

TRANSPIRÁCIA SMREKA OBYČAJNÉHO V NPR ZADNÁ POĽANA V MENIACICH SA PODMIENKACH PROSTREDIA

SPRUCE TRANSPIRATION IN NATIONAL NATURE RESERVE ZADNÁ POĽANA IN
CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

STŘELCOVÁ KATARÍNA

Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen

e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

Abstact

Results of spruce sap flow dynamics in changing environmental conditions is presented in this paper. Experimental research works were carried out in upper altitudinal zone for spruce occurrence in National nature reserve Zadná Poľana in part Predná Poľana (1347 m asl.). Sap flow velocity was measured from June 14th to July 26th in year 2002 on five spruce trees by direct non-destructive and continuous measurements using tree-trunk heat balance method (THB). Higher sap flow velocity was estimated in dominant trees (spruce 1 transpired 1888 l of water in measured period), while subdominant trees transpired much more slower (spruce 4 transpired 326 l, that represents 17% from spruce 1 transpiration).

Relation of sap flow velocity to microclimate factors during period from July 10th to July 13th was tested by correlation analysis. Analysis showed close correlation to global radiation and air temperature. Correlation index (I_{yx}) for dominant spruce 1 was 0,8 in the case of global radiation and 0,78 in the case of air temperature, for subdominant spruce 4 it was 0,64 for global radiation and 0,81 for air temperature.

Key words: sap flow, thermal heat balance method, meteorological factors, natural spruce forest

Úvod

Vzhľadom na očakávané klimatické zmeny, pre ktoré je prognózovaný deficit zrážok a rast teploty vzduchu (Ondráš a Lapin 1996), sa smrek javí osobitne ohrozenou lesnou drevinou, a to nielen v oblastiach mimo jeho prirodzený areál rozšírenia, ale aj v lokalitách, kde sa vyskytuje prirodzene. Nároky smreka na podmienky prostredia

sumarizujú napr. Schmidt - Vogt (1977), Pagan (1992), Mind'áš (1997) a iní. Z uvedených prác rezultuje jeho vysoká náročnosť na vodu, ako aj ekologická viazanosť na pomerne chladnú horskú klímu. Podmienky prostredia významným spôsobom ovplyvňujú vodný režim drevín a množstvo vyparenej vody v systéme pôda – drevina – atmosféra. Vyparovanie je termodynamický proces, pre ktorý je charakteristická vysoká spotreba energie. Energia môže byť dodaná k vyparujúcemu povrchu slnečným žiarením, alebo sa môže previesť prúdením teplého vzduchu z okolia s vyššou teplotou. NOVÁK (1995) uvádza, že vyparovanie môže prebiehať, ak tlak vodných pár v tenkej vrstve atmosféry nad vyparujúcim povrchom je nižší ako je maximálny možný tlak (tlak vodou nasýtených pár).

V práci sme sa zamerali na vplyv bioklimatických charakteristík prostredia na intenzitu transpiračného prúdu smrekov prírodného lesného ekosystému v horskej oblasti Národnej prírodnej rezervácie Zadná Poľana.

Materiál a metódy

Meranie transpiračného prúdu na piatich modelových vzorníkoch smreka (tabuľka 1) a bioklimatologických charakteristík sa uskutočnilo na trvalej výskumnej ploche Predná Poľana. Výskumná plocha sa nachádza v hrebeňovej časti NPR Zadná Poľana cca 60 m od vrcholu Prednej Poľany v nadmorskej výške 1347 m n.m. na miernom svahu so sklonom 5 – 25 % a s južnou expozíciou. Lokalita patrí do chladnej horskej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 3,5 – 4,0 °C, priemerným ročným úhrnom zrážok 900 - 1100 mm. Geologický podklad tvoria vulkanické horniny, prevládajú pôdy pôdneho typu andozem. Porast patrí do 7. lesného vegetačného stupňa, skupiny lesných typov *Sorbeto – Piceetum*, *Acereto – Piceetum*. Priemerný vek porastu (350a) je 190 rokov, zastúpenie drevín je nasledovné: smrek 93%, buk 4%, jarabina 3%. Porast je prirodzeného pôvodu, pralesovitého charakteru so značnou výškovou a hrúbkovou členitosťou. Smrek tu má dobré rastové schopnosti. Vo vrcholovej časti sa vytvorila zvláštna stĺpovitá forma smreka s typickou úzkou, valcovitou korunou. Taxačné veličiny modelových vzorníkov smreka udáva tabuľka č.1.

Tabuľka 1 : Taxačné veličiny vzorníkov smreka

Strom	Obvod $d_{1,3}$ (cm) bez kôry	Hrúbka $d_{1,3}$ (cm)
Smrek 1	198,7	68,5
Smrek 2	172,5	57,3
Smrek 3	130,2	44
Smrek 4	99,9	33,4
Smrek 5	78,9	26,1

Transpiračný prúd jednotlivých vzorníkov smreka sme merali metódou tepelnej bilancie (THB) podľa Čermáka a Kučeru (Čermák *et al.* 1973, Kučera *et al.* 1977) s 10 minútovým intervalom ukladania údajov. THB metóda spočíva na princípe kvantifikácie množstva tepla unášaného prúdom vody cez vopred definovaný priestor vodivého xylému z celkového množstva tepla dodaného do tohto priestoru. Metóda je absolútna, stanovuje intenzitu transpiračného prúdu v jednotkách hmotnosti (resp. objemu) vody za určitý čas.

Prvky mikroklímy: teplota vzduchu, globálna radiácia, relatívna vlhkosť vzduchu, rýchlosť a smer vetra, zrážky boli merané na retlansačnom stožiaru SPP vo výške 25 m nad zemou. Teplota pôdy bola meraná v hĺbke 10 cm. Mikrometeorologické merania sa robili automatizovane v minútovom intervale s automatickým režimom ukladania údajov spriemerovaných za 10 minút na digitálnu meraciu ústredňu MiniCube 32 (výrobca EMS Brno, CZ). Vlhkosť pôdy sme stanovili gravimetricky zo vzoriek odobratých z hĺbky 0 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 30 cm, 30 - 40 cm, 40 - 50 cm.

Výsledky a diskusia

Klimatologická charakteristika mesiaca jún, júl 2002

Intenzita transpirácie a rýchlosť transpiračného prúdu je pri dostatočne vlhkej pôde určovaná hlavne atmosferickými podmienkami: snečným žiarením, teplotou, relatívnou vlhkosťou vzduchu, preto je potrebné najprv venovať pozornosť priebehu týchto charakteristík ovzdušia. Pri nedostatočnej zásobe vody v pôde je transpirácia redukovaná. Z gravimetrického stanovenia pôdnej vlhkosti môžeme konštatovať, že pôda bola dostatočne vlhká, preto priebeh transpirácie závisel hlavne od poveternostných podmienok. Hodnoty pôdnej vlhkosti udáva tabuľka č.2.

Tabuľka 2: Pôdna vlhkosť odobratých vzoriek

Hĺbka pôdy [cm]	0 -10	10 - 20	20 - 30	40 - 50
Dátum odberu	vlhkosť %			
23.05.02	76,24	72,39	72,82	nemerané
13.06.02	83,2	79,56	84,26	68,26
09.07.02	60,61	58,91	58,93	59,67

V prvej polovici júna prevládalo typické počasie európskeho monzúnu s početnými zrážkami a búrkami. Bolo spôsobené prechodmi poveternostných frontov a postupom tlakovej níže od Stredomoria cez strednú Európu na severovýchod. V prvej dekáde boli namerané nižšie teploty vzduchu 7,21 – 10,03 °C. Výrazne nízka teplota bola 2.6. (3,49 °C) . Druhá dekáda bola podstatne teplejšia, oteplenie a anticyklonálny ráz počasia bol dôsledkom tlakovej výše, ktorá sa stabilizovala nad európskym vnútrozemím. Najvyššie teploty boli

namerané začiatkom tretej dekády 21.6. (18,87 °C teplotné maximum), 20.6. 18,45 °C). Tieto dni patrili tiež k najjasnejším dňom mesiaca - 20.6. s dennou sumou 9,01 kW.m⁻² a 21.6. so sumou 8,33kW.m⁻². Ku koncu tretej dekády došlo k ochladeniu. 29.6. (6,42 °C). Najväčšie množstvo zrážok bolo namerané 4.6. (34 mm), výdatné zrážky boli v dňoch 6.6. (15 mm), 7.6. (31 mm), kedy boli zaznamenané i veľmi nízke denné sumy globálneho žiarenia 6.6. (0,914 kW.m⁻²) , 7.6. (0,911 kW.m⁻²). Teplota pôdy sledovala s miernejším oneskorením priebeh teploty vzduchu. Najnižšia teplota bola 5.6. (3,01 °C), potom neustále pomaly stúpala až do 24.6. Pokles teploty vzduchu sa odrazil i v poklese teploty pôdy.

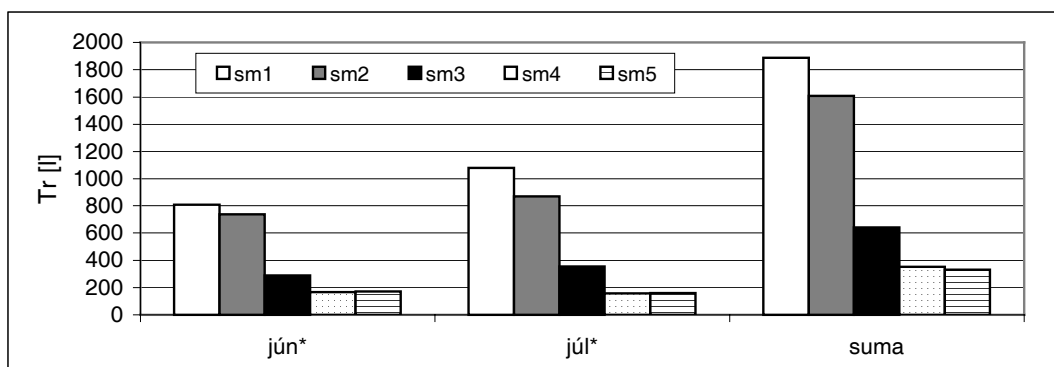
V júli malo počasie prevažne slnečný, veľmi teplý ráz. Prvá dekáda bola teplotne premenlivá, slnečné dni sa striedali s oblačnými. Najvyššie teploty boli namerané v druhej dekáde 10.7. (19,08 °C), 11.7. (19,65 °C). V období od 13. 7. – 20. 7. sa presadilo juhovýchodné teplé, vlhké cyklónálne prúdenie vzduchu s výskytom intenzívnej búrkovej činnosti. Teplota vzduchu postupne klesala. Začiatkom tretej dekády došlo k ochladeniu vplyvom chladného severozápadného prúdenia vzduchu. 26.7. bola nameraná najnižšia teplota mesiaca 9,43 °C. Koncom mesiaca sa opäť oteplilo pôsobením teplého vlhkého juhozápadného prúdenia. 29.7. bola nameraná teplota (17,68 °C). Intenzívna zrážková činnosť búrkového charakteru sa vyskytla v druhej dekáde mesiaca. Najväčšie úhrny zrážok boli namerané 13.7. (40,5 mm), 19.7. (27mm), 20.7. (23,7 mm). Teplota pôdy sa menila veľmi pomaly. S vzrastom teploty vzduchu na začiatku mesiaca rástla i teplota pôdy. Počas druhej, začiatkom tretej dekády boli vyrovnané až stále teploty pôdy.

Dynamika transpiračného prúdu smreka obyčajného v mesiaci jún, júl 2002

Meranie transpiračného prúdu smreka sa uskutočnilo v období od 14.6 – 26.7. 2002 na piatich vzorníkoch smreka. Priebeh transpirácie v mesiaci jún a júl mal pomerne vyrovnaný, pomaly stúpajúci charakter. Výraznejšie zmeny, pokles intenzity transpirácie nastali počas dní s nízkou hodnotou globálneho žiarenia, s nižšími teplotami vzduchu, so zrážkami, hlavne koncom júla (16.6. , 28.6., 4.7., 17. – 21.7). V mesiaci jún bola nameraná najvyššia transpirácia 24.6., najnižšia 28.6., v mesiaci júl maximálna hodnoty boli zistené 13.7., minimálne 19.7, 20.7. bola transpirácia nulová. Hodnoty meteorologických prvkov, sumy transpirácie jednotlivých vzorníkov v dňoch 24.6., 28.6.,13.7., 20.7. a priemerná, celková transpirácia za sledované obdobie sú v tabuľke č.3. Grafické znázornenie celkových súm transpirácie v mesiaci jún, júl a za celé sledované obdobie je na obrázku 1.

Tabuľka3: Meteorologické charakteristiky, transpiračné úhrny v dňoch 24.6, 28.6, 13.7, 19..

Deň	TR [litre]					Denné hodnoty prvkov			
	sm1	sm2	sm3	sm4	sm5	Gr [kW. m ⁻²]	Tv [°C]	Rv [%]	Z [mm]
24.6.	61,22	54,81	21,44	12,03	12,73	6,82	17,36	79,16	0
28.6	17,19	17,46	5,09	1,15	2,54	2,55	10,8	87,73	6,9
13.7.	78,93	61,13	23,84	11,71	10,88	7,65	17,53	79,77	40,5
19.7.	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	2,2	12,59	97,63	27



Obrázok 1: Mesačné úhrny transpirácie, celková suma za sledované obdobie 14.6.-26.7.2003.

Pri porovnaní denných, celkových úhrnov transpirácie (TR) jednotlivých smrekov môžeme vidieť výrazné rozdiely medzi smrekmi 1,2 a smrekmi 4,5. Najintenzívnejšie transpiroval nadúrovňový smrek 1 (1887,52 l za celé sledované obdobie, priemerne 44,53 litrov za deň), najnižšie úhrny TR boli zaznamenané pre úrovňový smrek 4 (325,52 l je celková suma TR, priemerná denná transpirácia je 8,15 l). Tieto rozdiely súvisia s biometrickými parametrami drevín, sociálnym postavením v poraste. Intenzita transpirácie je v rozhodujúcej miere ovplyvnená množstvom slnečnej radiácie dopadajúcej na asimilačný aparát. Na asimilačné orgány podúrovňových jedincov dopadá priame žiarenie len výnimočne, alebo vôbec, preto spotrebujú na chladenie hlavne počas jasných letných dní niekoľko násobne menej vody než úrovňové, nadúrovňové jedince, v priemere 10 – 30 % z transpirácie úrovňových jedincov (Čermák a Kučera 1987). Taktiež prúdenie vzduchu tesne nad porastom je intenzívnejšie než vo vnútri porastu. Smrek 1 a 2 sú nadúrovňové jedince, s mohutnou pravidelnou korunou, dobre osvetlenou takmer zo všetkých strán, smrek 3, 4 a 5 patria medzi úrovňové stromy. Smrek 4 je výrazne tienový okolitými stromami, rastie v hustom zápoji, preto dosahuje najnižšie úhrny transpirácie. Koruny smrekov 3 a 5 sú z jednej strany viac uvoľnené. Ladefoged (1963) zistil závislosť rýchlosti transpirácie od tvaru koruny. Pri nadúrovňových stromoch so širokou korunou rozloženou v hlavnej úrovni bola transpirácia vyššia než u rovnako vysokých stromov so štíhlou a špicatou korunou, ktorých hlavná listová masa sa nachádza oveľa nižšie.

Regresná analýza vzťahov medzi transpiráciou a vybranými prvkami mikroklímy

Medzi environmentálne faktory, ktoré najviac ovplyvňujú transpiráciu patrí vlhkosť pôdy, spomedzi meteorologických faktorov je to globálne žiarenie, vlhkosť a teplota vzduchu, rýchlosť vetra. Pre zhodnotenie vplyvu prvkov mikroklímy: slnečného žiarenia (GR), teploty (TV) a vlhkosti vzduchu (RV) na transpiráciu sme použili nelineárnu koreláciu. Vstupnými údajmi sú hodnoty meteorologických prvkov a intenzity transpiračného prúdu merané v 10 minútovom intervale počas dní od 10.7 - 13.7. Na vyjadrenie závislosti sme použili polynomicú funkciu druhého stupňa. Výsledky regresnej a korelačnej analýzy pre smrek 1 a smrek 4, vzorníky s najväčšími a najnižšími úhrnmi transpirácie počas celého sledovaného obdobia uvádza tabuľka 4.

*Tabuľka 4: Výsledky regresnej korelačnej analýzy pre dni od 10.7 –13.7. 2002 (*nebrali sa do úvahy merania od 2:00 hodiny rannej do 7:00, kedy bola transpirácia nulová, ** nebrali sa do úvahy merania od 20:00 do 3:00 hodiny, kedy boli hodnoty globálneho žiarenia nulové)*

Závislá premenná Tr [l]	Nezávislá premenná	Počet meraní	Regresný model	Koefficient			I _{yx}
				a	b	c	
smrek 1	Gr [W.m ⁻²]	576	y=a+bx+cx ²	2,00E-07	0,006	0,751	0,80
	Rv [%]	576	y=a+bx+cx ²	0,0004	-0,1516	11,586	0,51
	Tv [°C]	576	y=a+bx+cx ²	0,1084	-3,1186	22,44	0,78
smrek 4	Gr [W.m ⁻²]	576	y=a+bx+cx ²	3,00E-07	0,0009	0,0761	0,69
	Rv [%]	576	y=a+bx+cx ²	0,0006	-0,1045	4,9299	0,60
	Tv [°C]	576	y=a+bx+cx ²	0,0295	-0,8979	6,7249	0,82
smrek 1*	Gr [W.m ⁻²]	458	y=a+bx+cx ²	-2,00E-06	0,0076	1,0993	0,81
	Rv [%]	458	y=a+bx+cx ²	4,00E-05	-0,1133	11,049	0,57
	Tv [%]	458	y=a+bx+cx ²	0,094	2,6094	18,345	0,78
smrek 1**	Gr [W.m ⁻²]	411	y=a+bx+cx ²	2E-06	0,0037	1,2451	0,74
	Rv [%]	411	y=a+bx+cx ²	-0,0026	0,2605	-1,576	0,53
	Tv [°C]	411	y=a+bx+cx ²	0,0854	2,3148	15,821	0,73

Koefficient determinácie I_{yx}^2 udáva koľko % z celkového rozptylu sa môže prisúdiť vplyvu známeho činiteľa. Výsledky korelačnej analýzy poukazujú na vysoký stupeň závislosti transpirácie od globálneho žiarenia a teploty vzduchu. Index korelácie vyjadrujúci tesnosť vzťahu medzi slnečným žiarením a transpiráciou má pre smrek 1 hodnotu 0,8 pre smrek 4 I_{yx} 0,69. Hodnoty I_{yx} pre teplotu vzduchu sú 0,78 (smrek 1), 0,81 (smrek 4). Tesnosť korelácie medzi vlhkosťou vzduchu a transpiráciou je o niečo nižšia (0,51 smrek 1, 0,6 smrek 4). Odstránením nočných meraní (od 2:00 do 7:00 hodiny), s nulovými hodnotami transpiračného prúdu sa I_{yx} zvýšil pre všetky prvky mikroklímy, najvýraznejšie stúpla hodnota pre vlhkosť vzduchu (I_{yx} 0,57). Odstránením meraní od 20:00 do 3:00 hodiny, kedy hodnoty globálneho žiarenia boli veľmi nízke, nulové sa hodnoty I_{yx} pre slnečné žiarenie,

teplotu vzduchu znížili (pre globálne žiarenie I_{yx} 0,73, pre teplotu vzduchu I_{yx} 0,73), index korelácie pre vlhkosť vzduchu sa však zvýšil (I_{yx} 0,53).

Z uvedených výsledkov môžeme usúdiť, že intenzita transpirácie citlivo reaguje na zmeny globálneho žiarenia (nadúrovňové stromy) a teploty vzduchu (úrovňové stromy). Pri smreku 4 bol I_{yx} pre teplotu vzduchu vyšší ako pre slnečné žiarenie. Významný vplyv na množstvo vytranspirovanej vody má vlhkosť vzduchu. To potvrdili výsledky korelačnej analýzy po odstránení nočných meraní, kedy sa I_{yx} korelácie zvýšil. Transpirácia je energeticky náročný proces, preto slnečné žiarenie ako zdroj energie v ňom zohráva dominantnú úlohu. Teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu určujú podmienky pre tok vodnej pary do atmosféry. Pri sledovaní závislosti intenzity transpirácie buka od atmosférických činiteľov sme zistili (Střelcová a Mindáš 2002), že najvýraznejšia závislosť sa prejavila od globálneho žiarenia, kde korelačné koeficienty boli vyššie ako pri smreku (0,8 až 0,9). Príčinou je, pomalšia odozva ihličnatých drevín na zmeny intenzity žiarenia z dôvodu pomalšej reakcie prieduchov. Koeficienty determinácie pre vlhkosť vzduchu pri buku dosahovali hodnoty 0,64, pre teplotu vzduchu 0,67. Heimannová (1995) testovala závislosť transpirácie smreka od meteorologických prvkov v priebehu dňa, zistila o málo tesnejšiu koreláciu so sýtoštným doplnkom, než so slnečným žiarením, korelačné koeficienty boli vyššie ako 0,8.

Súhrn

V predložennom príspevku sme zhodnotili dynamiku transpirácie smreka obyčajného na hornej výškovej hranici výskytu v meniacich sa podmienkach prostredia. Výskum sme uskutočnili v hrebeňovej časti Národnej prírodnej rezervácie Zadná Poľana v oblasti Predná Poľana /1347m n. m./. Merania intenzity transpiračného prúdu v čase od 14. júna do 26. júla 2002 na piatich vzorníkoch smreka spoľahlivou a osvedčenou metódou tepelnej bilancie ukázali, že najintenzívnejšie transpirovali nadúrovňové stromy (smrek 1 vyparil 1888 l vody za sledované obdobie), zatiaľ čo stromy pod úrovňou transpirovali podstatne menej (smrek 4 vyparil 326 l, čo predstavuje 17% z transpirácie smreka 1).

Závislosť transpirácie od vybraných prvkov mikroklímy počas dní 10. júla – 13. júla 2002 sme testovali pomocou regresnej a korelačnej analýzy. Výsledky ukázali, že najvýznamnejší vplyv na transpiráciu smreka má globálne žiarenie a teplota vzduchu. Index korelácie (I_{yx}) bol pri smreku 1 pre globálnu radiáciu 0,8 a pre teplotu vzduchu 0,78, pri smreku 4 I_{yx} bol 0,64 pre radiáciu a 0,81 pre teplotu vzduchu.

Kľúčové slová: transpiračný prúd, metóda tepelnej bilancie, meteorologické faktory, prírodný smrekový les

Literatúra

- ČERMÁK, J., DEML, M. & PENKA, M., 1973: A New Method of Sap Flow Rate Determination in Trees. *Biologia Plantarum* **15**:171—178.
- ČERMÁK, J., ULEHLA, J., KUČERA, J. & PENKA, M., 1982: Sap Flow Rate and Transpiration Determination in Full - Grown Oak (*Quercus robur* L.) in Floodplain Forest Exposed to Seasonal Floods, as Related to Potencial Evapotranspiration and Tree Dimensions. *Biologia Plantarum* **24**:446—460.
- ČERMÁK, J. & KUČERA, J., 1987: Transpiration of Mature Stands of Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) as Estimated by the Tree - Trunk Heat - Balance Method. *In: Forest Hydrology and Watershed Management. Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987. IAHS 1987, Publ no. 167: 311 - 317.*
- HEIMANN, J., 1995: Xylemsaftfluss 40-jähriger Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) im Wassereinzugsgebiet der Langen Bramke, Harz. Dissertation. Göttingen, 148 s.
- KUČERA, J., ČERMÁK, J. & PENKA, M., 1977: Improved Thermal Method of Continual Recording the Transpiration Flow Rate Dynamics. *Biologia Plantarum* **19**:413 - 420.
- LADEFOGED, K., 1963: Transpiration of Forest Trees in Closed Stands. *Physiologia Plantarum* **16**: 378 - 414.
- MINĎÁŠ, J., 1997: Klimatické zmeny a lesy Slovenska. Národný klimatický progra SR, Syntéza správa za obdobie 1991-1997. Zvolen, LVÚ: 36.
- NOVÁK, V., 1995: Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. Veda SAV, Bratislava: 253 s.
- ONDRÁŠ, M., LAPIN, M., 2000: Možné bioklimatologické súvislosti zmeny klímy a variability klímy. *In: Zborník Bioklimatológia a životné prostredie. XIII. Bioklimatologické konferencia SBkS a ČBkS. Tropila, M., Szabó, G., Ivančo, J. (eds.), 12. - 14. september 2000, Košice, (CD ROM): 8 s.*
- STŘELCOVÁ, K., MINĎÁŠ, J., 2002: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. *Vedecké štúdie 11/2000/A. Technická univerzita vo Zvolene: 81 s.*
- Pagan, J., 1992: Lesnícka dendrológia. Zvolen, TU: 10-43.
- Schmidt-Vogt, H., 1977: Die Fichte. Hamburg-Berlin, Verlag Paul Parey: 647.

Kontaktná adresa:

Ing. Katarína Střelcová, PhD.

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

960 53 Zvolen

e-mail: strelcov@vsld.tuzvo.sk

