

Figyeljük a fény játékát

avagy: Milyen módszert használunk erdei állományokban kialakuló lécek fényviszonyainak jellemzésére?

Összefoglalás

Cikkünkben négy, az erdészeti kutatásokban felhasználható fénymérési, becslési eljárást hasonlítunk össze több szempontból. A négy eljárás: halszemoptikás fényképek analízise; térbeli állománymodellezés; LAI 2000 műszerrel való mérés; lombkorona-záródásihiány becslése szférikus denziométerrel.

Az Ipoly Erdő Zrt. Királyréti Erdészeti területén nyitott kísérleti lécekben végeztük el az összehasonlító vizsgálatot.

Eredményeink azt mutatják, hogy az adott kutatás kérdései és lehetőségei döntik el, hogy a módszerek közül melyik a legalkalmasabb a fénykörnyezet jellemzésére. Az idő- és munkaigényt, valamint az adatok megbízhatóságát figyelembe véve a leginkább javasolható módszer lécekben a halszemoptikás felvételek készítése. Ha az adatfelvételre kevés idő és kapacitás van, a denziométeres záródásihiány-becslés javasolható. A LAI 2000 műszer használata lécekben korlátozott, míg a térbeli állománymodellezés rendkívül munkaigényes.

Bevezetés

Az erdei növénytársulások fénymintázatának jellemzése lényeges információt szolgáltat az erdei lágú és fás szárú fajok megtelepedésének és fejlődésének ökológiai feltételeiről. Az erdészeti tevékenység tervezése során fontos kérdés, milyen kezeléssel biztosítható az adott csemeték vagy lágyszárúak szempontjából optimális fénykörnyezet? Például: mekkora vágásterület kialakítása kedvez a bükk megtelepedésének és fejlődésének az optimális megvilágítottsági viszonyok biztosításával? Milyen hatása van a hagyásfák jelenlétének a fénymintázat alakulásában, és ez vajon hozzájárul-e felújulás sikeréhez? Ezen kérdések vizsgálatakor szerencsés, ha egy megbízható, jól alkalmazható fénymérési eljárás van a tarsolyunkban. A rendelkezésre álló fénymérési, -becslési eljárások választéka ugyanakkor meglehetősen nagy. A megfelelő módszer kiválasztásában több

szempont is szerepet játszik: a kapott adatok megbízhatóságától a szükséges eszközök szállíthatóságáig.

Cikkünkben a különféle módszerek összehasonlítását mutatjuk be egy lécekben elvégzett összehasonlító vizsgálat eredményei alapján. Célunk, hogy az erdészeti ökológiai kutatások

során végzett fénymintázat vizsgálatokhoz szükséges módszerek kiválasztásában segítséget nyújtsunk.

A fénymintázat vizsgálatára alkalmazott egyik módszercsoport: a *közvetlen fény mérés*, amely lehetővé teszi a beérkező fény mennyiségének abszolút meghatározását egy adott mintaterületen a mérés időpontjában. Amennyiben egy hosszabb időtartamon keresztül vizsgáljuk a beérkező fény mennyiséget, ez folyamatos műszeres mérést kíván, amelynek kivitelezése nehézkes. A társulások fényviszonyainak jellemzésére a megvilágítás *relatív értéke* (a társulásba beérkező fény mennyiség a nyílt területre beérkező fény mennyiség százalékában) informatívabb és használhatóbb. A beérkező fény mennyiség közvetlen mérése a direkt (a napsugárzásból származó közvetlen fény) és a diffúz (a felhőkről, a légkör részecskéiről szóródó fény) fénykomponenseket nem kezeli külön, így nem alkalmas különböző időpontokban kialakuló fénymintázatok előrejelzésére.

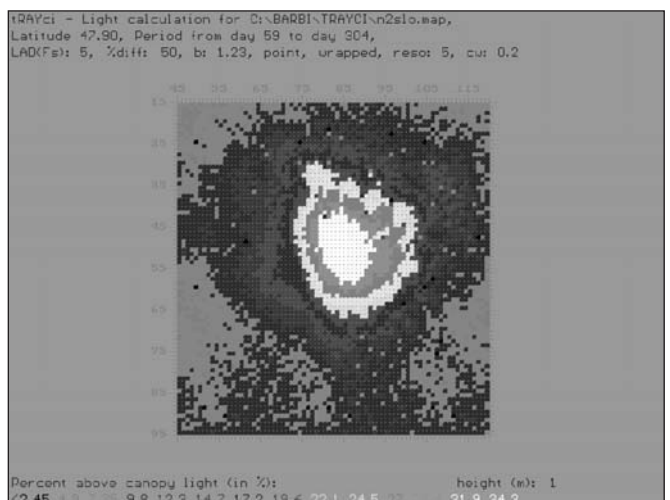
A közvetlen fénymérési módszerek mellett rendelkezésre állnak *közvetett fénybecslési eljárások* is, amelyek segítségével pl. egyszeri terepi adatrögzítés alapján tehetünk becsléseket



1. kép. Halszemoptikával készített kép egy lécben

léceket egy hosszabb időtartamot jellemző relatív megvilágítottsági értékekre. Ezek közé tartozik a lombkoronaszintről készített *halszemoptikás fényképek* elemzése. Ennek folyamán a lombkoronáról nagy látószögű optikával (~180°) készített fénykép (1. kép) számítógépes elemzésével kiszámolható, hogy a fényképezés pontjára a lombkorona tetejére érkező diffúz és direkt fény hány százaléka ér le. Ezzel a módszerrel a napjárást nyomon követve egy terület fényviszonyainak változását is lehet modellezni nagyobb időléptékben (több hónapos időtartamra).

Egy állományon belüli fényviszonyok modellezésére az elmúlt két évtizedben az állományszerkezeti vizsgálatok során kidolgozott *térbeli modellek* is eszközként szolgálnak. Ezekben a faegyedek lombkoronájának, törzsének paramétereit felvéve az állomány há-



2. kép. A 3D állománymodellt állomány alapján generált fénytérkép egy lécben a teljes relatív megvilágítottság %-ában (PACL)

¹ ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, e-mail: barbar@t-online.hu

² MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet

³ MTA Produktóbiológiai Kutatócsoport

⁴ Ipoly Erdő Zrt., Királyréti Erdészet

romdimenziós modelljét készítik el. Ezeket elemezve számítógépes programok segítségével modellezhető az állományban a direkt és a diffúz fény eloszlása adott időtartamon belül, az állományban a földfelszínre (vagy választott magasságban) fénytérkép is készíthető (2. kép).

Szintén közvetett fénybecslésre alkalmazható a LAI-2000 (LI-COR) 148°-os látószögű optikai szenzorral működő fénymérő eszköz, mely a levélfelület-index (leaf area index, LAI) indirekt mérésére lett kifejlesztve (3. kép). A LAI-t a felhős időben mért, diffúz besugárzás értékekből számítja, a két műszert igénylő szimultán – a nyílt területen és a lombátor alatt végzett – mérések alapján határozza meg a lomb fényáteresztését (lomb gap-frakció elemzés). A gap-frakció elemzéséből számolható a teljes relatív megvilágítottság diffúz megvilágítási komponense.

A fényklíma meghatározásának közvetett eszköze a lombkorona borításának becslése, amelyre egyszerű és gyors módszer a *szférikus denziométer* használata (4. kép). A szférikus denziométer egy rácshálóval ellátott homorú (vagy domború) tükrrel rendelkező kisméretű eszköz. A borításbecslés során a műszert vízszintesen tartva, a tükröbe belenézve le kell számolni azon négyzetek számát, amelyekben látható lombzat, és azokét, amelyekben nem. Ezek alapján a lombkorona záródására (vagy a záródáshiányra) kapunk egy becslést, amiből következtetni lehet a relatív megvilágítottság mértékére a diffúz fényt illetően.

Az általunk ismertetett módszerek mindegyike *relatív megvilágítottságot*, illetve *lombkoronazáródás-biányt becslő közvetett módszer*: a) halszemoptikás fényképek analízise, b) térbeli állománymodellelés, c) LAI 2000 műszerrel való

mérés, d) szférikus denziométerrel való lombkoronazáródás-becslés.

Összehasonlító vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy mi az oka az egyes módszerekkel kapott eredmények hasonlóságának, illetve különbözőségének, és hogy melyik módszer tekinthető tudományos, illetve praktikus szempontok alapján a leginkább javasolhatónak lékek fénymintázatának vizsgálatához?

Módszerek

A vizsgálat helyszíne a Királyréti Erdészet két, bükk által dominált erdőrészele (Szokolya 2C, Szokolya 2J). A homogén szerkezetű faállomány a 2000-es üzemtervi adatok szerint 86 éves, a fák átlagos magassága 25 m, átmérője 30 cm. Az állományban 2000/2001 telén – nyolc kör alakú mesterséges lék létesült: három db másfél fahossz (35-40 m) átmérőjű, és öt db fél fahossz (10-15 m) átmérőjű. A lékek helyének kiválasztásakor szempont volt, hogy egymáshoz aránylag közel legyenek, tehát hasonló állományban, hasonló lejtőszög és kitettség jellemezze őket, de ugyanakkor ne hassanak egymásra, vagyis ne érje oldalfény egyik léket sem a másik irányából.

A lékekben a fény mennyiség vizsgálata 2002 és 2003 nyarán a teljes léken áthúzódó, és az állomány alá érkező É-D-i, ill. K-Ny-i irányú transzkek (vizsgálati vonalak) mentén (melyek a lék középpontjában metszették egymást) 5 méterenként történt. A transzekt mentén az adatfelvételi pontokon a talajfelszínre merőleges irányban a lombkorona felé irányuló *halszemoptikás felvételek* készültek. Ezeket digitalizálás után a HemImage programcsomaggal elemeztük. A program kiszámolja a fényképkészítés pontjára a beérkező teljes, direkt és diffúz fényt a lombkorona feletti fény mennyiség szá-



4. kép. Szférikus denziométer (forrás: Tinya Flóra)

zalékában egy megadott időtartamra. Az adatfelvételi pontokon emellett *szférikus denziométerrel* lombkoronazáródás becslést végeztünk. A 4 irányban végzett becslés értékeit átlagoltuk. Egy nagy lékre és egy kis lékre *állományszerkezeti felvételt* készítettünk, amely a lék szélétől mérve 5-10 m-es sávban elhelyezkedő faegyedeket érintette. A fákat térképeztük, valamint felvettük a faegyedekre jellemző paramétereket: famagasság, a lombkorona alapjának magassága, a lombkorona vetületének 4 sugara (irány és a középponttól számított távolság). A lékek melletti állományban felvettünk 30 fát, amelyek adatait felhasználva egy virtuális állományt szimuláltunk a modellben a lékek köré. A bevitt adatokat a tRayci programcsomaggal elemeztük. Mivel az állományszerkezeti térképet az adatfelvételi transzkekhez képest készítettük el, így lehetővé vált a modelltől az adafelvétel pontjaira kiszámolni a relatív megvilágítottságot. A fent említett nagy és kis lékben az adafelvételi pontokon LAI 2000 műszerrel mérést végeztünk, ezeket az adatokat a C2000 programmal (LI-COR) elemeztük.

Statistikai módszerekkel összevetettük a négy módszerrel kapott eredményeket. Hangsúlyoznunk kell, hogy a szférikus denziométerrel, illetve a LAI 2000 műszerrel kapott eredményeket a másik két módszer által számolt diffúz relatív megvilágítottsági értékkel hasonlítottuk össze, mivel ezek az adatok a direkt besugárzásra – ami a növényi fotoszintézis szempontjából lényeges energiaforrás – vonatkozóan nem szolgálnak információval.

Következtetések

Az alkalmazott fény-, illetve lombkorona záródáshiány-becslési eljárások mindegyike „reagált” a lékek létezésére, a lékben lévő adafelvételi pontokra



3. kép. LAI-2000 Plant Canopy Analyzer

	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás
Teljes TÁ	10,15	4,52	25,75	5,06
TeljesHO	8,15	3,78	25,59	4,95
DirektTÁ	9,63	1,92	28,76	7,39
DirektHO	7,54	0,93	26,43	6,99
DiffúzTÁ	10,67	7,13	22,74	3,49
DiffúzHO	8,75	4,98	24,76	4,23
DiffúzLAI	7,53	1,40	26,00	7,33
Záródáshiány	17,53	10,42	26,82	4,44

1a. táblázat. A relatív megvilágítottság és a denziométerrel becsült záródáshiány értékeinek statisztikai jellemzése az állomány alatti pontokra (a lombkorona feletti fény %-ában). (Teljes: A teljes relatív megvilágítottság, Direkt: a relatív megvilágítottság direkt komponense, Diffúz: A relatív megvilágítottság diffúz komponense, TÁ: a térbeli állománymodellből kapott eredmények, HO: a halszemoptikás felvételek analiziséből kapott eredmények, LAI: a LAI 2000 műszerrel végzett mérésekből kapott eredmények)

	Átlag	Minimum	Maximum	Szórás
Teljes TÁ	17,84	6,64	32,19	8,34
TeljesHO	18,15	6,35	33,43	8,91
DirektTÁ	15,17	2,19	35,22	12,76
DirektHO	13,69	0,71	36,43	12,82
DiffúzTÁ	20,51	10,29	31,34	7,34
DiffúzHO	22,61	10,14	35,46	8,74
DiffúzLAI	21,84	5,20	39,80	10,90
Záródáshiány	36,38	15,89	60,16	12,83

1b. táblázat. A relatív megvilágítottság és a denziométerrel becsült záródáshiány értékeinek statisztikai jellemzése a lékbeni pontokra. (a lombkorona feletti fény %-ában). (Teljes: A teljes relatív megvilágítottság, Direkt: a relatív megvilágítottság direkt komponense, Diffúz: A relatív megvilágítottság diffúz komponense, TÁ: a térbeli állománymodellből kapott eredmények, HO: a halszemoptikás felvételek analiziséből kapott eredmények, LAI: a LAI 2000 műszerrel végzett mérésekből kapott eredmények)

számolt fény-, illetve záródáshiány adatok jelzik a lombkoronaszint felnyílását és a lékekben megnövekedett fény mennyiséget az állomány alatti értékekhez képest (1. táblázat).

A halszemoptikás felvételek elemzése és a térbeli állománymodell eredményei nagyon hasonlóak, ami annak következménye, hogy egyrészt a két módszerben használt szoftver ugyanazon az elven számolja a lombkorona feletti sugárzást és annak a beérkezését az állományba,

másrészt, hogy a modellben az állomány szerkezeti megjelenítése nagyon jól követi a valós fastruktúrákat, harmadrészt pedig, hogy az adatfelvétel pontosan történt. Az eredmények közötti különbség az állomány alatti pontok esetében megnő, ennek oka elvileg abban keresendő, hogy a lékek körüli állományrészeket fái nem lettek egyenként felvéve, hanem egy, a valós állomány adatainak felhasználásával generált „virtuális” állomány veszi körül a lékeket. A térbeli

állománymodell eredményeiben egy lényeges különbség a halszemoptikás felvételekhez képest, hogy a modell egy adott területre egy teljes lefedésű, választott léptékű fénytérképet tud létrehozni, minden egyes ponthoz rendelve egy-egy relatív megvilágítottsági értéket, így tehát nagymértékben megnöveli a relatív megvilágítottsági adatpontok számát, valamint konkrét térbeli növényzeti, illetve fénymintázatok összevetésére is használható. Emellett a modell egy faegyed által kapott fény mennyiséget is tud modellezni, ami pl. növekedési vizsgálatokhoz nagyon hasznos lehet.

A denziométeres becslések jól összevethetők a halszemoptikás felvételek elemzésével kapott diffúz fényértékekkel, habár szisztematikusan nagyobb értékeket mutatnak. A nagyobb értékek oka valószínűleg nagyrészt abban keresendő, hogy a denziométer látószöge jóval kisebb (57°), mint a csaknem 180 fokos látószögű halszemoptikáé, ezért a denziométer a mérési pont feletti égfélgömbnek arányosan kisebb részét érzékeli, mint a halszemoptikás felvételek, emellett a környező állomány záródási viszonyaira kevésbé érzékeny. Ennek következtében előfordulhat, hogy a lék szélén lévő, vagy az ahhoz közel eső, de állomány alatti pontok esetében a kisebb látószög esetén jóval kisebb lombkorona záródáshiányt „lát” mint a halszemoptika. Ugyanakkor a kisebb látószög miatt ennek fordítottja is megeshet, vagyis az, hogy a denziométerrel éppen pl. egy jégtörést szenvedett lombkorona alatt állunk, amit a denziométer arányaiban nagy lombkorona-hiányként érzékel, míg a halszemoptika a környező állomány lombkoronájával kiegyenlíti vagy éppen jelentéktelennek érzékeli a nyílást.

A LAI 2000 műszerrel végzett mérések eredményei a lék közepén hasonló értékeket adnak, mint a halszemoptikás felvételekből kapott diffúz értékek, ám

Jellemzők	Halszemoptikás felvételek	Térbeli állománymodell	Szférikus denziométer	LAI 2000
Adatok megbízhatósága lékek fénymintázatának jellemzésében	nagy	közepes	kicsi	kicsi
Kapott eredmények használhatósága, sokoldalúsága	nagy	nagyon nagy	kicsi	kicsi
Adatfelvétel (analízis) ember-, időigénye	közepes DE: speciális feltételek: borús ég/alkonyat v. hajnal	nagyon nagy	kicsi	kicsi DE: speciális feltételek: borús ég/alkonyat v. hajnal
Költségek (műszer, adafeldolgozás költségei)	nagy	kicsi	kicsi	nagyon nagy

2. táblázat. Az alkalmazott megvilágítottság-becslési módszerek többszempontú összehasonlítása

a két adatsor a lékek széle felé haladva egyre jobban eltér egymástól. Az állomány alatti pontokra a különbség mérséklődik. A különbség oka lehet, hogy a műszer az égboltról verődő diffúz sugárzásra érzékeny, aminek az adott mérési időpontban a mintázata nem egyenletes az égbolton, és a lék különböző irányban lévő széli részei felé nem egyenletesen változik.

A 2. táblázatban a 4 módszer többszemponútú jellemzésében az adatok megbízhatósága mellett a praktikus szempontok is helyet kapnak.

A módszerek közül az adott kutatás

kérdései (a szükséges pontosság és adatmennyiség) és lehetőségei döntik el, melyik a legalkalmasabb. Az adatok megbízhatósága szempontjából a halszemoptikás fényképek a legjobbak, míg ha az adatfelvételre kevés idő és kapacitás van, a denziométeres becslés egy jó közelítést adhat. Nagy rendelkezésre álló kapacitás esetén javasolható a halszemoptikás képek és a térbeli állománymodellezés együttes elvégzése, ami a módszerek összevetésére, a terület részletes fénymintázatának jellemzésére is lehetőséget ad. A LAI 2000 műszer használata lékekben nem, inkább

zárt állományok esetén javasolható gyors módszer, de eredményeinek felhasználása korlátozott.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az Ipoly Erdő Zrt. és a Királyréti Erdészet vezetőségének a kutatás lehetővé tételét, a technikai és logisztikai segítséget, *Kenderes Katának* a terepen végzett munkában való segítségét. A kutatást a NAT-MAN: Nature-based management of beech in Europe (Fifth Framework Programme, Contract No.: QLK5-1999-01349; <http://www.flec.kvl.dk/natman/>) program támogatta.

Mátravasút Gyöngyös–Lajosháza

1926. június 19-én indult el a személyszállítás Gyöngyös és Mátrafüred között és ez az a dátum amikortól a Mátravasút életkorát számítjuk. Ez azonban nem teljesen fedi a valóságot, mert a Mátravasút történetének kezdetei húsz évvel korábbra nyúlnak vissza.

A Mátravasút fő feladata az erdőkben kitermelt fa és a kőbányák anyagának szállítása volt. A valamikori vasúti pálya Galyatető alatt, a Nyírjes-bérc környékén ért véget, de szintén hosszabb volt a vonal Mátrafüredtől, hiszen a Kékes-laposáig terjedt. Egy, a mátrai fakitermelésre alapított részvénytársaság és az egri érsekségi uradalom nyitotta meg az első keskenyvágányú 600 mm nyomtávolságú, lóvonatú gazdasági vasútvonalat 1906-ban Gyöngyössolymos északi határában. Nyírjesi vonalnak nevezték, amely Lajosházán át északkeletre vezetett. 1907-ben építették ki a Szalajka háztól a csukás-völgyi vonalat.

1916-ban a gyöngyössolymosi vonalakon a lovakat gőzmozdonyok váltották fel, majd néhány évvel később megépült Gyöngyös és Mátrafüred között is a kisvasút. Ezen szakaszon 1926-tól a személyszállítás is elkezdődött. Az 1910-es évektől egészen a személyszállítás megkezdéséig folyamatosan épült, fejlődött a Mátrában kanyargó vasútvonalak száma és hossza, összekötve ezáltal Gyöngyöst és a környező településeket. A teljes pályahossz a 30-as évek végére 30 km-t tett ki.

Az 1950-es években épült Egyesült Izzó pipishegyi gyárához a Mátrafüred Bene-laposon lévő anyagtaroló helyről (ma a mátrafüredi erdészeti iskola területe) kisvasúton szállított építési anyagot. 1960-64 között folyamatosan meg-

történt a dízelvontatásra történő áttérés. 1968-tól a Gyöngyössolymos-Lajosháza közötti szakaszon is megkezdődött a személyforgalom. A faanyag és kőszállítás megszűnésével 1985-től csak személyszállítás folyik. A 7 km-es Gyöngyös-Mátrafüred közötti szakaszon egész évben, a Gyöngyös-Lajosháza közötti szakaszon a nyári időszakban, illetve előzetes igény esetén közlekedik a kisvasút.

Az elmúlt években a Mátravasút 1-es és 2-es vonalának állapota jelentősen leromlott. A Mátrafüredi vonal műszaki állapotát a 2000. év óta sorozatosan bekövetkező árvizek folyamatosan károsították. Fejlesztési források hiánya miatt azonban a felújításra 2006-ig nem kerülhetett sor. A tavalyi évben az ÁPV Zrt. támogatásával sikerült elhárítani a károkat. Korszerűsítésre került Mátrafüreden egy közúti és vasúti kereszteződés. A vonalszakaszon részleges ágyazatcserékre, talpfacszerékre, kötőelemek és hevederek cseréjére került sor, valamint fekszint- és irányszabályozás is történt.

A lajosházai vonal állapota azonban a 2005. áprilisában és júliusában bekövetkezett árvíz miatt olyan jelentős károkat szenvedett el, melynek során az alépítmény és az ágyazat is jelentősen sérült. Ezzel a vonalszakasz felső szakasza – mintegy 2 km-es rész – szinte teljesen használhatatlanná vált, ezért 2005 júliusától ideiglenes üzemszünetet kellett elrendelni.

Az Egererdő Zrt. a tulajdonos ÁPV Zrt. támogatásával a 2006-os év őszén tudta elkezdni a Lajosházai vonal felújítását, mégpedig a Mátrai Fejlesztési Projekt keretén belül. A Mátrai Fejlesztési Projekt közel fél milliárd forintból valósul meg.

A Mátrai Fejlesztési Projekt három ütemből áll össze, melynek első lépéseként a Lajosházai vonalon megtörtént a pálya felújítása, a vízelvezető rendszer kialakítása, a pályaszakasz letisztítása, sín, talpfa és csavarok cseréje, valamint a vágány is beszabályozásra került.

A második ütemben tovább kívánjuk fejleszteni a Lajosházai vonalat, mégpedig úgy, hogy Lajosháza és az ún. Szalajkaház között meghosszabbítjuk a vonalat közel 3,5 kilométerrel. Az új vonalszakaszon ki kell alakítani az alépítményt, csőátereszeket, hidakat és támfalakat.

A harmadik ütemben – mely várhatóan 2008. év végére fejeződik be – a vonal hosszabbításával járó utómunkálatok mellett a fő feladatot a Szalajkaház és környékének rendbetétele jelenti, ahol a Máttra természeti adottságait bemutató tanösvény, a házban pedig erdészeti erdei iskola kerül kialakításra.

Az új végállomásnál több irányba kialakítható tanösvény mellett egy vadbemutató létrehozása is a projekt részét képezi.

A Szalajka-ház és környéke rendbetételével egy minőségi kirándulólhely kialakítása valósul meg, így javítva a kirándulásnak, mint aktív szabadidő-eltöltési lehetőségnek a körülményeit. Célunk továbbá, hogy a kirándulólhellyel és a turista-csomóponttal megvalósulhat az erdőterületen belül az irányított turizmus, melynek során megvédhető és tehermentesíthető az erdőterületek, melyekben a kirándulók esetlegesen – akarva vagy akaratlanul – kárt tehetnek. A vasúti pálya 3,5 km-es bővítésével a kirándulólhely megközelítése egyszerűbbé válik, nem igényel gépkocsival történő utazást, így az erdő szennyezettsége is csökkenthető.

Fridél Veronika