

PRILOG POZNAVANJU VELIČINE I DNEVNOG
HODA TRANSPIRACIJE NEKIH FANEROFITA
ZAGREBA I ZAGREBAČKE GORE

Prof. dr M. GRAČANIN

Veličina i hod transpiracije biljaka već više decenija interesiraju ekološke u različitim dijelovima svijeta, a do sada objavljeni radovi pružaju uvid u specifične sposobnosti mnogih speciesa, manje i biljnih zajednica, da gospodare vodom staništa. Za srednjoevropsko vegetacijsko područje postoje brojni podaci Stockera, Piseka i Cartellierija, Waltera, Hubera, Polstera, Oppenheimerera, Kniedelove, Leyerera i mnogih drugih. Prva sistematska istraživanja transpiracije u Jugoslaviji vršili su Gračanin M. i Grupče na području Skopja.

U Hrvatskoj su prve podatke za neke speciese travnjačkih zajednica krškog područja dale Steubing i Wilmanns (1962). Činjenica da u unutarnjem kontinentalnom dijelu Hrvatske nije bilo takvih istraživanja ponukala me je da ljeti 1962. godine otpočnem s istraživanjima hoda i veličine transpiracije u nekih fanerofita Zagreba i Zagrebačke gore. Za ta istraživanja korišćeni su ljetni praznici, kada sam se redovito vraćao u Zagreb, pa stoga nisu mogla obuhvatiti cio hod transpiracije biljaka u toku vegetacijske periode. Bit će stoga potrebno proučavanja proširiti na čitavu godinu i na još veći broj speciesa. Posebnu pažnju zaslužuju izučavanja transpiracijske sposobnosti i hoda transpiracije glavnih predstavnika biljnih zadruga, te raznih sorata kulturnog bilja u litoralnoj i kontinentalnoj Hrvatskoj. S obzirom na to što naša istraživanja predstavljaju prvi prilog poznavanju transpiracijske sposobnosti i hoda transpiracije, odlučili smo rezultate objaviti. Oni se odnose na neke pretežno kulturne biljke s prirodnog područja *Querceto-Carpinetum croaticum erythronietosum* Horv., te na prirodnu vegetaciju s područja *Fagetum croaticum abietetosum* Horv.

Metodika i pokusne biljke

Veličina transpiracije lišća određivana je momentanom metodom po Stockeru (1929), a vrijednosti T_r izražavane u miligramima iztranspirirane vode na 1 g svježe tvari lišća za jednu minutu ($mg/g/1'$). Mjerenja su vršena pomoću Hartmann-Braunove torziona vage, i to od 8—18 sati ili od 6—18 sati, svaka dva sata.

Prva skupina opažanja odnosi se na neke fanerofite što rastu u prirodnom području *Querceto-Carpinetum croaticum erythronietosum* Horv. na umjereno podzoliranim, jako fertiliziranim tlima brežuljkastog terena zagrebačke diluvijalne terase, u nadm. visini od cca 220 m, eksp. W, inkl. 3—4°. To su poimence *Prunus armeniaca*, *Pirus communis*, *Prunus domestica*, *Pirus malus*, *Syringa vulgaris* i *Sambucus nigra*, dakle pretežno kulturne i ukrasne biljke.

Na Zagrebačkoj gori, u blizini doma Runolist, istraživani su neki predstavnici prirodne vegetacije zajednice *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* Horv., na padinama skeletoidnih tala, u visini od ca 900 m, eksp. SW, inkl. 5—15°, i to *Fagus silvatica* L., *Abies alba* Mill., *Acer pseudoplatanus* L., *Ulmus scabra* Mill., *Sambucus nigra* L. i *Corylus avellana* L.

U toku mjerenja Tr određivana je temperatura uzduha u visini onog dijela krošnje s kojega je uzimano lišće.

Valja napomenuti da je za vrijeme svakog pokusnog niza lišće uzimano s istog mjesta krošnje, te s iste ekspozicije. Pri tome se pazilo da veličina lišća bude približno jednaka.

Uporedo s transpiracijom određivano je i stanje stoma infiltracionom metodom pomoću etilalkohola i ksilola. Prema tome da li se nakon stavljanja kapljica infiltracione tekućine pojavljuju na lišću tamne tačkice ili ne, kao i prema čestini tačkica, zaključuje se o stupnju otvorenosti stoma. Ako nema infiltracije ni sa ksilolom, zaključujemo da su stome zatvorene. Način ocjene stupnja infiltracije navest ćemo prilikom opisa prvog niza opažanja.

Dnevni hod transpiracije u Zagrebu

Transpiracija je mjerena 3. i 29. VIII 1962. svaka dva sata od 8—18 sati, na po dva približno jednaka lista.

3. VIII dan je bio vedar, bez vjetera, a temperature su se kretale ovako:

u 8 sati	.....	22° C
10	.....	24°
12	.....	28°
14	.....	30°
16	.....	31,5°
18	.....	29°

Hod transpiracije u pojedinim speciesa dade se razabrati iz podataka u tabeli I.

Vrijednosti Tr, predočene u tabeli, nedvojbeno pokazuju da postoji izvjestan periodicitet u intenzitetu transpiracije koji je u svih istraživanih speciesa više-manje analogan: veličina transpiracije trajno raste od jutarnjih sati prema podnevu, da bi maksimum postigla oko 14 sati, s iznimkom kod *Syringa vulgaris*, u kojega je maksimum postignut već u podne, i kod *Prunus armeniaca*, gdje je maks. Tr zabilježen između

Tabela I

Species	Veličina transpiracije u Tr-Werte in mg/g/1'					
	8	10	12	14	16	18 h
<i>Prunus armeniaca</i>	2,8	8,1	9,5	13,2	13,9	5,4
<i>Pirus communis</i>	3,8	7,5	10,2	13,7	12,4	8,6
<i>Prunus domestica</i>	4,3	8,8	9,4	10,3	6,8	2,8
<i>Pirus malus</i>	2,5	7,9	10,7	10,5	8,7	5,2
<i>Syringa vulgaris</i>	2,5	8,3	16,2	8,8	9,0	3,3
<i>Sambucus nigra</i>	4,0	8,4	5,6	9,5	7,6	2,3

14 i 16 sati. Nakon 16^h transpiracija se smanjuje i postizava u 18 sati vrijednosti prilično niske, tek nešto veće nego u 8^h. Samo kod *Prunus domestica* i *Sambucus nigra* kasne popodnevnne Tr-vrijednosti bile su niže od ranih jutarnjih.

Promjene temperature u toku dana ne bi mogle objasniti razlike u veličini transpiracije, jer su npr. Tr-vrijednosti u 10 sati bile obično mnogo veće nego u 18 sati, iako je temperatura uzduha u 10^h bila niža. Razlike u veličini transpiracije uvjetovane su, vjerovatno, u prvom redu razlikama u intenzitetu svjetla i relativnoj zasićenosti zraka vodenim parama, te stanjem stoma. Na žalost, nismo imali mogućnost da odredimo vrijednosti prvih dvaju faktora.

Ako pažnju obratimo Tr-vrijednostima pojedinih speciesa (tab. I), lako ćemo se uvjeriti da je maksimum transpiracije zabilježen kod *Syringa vulgaris* (16,2 mg/g/1'), a minimum kod *Sambucus nigra* (2,3 mg/g). Kada bismo srednju dnevnu vrijednost transpiracije pokušali izraziti na osnovu vrijednosti predočenih u tabeli, onda bi ona za pojedine speciese iznosila:

<i>Prunus armeniaca</i>	8,8 mg/g/1'
<i>Pirus communis</i>	9,3
<i>Prunus domestica</i>	7,0
<i>Pirus malus</i>	7,5
<i>Syringa vulgaris</i>	8,0
<i>Sambucus nigra</i>	6,2

Odavde bi se moglo zaključiti da je relativno najjače transpirirao *Pirus comunis*, a najslabije *Sambucus nigra*. Razlike iznose do 33%.

Zanimljivi su i podaci o stanju stoma u toku dana. Stupanj infiltracije etilalkohola i ksilola izražavan je vrijednostima od 0 do 5, i to na ovaj način:

0	nema infiltracije
1	veoma slaba infiltracija
2	slaba
3	osrednja
4	jaka infiltracija
5	vrlo jaka

U tabeli II prva vrijednost predstavlja infiltraciju alkohola, a druga ksilola.

Tabela II

Species	Stanje stoma — Stomatazustand					
	8	10	12	14	16	18 h
<i>Prunus armeniaca</i>	0—2	2—3	2—3	3—4	3—4	1—2,5
<i>Pirus communis</i>	2—3	3—4	3—4	4—5	4—5	3—4
<i>Prunus domestica</i>	1—2,5	2—3	2,5—4	3—4	2—3	1—2
<i>Pirus malus</i>	2—3	3—4	4—5	4—5	4—5	2,5—4
<i>Syringa vulgaris</i>	2—3,5	3—4	4—5	4—5	3—4	2—3
<i>Sambucus nigra</i>	3—4	3—4	4—5	4—5	4—5	2,5—4

Usporedimo li stanje stoma s veličinom transpiracije u razno doba dana lako ćemo konstatirati da se maksimalne vrijednosti transpiracije poklapaju uglavnom s maksimalnom otvorenosti, a minimalne sa stanjem najslabije otvorenosti stoma. Dalje je vidljivo da različiti speciji kod jednake otvorenosti stoma iztranspiriraju različite količine vode.

29. VIII ponovljeno je mjerenje transpiracije kao i stanja atoma. Valja napomenuti da su se u to vrijeme pokusni fanerofiti prilično razlikovali u pogledu njihove životne aktivnosti. *Prunus armeniaca* i *Prunus domestica* (bjelica) uglavnom su već obustavile rast lišća, ali su razvijale pupove. *Pirus communis* i *Pirus malus* zaobljene su intenzivnom asimilacijom i tvorbom plodova, *Syringa vulgaris* tvorbom pupova, a *Sambucus nigra* još je produživao vegetativni rast.

29. kolovoza dan je bio vruć od jutra sve do večeri; temperatura se kretala od 20° do 29° C kao što se vidi iz ovih podataka:

u 8 ^h	20° C
10	21,5°
12	25,5°
14	29°
16	28°
18	25°

Intenzitet svjetla i relativna vlažnost uzduha nisu određivani. Može se samo reći da je dan bio sparan, a pokusne biljke nalazile su se pretežno osvijetljene poludifuznim do difuznim svjetlom. Hod transpiracije vidi se iz tabele III.

Kao što proizlazi iz tabele III, i u kasno ljeto 1962. godine mogao se konstatirati izvjestan periodicitet u veličini transpiracije kod svih istraživanih specija, iako su vrijednosti Tr bile znatno manje nego početkom kolovoza. Maksimumi transpiracije bili su između 12 i 16 sati, a minimumi obično u 18 sati. Apsolutni minimum zabilježen je kod *Sambucus nigra* (0,6 mg/g/1') u 18^h, a maksimum kod *Pirus communis* (12,1 mg/g/1') u 14 sati.

Tabela III

Species	Veličina transpiracije u Tr-Werte in mg/g/l'					
	8	10	12	14	16	18 h
<i>Prunus armeniaca</i>	3,7	4,3	5,9	4,3	6,3	3,3
<i>Pirus communis</i>	3,8	6,1	8,1	12,1	7,8	3,6
<i>Prunus domestica</i>	4,2	5,0	7,4	5,9	6,1	2,3
<i>Pirus malus</i>	2,4	3,2	5,0	4,2	6,3	2,7
<i>Syringa vulgaris</i>	3,5	4,6	6,4	6,2	6,9	1,4
<i>Sambucus nigra</i>	2,8	3,1	4,0	3,6	3,3	0,6

Temperaturne razlike u toku dana ne bi mogle objasniti razlike u intenzitetu transpiracije; to se vidi po tome što je temperatura zraka u 18^h bila veća, a Tr-vrijednosti obično manje nego u 8^h.

Srednje vrijednosti transpiracije od 8—18 sati iznosile su kod

<i>Prunus armeniaca</i>	4,6 mg/g/l' (Mittl.
<i>Pirus communis</i>	8,1 Tageswerte)
<i>Prunus domestica</i>	5,1
<i>Pirus malus</i>	3,9
<i>Syringa vulgaris</i>	4,8
<i>Sambucus nigra</i>	2,9

Zanimljivo je da je *Pirus communis* i u kasno ljeto pokazivao najveću srednju dnevnu vrijednost transpiracije, a *Sambucus nigra* najmanju. Po tome bi se moglo zaključiti da se radi o razlikama o transpiracionoj sposobnosti specijesa. *Prunus armeniaca* i *Pirus malus* reducirale su transpiraciju za oko 48%, slično i *Syringa vulgaris*, dok je *Sambucus* snizio transpiraciju za oko 55%.

U tabeli IV predočene su razlike u stanju stoma pojedinih specijesa.

Tabela IV

Species	Stanje stoma — Stomatazustand					
	8	10	12	14	16	18 h
<i>Prunus armeniaca</i>	0—1	1—2	1—2,5	1—2	2—2,5	0—1
<i>Pirus communis</i>	2—3	3—4	4—5	4—5	3—4	2—3
<i>Prunus domestica</i>	2—3	3—4	3—4	3—4	2,5—3,5	2—3
<i>Pirus malus</i>	1,5—2,5	2—3	3—4	3—4	3—4	1,5—2,5
<i>Syringa vulgaris</i>	2—3	3,5—5	3,5—5	3—5	2—3,5	1—2,5
<i>Sambucus nigra</i>	2—3	3—4	3—4	3—4	2—3	1—2

Nema sumnje da stanje stoma, tj. stupanj njihove otvorenosti, ima izvjestan utjecaj na veličinu transpiracije. Tako su *Prunus armeniaca*, *Pirus malus*, *Syringa vulgaris* i *Sambucus nigra* imali manje otvorene

stome potkraj ljeta nego početkom kolovoza, pa je i njihova transpiracija bila tada znatno slabija. Osim toga, stome su kod *Pirus communis* bile samo nešto manje otvorene krajem kolovoza, pa je i transpiracija bila samo za oko 13% slabija nego početkom istog mjeseca. Iznimku čini *Prunus domestica* čije su stome potkraj kolovoza bile čak nešto otvorenije, a transpiracija ipak slabija. Treba napomenuti da je lišće *Prunus domestica* prilikom drugog mjerenja Tr pokazivalo smanjenu elastičnost i ponešto kseromorfan karakter, pa je valjda smanjena i kutikularna transpiracija; to je moglo doći do izražaja u vrijednostima totalne transpiracije.

Nema sumnje da su pored fizioloških faktora, a naročito povećanja deficita vlažnosti lišća, još i smanjenje intenziteta insolacije, a vjerovatno i povećana relativna vlažnost zraka, odgovorni za sniženje intenziteta transpiracije.

Dnevni hod transpiracije u Zagrebačkoj gori

Početkom druge dekade kolovoza 1962. obavljena su prva mjerenja transpiracije nekih fanerofita iz zajednice *Fagetum silvaticae abietetosum* na Zagrebačkoj gori. Dan 11. VIII bio je prilično vedar, a vjetar slab. Temperatura i relativna vlažnost zraka kretale su se od 6 sati u jutro do 18 sati ovako:

Vrijeme mjerenja Tageszeit	t °C	relativna vlažnost u % relat. Luftfeuchtigkeit
6 ^h	14,9	71
8	15	65
10	16	65
12	19,4	63
14	21	61
16	19,1	69
18	18,1	69

Hod transpiracije pojedinih speciesa vidi se iz tabele V.

Tabela V

Species	Veličina transpiracije u Tr-Werte					mg/g/l'	
	6	8	10	12	14	16	18 h
<i>Fagus silvatica</i>	0,9	0,9	2,9	3,5	2,2	1,0	1,0
<i>Abies alba</i>	0,8	0,5	1,9	2,1	2,4	0,5	0,4
<i>Acer pseudo-platanus</i>	1,0	1,0	4,4	3,8	2,6	2,4	1,0
<i>Ulmus scabra</i>	1,6	1,9	4,2	2,3	2,5	2,1	1,9
<i>Sambucus nigra</i>	3,3	3,1	6,8	3,0	4,5	2,1	1,1
<i>Corylus avellana</i>	3,7	3,1	6,6	2,8	1,8	1,5	1,0

Iako je intenzitet insolacije bio na dan mjerenja Tr-vrijednosti nešto slabiji i kolebljiviji nego početkom kolovoza, kada su obavljena prva mjerenja u Zagrebu, ipak se i ovdje vidi izvjestan periodicitet u veličini transpiracije: Tr pokazuje niske vrijednosti u rane jutarnje sate, sve do 8 sati, a zatim naglo raste i kod većine fanerofita postizava dnevni maksimum oko 10 sati. Samo kod *Fagus silvatica* maksimum je zabilježen u 12, a kod *Abies alba* tek u 14 sati. U 16 sati vrijednosti Tr osjetljivo se smanjuju, da bi oko 18 sati postigle visinu onih iz ranih jutarnjih sati ili još nižu. Maksimalna vrijednost transpiracije zabilježena je kod *Sambucus nigra* 6,8 mg/g/1 (u 10 sati), a minimalna kod *Abies alba* 0,4 mg/g/1 (u 18 sati). Kao što vidimo, maksimalne i minimalne vrijednosti transpiracije istraživanih fanerofita Zagrebačke gore znatno su manje nego u fanerofita zagrebačke diluvijalne terase. Značajno je također da su maksimumi transpiracije postignuti obično prije podne, dakle u vrijeme kada je temperatura bila niža, a relativna vlažnost zraka viša nego od 12—14 sati.

Ako srednju dnevnu vrijednost transpiracije izrazimo na osnovu podataka predočenih u tabeli V, onda proizlazi da je kod pojedinih speciosa iznosila ovoliko:

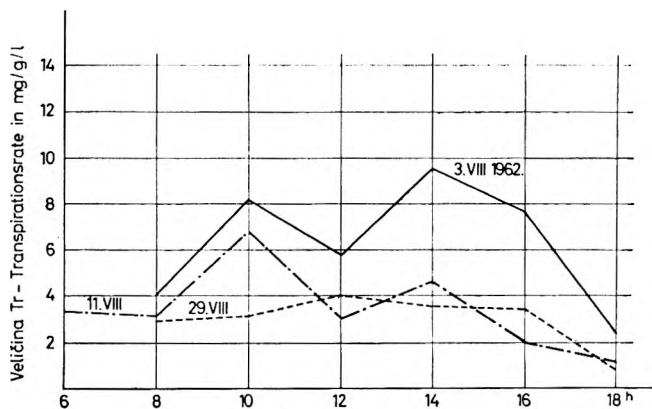
<i>Fagus silvatica</i>	1,9 mg/g/1'	<i>Ulmus scabra</i>	2,3 mg/g/1'
<i>Abies alba</i>	1,2	<i>Sambucus nigra</i>	3,4
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2,3	<i>Corylus avellana</i>	2,9

Srednje vrijednosti transpiracije bile su, dakle, na Zagrebačkoj gori na dan 11. VIII 1962. veoma niske, a znatno niže nego u fanerofita zagrebačke terase. *Sambucus nigra* čini iznimku; veličina njegove Tr iznosila je nešto više nego na zagrebačkoj terasi krajem kolovoza, a samo dva puta manje nego početkom kolovoza (vidi dijagram 1).

DNEVNI HOD TRANSPIRACIJE - TAGESGANG DER TRANSPIRATION

Sambucus nigra

Zagrebačka terasa ——— Zagrebačka gora - - - -



Dijagram 1.

Baš zato što ovaj fanerofit raste na zagrebačkoj terasi i na Zagrebačkoj gori, on ima u ovim istraživanjima posebno značenje: omogućuje poređivanje i uočavanje genetskih razlika biljaka s obzirom na transpiracijsku sposobnost. Tako je od svih istraživanih fanerofita zagrebačke terase pokazivao najmanju transpiracijsku sposobnost, a na Zagrebačkoj gori najveću, tj. znatno veću nego ostale latifolije, a preko dva i po puta veću nego *Abies alba*. Niske transpiracijske vrijednosti konstatirane kod bukve, jele, javora, brijesta i lijeske očigledno su posljedica ne samo nepovoljnijih ekoloških uvjeta već i njihove genetski uvjetovane transpiracijske sposobnosti.

Kod latifolija određivano je i stanje stoma, pa su utvrđene vrijednosti predočene u tabeli VI.

Tabela VI

Species	Stanje stoma — Stomatazustand						
	6	8	10	12	14	16	18 h
<i>Fagus silvatica</i>	0—0	0—1	1—2	1—3	1—2,5	0—1	0—1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0—0	0—0	1—3	1—3	0,5—2	0,5—2	0—1
<i>Ulmus scabra</i>	0—0	0—1	1—3	1—2	1—2	1—2	0—1
<i>Sambucus nigra</i>	1—2	1—2	3—5	1,5—4	2—4	1—3	0—2
<i>Corylus avellana</i>	1—2	1—2	3—4	1—3	1—2	0—1	0—1

U većine istraživanih speciesa stome su bile u toku dana prilično slabo otvorene, a kod nekih u rane jutarnje sate zatvorene. Iznimku čine *Sambucus nigra* i *Corylus avellana*, kojih su stome bile slabo otvorene već u 6 sati ujutro, a u 10 sati kod *Sambucus* potpuno i kod *Corylus* jako otvorene. Zanimljivo je da su bukva, javor i brijest imali stome zatvorene od 6 sati ujutro sve do 8 sati. Nakon 8 sati otvorenost stoma se povećala, te je bila umjerena do slaba između 10 i 12 sati, a zatim slaba do vrlo slaba do 16 sati. U 18 sati stome većine istraživanih fanerofita bile su gotovo sasvim zatvorene. *Corylus avellana* zatvorio je stome već oko 16^h, dok ih je u ranim jutarnjim satima imao slabo otvorene. Na osnovu Tr-vrijednosti dobivenih za vrijeme zatvorenosti stoma možemo zaključivati o veličini kutikularne transpiracije. Tako proizlazi da je veličina kutikularne transpiracije iznosila u rane jutarnje sate kod *Fagus silvatica* oko 0,9, kod *Acer pseudoplatanus* 1,0, a kod *Ulmus scabra* 1,6 mg/g/1'. Računamo li da su u toku 12 noćnih sati stome tih fanerofita zatvorene, iznosila bi ukupna količina iztranspirirane vode u toku noći kod

g vode na 1 g lišća

<i>Fagus silvatica</i>	0,648
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,720
<i>Ulmus scabra</i>	1,152

O s v r t

Iako su mjerenja transpiracije bila ograničena samo na jedan mjesec u godini 1962, ipak su pružila prvi uvid u dnevni hod transpiracije nekih značajnih speciesa s prirodnog područja asocijacija *Querceto-Carpinetum croaticum erythronietosum* i *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum*, dakle dvaju vertikalnih zona istog geografskog područja. Istraživanja jasno pokazuju da je intenzitet transpiracije u obje ove zone različit zahvaljujući nejednakim fizičkim uvjetima transpiracije kao i genetski uvjetovanim sposobnostima speciesa. Ako srednje dnevne Tr-vrijednosti dobivene u mg/g/1' preračunamo na 10-satni danji period, i izrazimo u gramima iztranspirirane vode na jedan gram svježe biljne tvari, proizlazi da su pojedini speciesi zagrebačke diluvijalne terase iztranspirirali:

	3. VIII	29. VIII
	g H ₂ O na 1 g svježe tvari za 10 sati (g/g/10 Stunden)	
<i>Prunus armeniaca</i>	5,28	2,76
<i>Pirus communis</i>	5,51	4,80
<i>Prunus domestica</i>	4,20	3,06
<i>Pirus malus</i>	4,50	2,34
<i>Syringa vulgaris</i>	4,80	2,85
<i>Sambucus nigra</i>	3,72	1,74

Na početku kolovoza iztranspirirali su ovi fanerofiti za 10 sati 3,7—5,5 puta više vode nego što iznosi težina svježe tvari lišća, a na 29. VIII 1,7—4,8 puta više od težine lišća.

Ako pažnju obratimo istraživanim fanerofitima Zagrebačke gore, upada u oči znatno slabiji potrošak vode za 12-satni danji period nego na zagrebačkoj terasi za 10 sati transpiracije. Tako je lišće pokusnih biljaka na Zagrebačkoj gori iztranspiriralo od 6—18 sati (11. VIII) ove količine vode:

	g H ₂ O na 1 g svježe tvari lišća za 12 sati (g/g/12 Stunden)
<i>Fagus silvatica</i>	1,40
<i>Abies alba</i>	0,86
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1,65
<i>Ulmus scabra</i>	1,65
<i>Sambucus nigra</i>	2,50
<i>Corylus avellana</i>	2,09

S obzirom na to što su to prva istraživanja transpiracije u nutarnoj kontinentalnoj Hrvatskoj, nije moguće vršiti bilo kakva upoređenja s drugim speciesima tog područja.

Kao što je uvodno napomenuto, postoje samo podaci za područje hrvatskog krša, što su ih dobile Steubing i Wilmanns; one su u kolovozu 1960. određivale dnevni hod transpiracije nekih speciesa *Centauretuma*, *Scorzoneretuma* i *Chrysopogonetuma*, i to na Plišu (710 m) ispod Gornjeg Jelenja kod predstavnika prvih dvaju asocijacija, a iznad Trsata (270 m) kod predstavnika *Chrysopogonetuma*. Mjerenja su vršena od 9—17 sati.

Krivulje transpiracije pokazuju ponajčešće izvjestan uspon od prvog jutarnjeg mjerenja prema podnevu, i to u svim asocijacijama (iznimku čini *Juniperus oxycedrus*), a zatim spuštanje sve do relativnog minimuma oko 17 sati. Budući da su mjerenja vršena u kolovozu (kao i naša) i za vedroga dana, vrijedno je spomenuti maksimalne vrijednosti Tr. U *Centauretumu* najviši dnevni maksimum transpiracije pokazivala je *Genista silvestris* (oko 2,4 mg/g/1'), a najniži *Satureja subspicata* (1 mg/g/1'). U *Scorzonoretumu* najveći maksimum transpiracije zabilježen je kod *Salvia bartolonii* (2,9 mg/g/1'), a najniži kod *Lathyrus pannonicus* (1,2 mg/g/1'). Najveći maksimum transpiracije u *Chrysopogonetumu* konstatiran je kod *Salvia officinalis* (5,0 mg/g/1'), a najniži kod *Carex humilis* (0,5 mg/g/1'). Najveća transpiracija bila je kod predstavnika *Chrysopogonetuma*. Zanimljive su i vrijednosti dobivene za neke fanerofite s područja *Chrysopogonetuma*. Dnevni maksimum iznosio je npr. kod *Pinus halepensis* oko 2,6, *Fraxinus ornus* 4,5, *Carpinus orientalis* 3,5 i *Ostrya carpinifolia* 1,8 mg/g/1'.

Usporedimo li sada ove vrijednosti s Tr-vrijednostima dobivenim u Zagrebu, vidimo da su bile nekoliko puta manje od Tr-vrijednosti fanerofita zagrebačke terase početkom kolovoza, gdje su se maksimumi kretali od 9,5—16,2 mg/g/1', a osjetljivo manje od maksimuma Tr istih speciesa krajem kolovoza (5,0—12,1 mg/g/1'), s izuzetkom *Sambucus nigra*.

Ako vrijednosti Tr što su ih dobile Steubing i Wilman ns usporedimo s našim vrijednostima dobivenim kod različitih predstavnika asocijacije *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum*, vidjet ćemo da dnevni maksimumi transpiracije leže mnogo bliže maksimumima speciesa *Chrysopogonetuma*, tj. kreću se od 2,4—6,8 mg/g/1'.

Zanimljivo je još usporediti naše srednje dnevne vrijednosti Tr s istim vrijednostima dobivenim za neke fanerofite u srednjoevropskim prilikama što ih donose Pisek i Cartellieri za okolicu Innsbrucka, te Polster za Tharandt:

	Srednje dnevne vrijednosti — Mittler. Tageswerte — Tr u mg/g/1'		
	Pisek i Cartellieri	Polster	Gračanin
<i>Betula verrucosa</i>	15,3	14,3	—
<i>Fagus silvatica</i>	3,8	7,2	1,9
<i>Picea excelsa</i>	2,8	1,9	—
<i>Abies alba</i>	—	—	1,2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	—	—	2,3
<i>Corylus avellana</i>	—	—	2,9
<i>Sambucus nigra</i>	—	—	3,4

Kao što vidimo, *Fagus silvatica* iztranspirirao je u Zagrebačkoj gori znatno manje nego u pokusima austrijskih i njemačkog autora. To jamačno treba pripisati u prvom redu činjenici da se naše vrijednosti odnose samo na jedan dan u kolovozu, a Polsterove na srednje vrijednosti duljeg dijela vegetacijske periode (26. VI—25. VIII). Ipak je značajno da je njegova minimalna prosječna dnevna vrijednost Tr za *Fagus silvatica* iznosila 5,04 mg/g/1' (19. VIII); bila je, dakle, znatno veća od srednje vrijednosti što su je dobili Pisek i Cartellieri.

Možda je interesantno usporediti naše srednje vrijednosti transpiracije s vrijednostima što su ih dobili Gračanin i Grupče za neke fanerofite Skopja:

	Srednje dnevne vrijednosti Tr		
	Mittlere		Relat.
	Tageswerte mg/g/1'	min.		maks.
	17. VIII 1962.		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2,50	0,9	15,2
<i>Ailanthus glandulosa</i>	6,31	0,7	19,3
<i>Celtis australis</i>	5,56	1,3	19,1
<i>Fraxinus ornus</i>	4,53	1,4	10,1
<i>Eleagnus angustifolius</i>	6,65	2,2	18,7

Na 29. VIII iste godine srednje dnevne vrijednosti transpiracije iznosile su na zagrebačkoj terasi od 2,9—8,1 mg/g/1'; bile su, dakle, podjednake Tr-vrijednostima skopskih fanerofita na 17. VIII.

Uspješno uspoređivanje Tr-vrijednosti da bi se utvrdile genetske razlike speciesa, kao i uloga ekoloških faktora, jedva je moguće već na osnovu dosadanih istraživanja. Bit će potrebno određivati transpiracijsku sposobnost speciesa uz jednake vanjske uvjete u toku čitave vegetacijske periode, da bi se dobila realna slika te sposobnosti. Posebnu pažnju treba pokloniti izučavanju veličine i hoda transpiracije biljnih zajednica, te različitih sorata kulturnog bilja.

Zaključci

1. Ovim radom dan je prvi uvid u veličinu i hod transpiracije nekih fanerofita u prirodnim područjima asocijacija *Querceto-Carpinetum croaticum erythronietosum* Horv. na području Zagreba i *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* Horv. na Zagrebačkoj gori.

2. U području *Querceto-Carpinetum* transpirirali su *Prunus armeniaca*, *Pirus communis*, *Prunus domestica*, *Pirus malus*, *Syringa vulgaris* i *Sambucus nigra* početkom kolovoza od 6,2—9,3 mg/g/1, a krajem kolovoza od 2,9—8,1 mg/g/1. Početkom druge dekade istog mjeseca u *Fagetum silvaticae* transpirirali su *Fagus silvatica*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus scabra*, *Sambucus nigra* i *Corylus avellana* u granicama od 1,9 do 2,9 mg/g/1, dakle znatno manje nego fanerofiti na zagrebačkoj terasi.

3. Za 10 danjih sati izgubili su fanerofiti zagrebačke terase početkom kolovoza 3,7—5,5 puta, a krajem kolovoza 1,7—4,8 puta toliko vode koliko iznosi težina svježe tvari njihova lišća. Naprotiv, fanerofiti Zagrebačke gore iztranspirirali su na svaki gram svježe tvari lišća samo 0,86 do 2,5 g vode.

4. Dnevni hod transpiracije pokazuje kod svih izučavanih fanerofita izvjestan periodicitet, uvjetovan prvenstveno promjenom intenziteta vanjskih faktora (temperature, relat. vlažnosti uzduha i osvjetljenja), ali i faktorima fiziološkim. Različiti speciasi postizavali su maksimum transpiracije u različito vrijeme, no obično od 10—16 sati.

5. Dnevni maksimumi transpiracije podudaraju se obično s maksimumima otvorenosti stoma, a minimumi Tr sa stanjem maksimalne zatvorenosti. Ima i iznimaka. Smanjena transpiracija *Prunus domestica* potkraj kolovoza u vezi je s pojavom kseromorfnosti lišća i time uvjetovanim smanjenjem kutikularne transpiracije; to je našlo odraza i u smanjenju totalne transpiracije i onda kada su stome bile prilično otvorene.

6. Kutikularna transpiracija određena u rane jutarnje sate, kada su stome bile zatvorene, iznosila je kod *Fagus silvatica* 0,9, *Acer pseudo-platanus* 1,0, i *Ulmus scabra* 1,6 mg/g/1; to upućuje na značenje kutikularne transpiracije kod ovih speciesa. Kod *Ulmus scabra* kutikularna transpiracija bila je veća od totalne transpiracije *Abies alba*.

7. Bit će potrebno izučavati dnevni hod transpiracije u toku čitave vegetacijske periode, jer se samo tako može dobiti realna slika sposobnosti speciesa da gospodare vodom staništa.

Literatura

1. Gračanin M. i Grupče Lj., 1964: Veličina i hod transpiracije nekih speciesa u prirodnim uvjetima Botaničke bašče na Gazibabi (Skopje). Acta Musei Macedonici Scientiarum Naturalium, IX, 5, 75—116, Skopje.
2. Huber B., 1924: Die Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanze. Jahrb. f. wiss. Botanik, 64, 1—120.
3. Leyerer G. u. Stocker O., 1961: Über die Transpiration der Rutengewächse. Flora, 151, 1—43, Jena.
4. Oppenheimer H., 1932: Zur Kenntnis der hochsommerlichen Wasserbilanz mediterranen Gehölze. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 50a, 185—245.
5. Pisek A. u. Cartellieri E., 1931: Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanze. I. Sonnenpflanzen. Jahrb. f. wiss. Botanik, 75, 195—251.
6. Pisek A. u. Cartellieri E., 1932: II. Schattenpflanzen, Ibid., 75, 643—678.
7. Pisek A. u. Cartellieri E., 1939: IV. Bäume und Sträucher, Ibid., 88, 22—68.
8. Pisek A. u. Cartellieri E., 1941: Wasserverbrauch einiger Pflanzenvereine, Ibid., 90, 255—291.
9. Pisek A., 1954: L'utilisation de l'eau par la végétation dans un climat tempéré. Colloque sur les régions écologiques du globe. Paris. 285—294.
10. Pisek A., 1956: Der Wasserhaushalt der Meso- und Hygrophyten. Handbuch der Pflanzenphysiologie, III, 825—853.
11. Polster H., 1950: Die physiologischen Grundlagen der Stoffezeugung im Walde. München.
12. Stocker O., 1923: Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschr. f. Botanik 15, 1—41.
13. Stocker O., 1929: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpiration und Evaporationsgrösse. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell. 47, 126—131.
14. Stocker O., 1933: Untersuchungen in der ungarischen Alkalisteppe. Jahrb. f. wiss. Botanik, 78, 751—856.
15. Steubing L. u. Wilmanns O., 1962: Wasserhaushaltuntersuchungen in Rasengesellschaften des kroatischen Karstgebietes. Ztsch. f. Botanik, 50, 34—51.
16. Walter H., 1925: Wasserhaushalt der Pflanzen in quantitativer Betrachtung. Freising-München.
17. Walter H., 1951: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, I. Standortslehre. Stuttgart.
18. Walter H., 1956: Die heutige ökologische Problemstellung und der Wettbewerb zwischen den mediterranen Hartlaubvegetation und den sommergrünen Laubwäldern. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell. 69, 263—273.

ZUSAMMENFASSUNG

EIN BEITRAG ZUR KENNTNIS DER GRÖSSE UND DES TAGESGANGES DER TRANSPIRATION EINIGER PHANEROPHYTEN VON ZAGREB UND ZAGREBAČKA GORA

M. Gračanin

Die Grösse und der Tagesgang der Transpiration einiger Phanerophyten wurden im Bereich von *Querceto-Carpinetum croaticum erythronietosum* Horv. auf zagreber dilluvialer Terrasse (etwa 220 M. Höhe) und im *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* Horv. in Zagrebačka gora (900 M. Höhe) untersucht. Zagreb liegt in einem humiden, mässig warmen Klimagebiet mit 900 mm Jahresniederschlägen und mittlerer Jahrestemperatur von 11,2° C. Das Klima von Zagrebačka gora ist humid bis perhumid und zeigt in der Höhe von 1000 M eine mittlere Jahrestemperatur von 6,4 °C. Die Untersuchungen in Zagrebačka gora wurden nur auf den Vertretern der natürlichen Vegetation (*Fagus silvatica*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus scabra*, *Sambucus nigra* und *Corylus avellana*) die Messungen auf zagreber Terrasse dagegen vornehmlich an kultivierten Phanerophyten (*Prunus armeniaca*, *Pirus communis*, *Prunus domestica*, *Pirus malus*, *Syringa vulgaris* und *Sambucus nigra*) vorgenommen.

Die Messungen der Transpiration wurden nach der Momentanmethode von Stocker (1929) mittels der Hartmann-Braun'schen Torsionswaage ausgeführt. Gleichlaufend mit der Transpiration wurde auch der Zustand der Stomata nach der Infiltrationsmethode (mit Alkohol und Xylol) festgestellt und in relativen Werten ausgedrückt.

Die wichtigsten Ergebnisse sind in den Tabellen I—VI zusammengestellt. Sie beziehen sich auf die am 3. und 29. August 1962 im Obstgarten und am 11. August in Zagrebačka gora ermittelten Werte.

Obwohl diese Messungen nur in einem Sommermonat ausgeführt wurden, führten sie zu interessanten Ergebnissen; sie stellen auch den ersten Beitrag zur Kenntnis des Transpirationsganges der Phanerophyten im inneren kontinentalen Teil Kroatiens vor.

Bei allen untersuchten Pflanzenarten konnte eine gewisse Regelmässigkeit in der Änderung der Transpirationsrate im Laufe des Tages konstatiert werden: die Transpirationswerte stiegen von den frühen Morgenstunden zu und erreichten gewöhnlich gegen Mittag oder um 14 Uhr, seltener auch gegen 16 Uhr, ihr Maximum; dann sinken sie allmählich ab um gegen 18 Uhr ein zweites Minimum zu zeigen.

Am 3. August konnte im Bereich von *Querceto-Carpinetum* ein maximaler Tr-Wert von 16,2 mg/g/1' bei *Syringa vulgaris* und ein minimaler von 2,3 mg/g/1' bei *Sambucus nigra* verzeichnet werden. Der Tagesgang der Transpiration einzelner Phanerophyten ist aus der Tabelle I, die mittleren Tageswerte der Transpiration auf der Seite 9, leicht zu erfassen. Durch höchste mittleren Tageswerte der Tr zeichnete sich *Prunus communis* (9,3 mg/g/1') und durch minimale *Sambucus nigra* (6,2, g/g/1') aus.

Am 29. August ist im allgemeinen eine Drosselung der Transpiration in Verhältnis zur Transpiration von Anfang August, wahrzunehmen (Tab. III). Der Höchstwert der Tr wurde wiederum bei *Pirus communis* (12,1 mg/g/1'), und der minimale Wert bei *Sambucus nigra* (0,6 mg/g/1') festgestellt. Die mittleren Tageswerte der Tr sind an der Seite 11 angegeben. Ende August haben, wie ersichtlich, *Prunus armeniaca* und *Pirus malus* ihre Gesamttranspiration um etwa 48%, und *Sambucus nigra* sogar um 55% reduziert.

Die Pflanzenarten im *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* zeigten am 11. VIII. bedeutend niedrigere Tr-Werte als die Phanerophyten der zagreber Terrasse anfangs August (Tabelle V). Durch höchsten mittleren Tageswert der Transpiration zeichnete sich hier *Sambucus nigra* (3,4 mg/g/1') und durch niedrigsten *Abies alba* (1,1 mg/g/1') aus.

Die Gesamttranspiration, bezogen auf die Tagesperiode von 10 Stunden, schwankte am 3. VIII zwischen 3,72 (*Sambucus nigra*) und 5,28 (*Pirus communis*), und am 29. VIII. zwischen 1,74 (*Sambucus nigra*) und 4,80 (*Pirus communis*) Gramm Wasser auf je ein Gramm Blatt-Frischgewicht.

Die Gesamttranspiration der Phanerophyten im *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum*, bezogen auf 12 Tagesstunden, zeigte am 11. VIII. bedeutend niedrigere Werte: sie schwankten zwischen 0,86 (*Abies alba*) und 2,5 g/g (*Sambucus nigra*).

Zwischen der Transpirationsrate und dem Stomatazustand besteht eine ziemlich gute Übereinstimmung: die Höchstwerte der Transpiration decken sich mit dem Maximum der Stomataweite.

Die Tr-Werte bei geschlossenen Stomata einiger Phanerophyten von Zagrebačka gora (*Fagus silvatica*, *Acer pseudoplatanus* und *Ulmus scabra*) weisen auf die Bedeutung der kutikulären Transpiration hin; in den frühen Morgenstunden schwankten diese von 0,9 (*Fagus silvatica*) bis 1,6 mg/g/1' (*Ulmus scabra*). Bei dieser letzten Pflanzenart hat die kutikuläre Transpiration die mittleren Tageswerte der Total-Tr von *Abies alba* übertroffen.

Die Herabsetzung der Transpiration Ende August ist bei *Prunus domestica* auch auf die zunehmende Xeromorphie der Blätter und dadurch bedingte Erniedrigung der kutikulären Transpiration zurückzuführen.

Neben physikalischen Faktoren sind auch die physiologischen (konstitutionellen) Eigenschaften der Pflanzenarten sowie ihre Entwicklungsdynamik beider Standorte für die Höhe der Tr-Werte und den Tagesgang der Transpiration verantwortlich.