (Kovács et al. 2020). A gazdálkodás így közvetlenül alakítja az erdei mikroklímát, és áttételesen a kiegyenlített erdei viszonyokhoz alkalmazkodott élőlények életfeltételeit is.

A beeső napfény mennyisége, a lég-hőmérséklet, a páratartalom, a talaj hőmérséklete és nedvességtartalma, valamint ezek változásai szinte minden erdei élőlénycsoportra hatással vannak,



1. ábra. A kutatási terület és a kísérleti és mintavételi elrendezés a Pilisi Lék Kísérletben. A kezelések rövidítései azok angol elnevezéseiből származnak: LC = large circular (nagy kör), LE = large elongated (nagy elnyújtott), SC = small circular (kis kör), SE = small elongated (kis elnyújtott), CO = control (kontroll).

¹ PhD hallgató, ELTE Biológia Doktori Iskola; tudományos segédmunkatárs, HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

² tudományos munkatárs, HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

³ intézeti mérnök, HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

⁴ tudományos főmunkatárs, tudományos igazgató, SoE ERTI, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, Sársvár

⁵ erdőgazdálkodási és természetvédelmi vezérigazgató-helyettes, Pilisi Parkerdő Zrt., Visegrád

⁶ tudományos tanácsadó, intézetigazgató, HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

⁷ kutatóprofesszor, SoE EMK, Környezet- és Természetvédelmi Intézet, Sopron

* egyenlő hozzájárulás

így a lágyszárúakra, a fásszárú fajok újulatára, a talajon mozgó ízeltlábúakra és a talajlakó gerinctelen közösségekre is (Elek *et al.* 2018, Tinya *et al.* 2020).

A környezeti változók átlagértékei és még inkább a szélsőségei meghatározóak, hogy a beavatkozással érintett állományrészeket mely élőlények, élőlényközösségek népesítik be a fahasználók előtt és után (Elek *et al.* 2018).

Egy vágásterületen a végvágást követően például jelentősen átalakul és az erdeitől eltérő lesz a mikroklíma, nyomában pedig az aljnövényzet is (Kovács *et al.* 2020, Aszalós *et al.* 2023). A nagy véghasználati területeket kialakító vágásos üzemmóddal szemben az örökerdő üzemmódban megvalósított beavatkozások eszköztárában az egyes fák támogatását biztosító gyérítés, szájalás jellegű beavatkozások mellett a finomabb térléptékű lékek kialakítása is szerepel. Ezekben a lékekben azonban kiegyenlítettebb, a zárt erdőhöz képest ugyanakkor fény- és talajnedvesség-többletet biztosító környezeti viszonyok jönnek létre, amelyek többek között változatos erdei növényközösségeknek nyitnak teret (Kovács *et al.*, 2020, Horváth *et al.* 2021a).

A projekt rövid bemutatása

Az Ökológiai Kutatóközpont és a Pilisi Parkerdő Zrt. együttműködésében kialakított terepi kísérletekkel különböző erdőgazdálkodási módok környezeti és biológiai hatásait vizsgáljuk hegyvidéki gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben. A vizsgálatokhoz két erdőökológiai kísérletet alakítottunk ki Pilisszántó határában: a *Pilis Üzemmód* és a *Pilis Lék Kísérleteket*. A projektekről részletes leírás olvasható a honlapunkon (<https://piliskiserlet.ecolres.hu>) valamint az Erdészeti Lapok korábbi számaiban (Ódor 2015, Ódor *et al.* 2020, Horváth *et al.* 2021b).

A 2018-ban indult Pilis Lék Kísérlet középpontjában a lombkorona-borítás folyamatos fenntartása mellett, hazánkban egyre inkább teret nyerő örök-erdő üzemmód jellemző beavatkozásai állnak.

A kísérletet a kocsánytalan tölgy lékekben történő felújítására vonatkozó korábbi megfigyelésekre és modellekre (Csépanyi, 2008) támaszkodva, és a felújulási siker vizsgálatát az erdei termőhely és biodiverzitás változásainak nyomon követésével kiegészítve egy kb. 90 éves, egykorú, kétszintes gyertyános-kocsánytalan tölgyes állomány-

ban állítottuk be (Pilisszántó 26/A, 27/A erdőrészek).

A mintegy tízhektáros kísérleti erdőterületen összesen 30 lékben vizsgáljuk, hogy azok mérete és alakja hogyan hat az erdei mikroklímára, a talajra és a különböző élőlénycsoportokra.

A kísérletben két különböző, 150 és 300 m²-es lékméretet kombinálunk két-féle lékalakkal. Kör alakú lékjeink 14, ill. 20 m-es átmérőjűek, míg észak-déli irányban elnyújtott lékjeink 7 × 21, ill. 10 × 30 méteres oldalhosszúságúak (1. ábra).

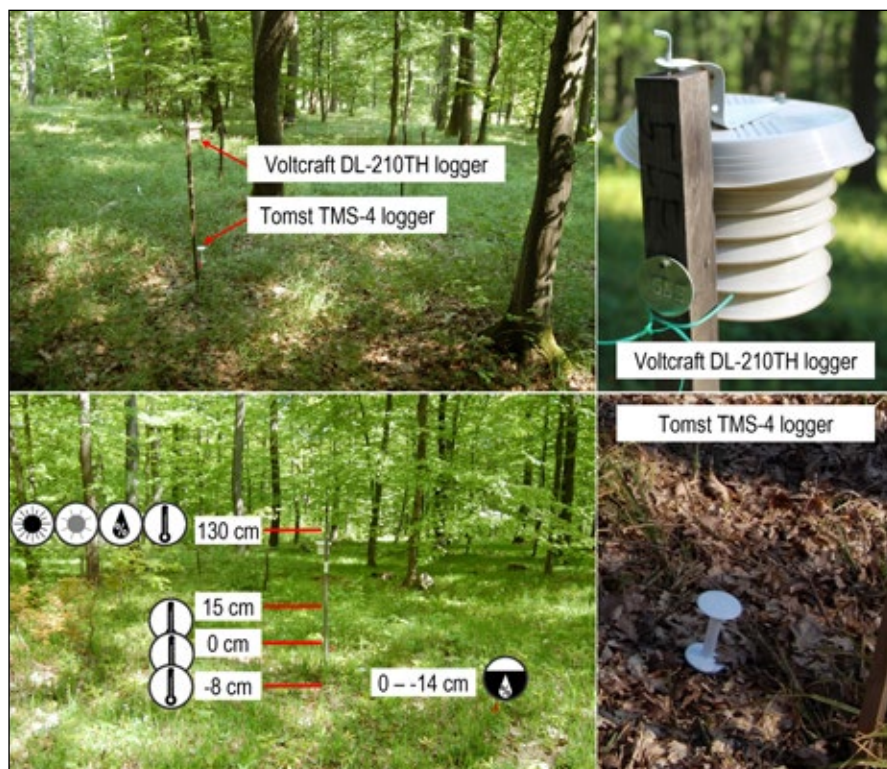
A lékeket 2018/2019 telén alakítottuk ki, bennük az ezt megelőző vegetációs időszak óta folyamatosan nyomon követjük az erdei mikroklíma (levegő páratartalma és hőmérséklete, talaj nedvességtartalma és hőmérséklete, közvetlen és szórt fény mennyisége), a talaj és az avar, valamint különböző élőlénycsoportok (pók, futóbogarak, kétszárnyúak, talajlakó televényférgek, lágyszárú növényzet és fásszárú újulat) beavatkozásokra adott válaszait.

A léknyitások erdei mikroklímára gyakorolt rövidtávú hatásainak vizsgálatához a kísérleti lékek kialakítását követő első év vegetációs időszakában a zárt erdei kontrollterületeken és a lé-

kek középpontjában is mértük a beérkező közvetlen és szórt fény mennyiségét, a levegő, a talajfelszín és a talaj hőmérsékletét, a levegő páratartalmát és a talaj nedvességtartalmát.

Az adatgyűjtéshez halszemoptikás fényképezőgépet (KODAK PIXPRO SP360 kamera és WinSCANOPY szoftver), folyamatos adatgyűjtést végző hőmérséklet és páratartalom szenzorokat (Votcraft DL-210TH), valamint hőmérséklet és talajnedvesség szenzorokat (TMS-4) és egy kézi talajnedvességmérő műszert (FieldScout TDR350) használtunk (2. ábra).

Az elemzések során összevetettük a környezeti tényezők lékekre és zárt erdőre jellemző átlag- és szélsőértékeit. Emellett az újulat és a lágyszárú fajok számára legjelentősebb változók lékekben belüli térbeli mintázatát is feltérképeztük. Ehhez lombtalan állapotban végzett földi LiDAR mérések (Trimble TX 6) alapján meghatároztuk a lékek valós körvonalát (a lékekkel szomszédos lombkoronák földfelszínre bocsátott merőleges vetülete alapján), majd az egyes lékek teljes területére interpolált fény- és talajnedvesség értékekből a lékek elméleti alakjára vonatkozó átlagértékeket számítottunk.



2. ábra. A lékek és a kontrollterületek közepén kibehelyezett mikroklíma mérőműszerek (jobbra), ezek elrendezése (balra fent), valamint a műszerek által mért változók (balra lent; 130 cm magasságon: közvetlen és szórt fény, relatív páratartalom, léghőmérséklet, 15 cm magasságban: léghőmérséklet, 0 cm magasságban: talajfelszíni hőmérséklet, 8 cm mélységben: talajhőmérséklet, valamint 0-14 cm közötti mélységben: talajnedvesség).

A lékek mikroklímája a léknyitást követő első évben

A beeső fény mennyiségét elsősorban a lékek mérete határozta meg (mivel itt a lékeket körülvevő állomány nagyjából homogén sűrűségű), ezt a lékek alakja kevésbé befolyásolta. A nagyobb lékekben a léknyitás hatására jelentősebb fénytöbblet alakult ki (3. és 4. ábra), különösen a szórt fény mennyisége nőtt meg. A talajnedvesség mennyiségét ezzel szemben elsősorban a lékalak határozta meg, a kerek lékekben jelentős talajnedvesség-többlet alakult ki mind az elnyújtott lékekhez, mind a zárt állományhoz képest (4. ábra).

A hőmérsékleti viszonyok esetében a felsőbb légrétegekben inkább a lékméret besugárzást növelő hatása, míg a talajközeli légrétegekben a lékalak talajnedvességet befolyásoló hatása érvényesült.

A cserjeszintben a hőmérséklet a léknyitásokat követően valamennyi lékben megnőtt, de a nagyméretű lékek voltak a legmelegebbek. A talaj felett 15 cm-el és a talaj felszínén azonban már a lékalak bizonyult kulcstényezőnek. Itt a kör alakú lékekben az elnyújtott lékeknel, sőt még a zárt erdőnél is hűvösebb viszonyok alakultak ki.

A kör alakú lékek talajszintjéhez közel jellemző hűvösebb viszonyokat feltehetőleg a többlet-talajnedvességtartalom biztosította, a párolgás és párologtatás hűtő hatásán keresztül. A levegő 130 cm magasságban mért páratartalom-értékei az összes lékben a zárt erdőkhöz hasonlóak maradtak.

A lékek teljes területét megmintázó mérések segítségével minden vizsgált léktípusban fel tudtuk táni a fény és a talajnedvesség térbeli mintázatát, ami segíthet a különböző fás- és lágyszárú fajok növekedéséhez szükséges feltételek lékekben belüli lehatárolásában (4. ábra).

Eredményeink alapján a közvetlen és a szórt fény jellegzetesen eltérő térbeli mintázatot mutat: míg a közvetlen fény elsősorban a lékek északi részén növekszik meg, addig a beérkező szórt fény maximuma a lékek középponti zónájába esik, és mennyisége innen a zárt állomány felé haladva minden irányban csökken.

A talajnedvesség a lékek középső és a középponttól délre eső részein a legmagasabb, és a zárt állomány felé, különösen északi irányba haladva, csökken. E három változó térbeli kombinációja változatos forráseloszlást biztosít a lékek területén belül, különösen a nagy kerek lékekben. A kialakuló térbeli mintázatok várhatóan a lágyszárú növényzet, továbbá hozzájuk kapcsolódva más élőlénycsoportok léknyitásra adott válaszaira is hatással lesznek. Ezen összefüggések kimutatása az elkövetkező évek feladata.

Következtetések

A léknyitások változásokat idéznek elő az erdei mikroklímában, ezek mértéke azonban a nagyobb térléptékű vágások hatásához képest csekély (Kovács *et al.* 2018).

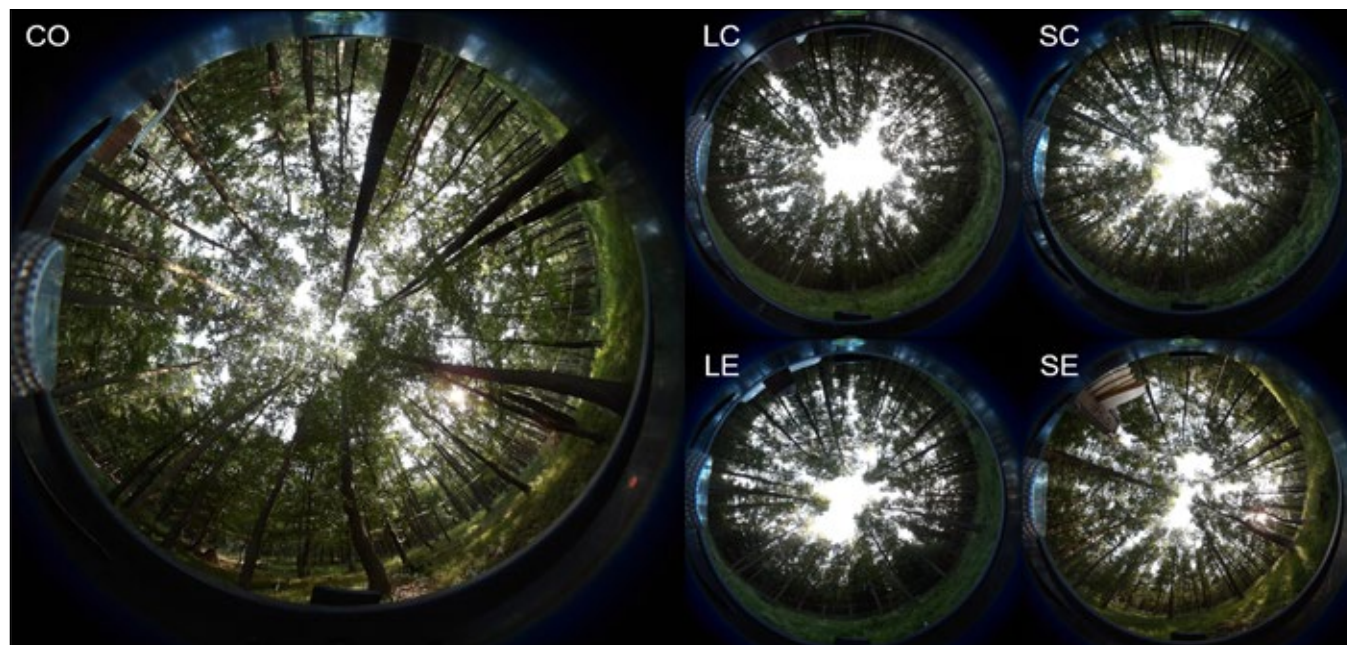
Eredményeink alapján a legfeljebb egy fahossznyi átmérőjű lékek az aljnö-

vényzet szintjében fenn tudják tartani az erdőkre jellemző hűvös, párás, ki-egyenlített környezeti viszonyokat. Ehhez nagy mértékben hozzájárul a léknyitás hatására kialakuló talajnedvesség-többlet párologtatáson keresztül jelentkező hűtőhatása.

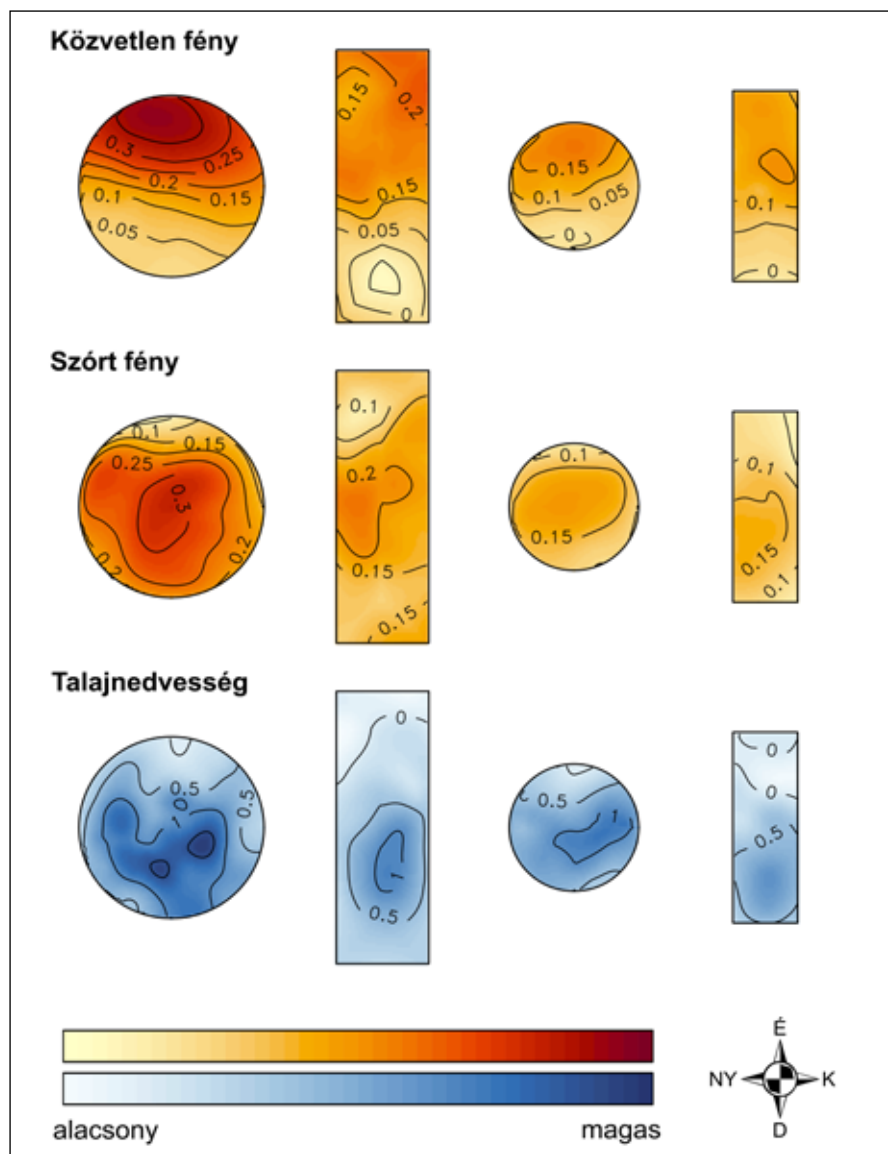
A talajnedvesség megnövekedését elsősorban a lék alakja befolyásolja: a kerek lékekben nagyobb, az elnyújtottakban kisebb mértékű a növekedés. A lékek mérete pedig elsősorban a beeső fény mennyiségét, valamint a cserjeszint magasságában jelentkező hőtöbbletet határozza meg, melyek a lék méretével növekednek.

A klímaváltozás hatására egyre gyakoribbá és szélsőségesebbé váló nyári hőhullámok és aszályok nemcsak az erdei élőlényeket veszélyeztetik, hanem az erdészeti szempontból jelentős és értékes tölgycesmeték növekedését is visszavethetik (Blumröder *et al.* 2021). Megfelelő gazdálkodási módszerek alkalmazása mellett azonban a mikroklíma bizonyos mértékig mérsékelni tudja a klímaváltozás negatív hatásaiból adódó időjárási szélsőségeket (DeFrenne *et al.* 2021).

Eredményeinkkel szeretnénk hozzájárulni a természetvédelmet és a faanyagtermelést egyaránt szolgáló erdőgazdálkodáshoz, valamint a folyamatos erdőborítást biztosító gazdálkodás módszereinek fejlesztéséhez a hazai tölgyes állományokban. Bízunk benne, hogy kutatási eredményeink felhasználása segítheti a gazdálkodókat a változó környezeti viszonyokhoz minél gyors-



3. ábra. Egy zárt erdei mintaterület (balra) és a hozzá tartozó négy lék (LC: nagy kör, SC: kis kör, LE: nagy elnyújtott, SE: kis elnyújtott) középpontjában készített balszemoptikás fényképek.



4. ábra. A közvetlen és a szórt fény, valamint a talajnedvesség léceken belüli, általánosított mintázatának térképe léktípusonként, a zárt erdőböz (kontroll) viszonyítva. A fényértékek hányadosként (0 és 1 közötti relatív értékekkel), a talajnedvesség-értékek térfogatszázalékként szerepelnek.

sabban alkalmazkodó gazdálkodási módok kialakításában. 🌱

Felhasznált irodalom

Aszalós, R., Kovács, B., Tinya, F., Németh, Cs., Horváth, Cs. V., Ódor, P. (2023) Canopy gaps are less susceptible to disturbance-related and invasive herbs than clear-cuts: temporal changes in the understorey after experimental silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management* 549: 141438.

Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., Ibisch, P. L. (2021) Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019. *Ecological Solutions and Evidence* 2: 1-14.

Csepányi, P. (2008) A tölgy és a folyamatos erdőborítás. *Erdészeti Lapok* 143, 10: 294-297.

De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B. R., Zellweger, F., Aalto, J., Ashcroft, M. B., Christiansen, D. M., Decocq, G., De Pauw, K., Govaert, S., Greiser, C., Gril, E., Hampe, A., Jucker, T., Klinges, D. H., Koelemeijer, I. A., Lembrechts, J. J., Marrec, R., Meeussen, C., Ogée, J., Tyystjärvi, V., Vangansbeke, P., Hylander, K. (2021) Forest microclimates and climate change: importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology* 27: 2279-2297.

Elek Z., Kovács, B., Aszalós, R., Boros, G., Samu, F., Tinya, F., Ódor, P. (2018) Taxon-specific responses to different forestry treatments in a temperate forest. *Scientific Reports* 8: 16990 (2018)

Horváth, Cs. V., Tinya, F., Kovács, B. és Ódor, P. (2021a) Különböző erdészeti beavatkozások hatása egy pilisi gyertyá-

nos-tölgyes aljnövényzetére. *Erdészettudományi Közlemények* 11, 1: 55-68.

Horváth, Cs. V., Tinya, F., Kovács, B., és Ódor, P. (2021b) Különböző erdészeti beavatkozások hatása egy pilisi gyertyános-tölgyes aljnövényzetére. *Erdészeti Lapok* 156,4: 137-140.

Horváth, Cs. V., Kovács, B., Tinya, F., Locatelli, J. S., Németh, Cs., Crecco, L., Illés, G., Csepányi, P., Ódor, P. (2023) A matter of size and shape: Microclimatic changes induced by experimental gap openings in a sessile oak-hornbeam forest. *Science of the Total Environment* 873: 162302.

Kovács, B., Tinya, F., Ódor, P. (2017) Stand structural drivers of microclimate in mature temperate mixed forests. *Agricultural and Forest Meteorology* 234-235: 11-21.

Kovács, B., Tinya, F., Guba, E., Németh, Cs., Sass, V., Bidló, A., Ódor, P. (2018) The Short-Term Effects of Experimental Forestry Treatments on Site Conditions in an Oak-Hornbeam Forest. *Forests* 9, 7: 406.

Kovács, B., Tinya, F., Németh, Cs., Ódor, P. (2019) Unfolding the effects of different forestry treatments on microclimate in oak forests: results of a 4-yr experiment. *Ecological Applications* 30, 2: e02043.

Tinya, F., Kovács, B., Aszalós, R., Tóth, B., Csepányi, P., Németh, Cs., Ódor, P. (2020) Initial regeneration success of tree species after different forestry treatments in a sessile oak-hornbeam forest. *Forest Ecology and Management* 459: 117810.

Ódor, P. (2015) Erdőökológiai kísérlet terepi bemutatója a Pilisben. *Erdészeti Lapok* 150, 11: 337.

Ódor, P., Tinya, F., Kovács, B., Aszalós, R., Bidló, A., Boros, G., Csepányi, P., Elek, Z., Farkas, V., Horváth, Cs. V., Németh, Cs., Soltész, Z., Samu, F., Sass, V., Simon, L., Szenthe, G., Tóth, B., Vadas, Á. (2020) Különböző erdészeti beavatkozások termőhelyre, biodiverzitásra és felújulásra gyakorolt hatása gyertyános tölgyesekben. Beszámoló egy 5 éve indult erdőökológiai kísérlet eredményeiről. *Erdészeti Lapok* 155,1: 8-12.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Pilisi Parkerdő Zrt. munkatársai, *Farkas Viktor, Szenthe Gábor* és *Simon László* támogatását! A kutatást az *NKFI (K128441, PD134302)*, az *MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj Program* és az *MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program* támogatták.