



ECOLOGICAL WOOD ANATOMY OF SOME MAQUIS SPECIES NATURALLY GROW IN BOTH MEDITERRANEAN AND BLACK SEA REGIONS OF TURKEY

Cengiz Cihan¹, Ünal Akkemik^{2*}

¹General Directorate of Forestry, Regional Directorate of Artvin, Artvin-Turkey

^{2*}Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Forest Botany 34473 Bahçeköy –İstanbul, Turkey
uakkemik@istanbul.edu.tr

Abstract

Ecological wood anatomy is an important discipline to reveal the effects of growing conditions on wood formation. This study was performed to investigate wood anatomical changes of five different maquis elements growing in two different regions (*Arbutus andrachne* L., *Laurus nobilis* L., *Myrtus communis* L., *Phillyrea latifolia* L. and *Spartium junceum* L.). Total 30 wood samples, 3 from each species in one region, and total 15 from one region were collected and thin sections were prepared. After measuring vessel diameters, lengths and frequencies, mesomorphy, vulnerability and xeromorphy ratios were calculated. The mesomorphy ratios 26.03 in *A.andrachne*, 103 in *L.nobilis*, 21.76 in *M.communis*, 14.25 in *P.latifolia*, and 16.69 in *S.junceum* in the Mediterranean region, and these values 71.98, 255, 42.1, 27, and 60.68 in Black Sea region, respectively. The xeromorphy ratios 54.92 in *A.andrachne*, 14.91 in *L.nobilis*, 79.24 in *M.communis*, 98.08 in *P.latifolia*, and 50.84 in *S.junceum* in the Mediterranean region, and these values 28.96, 8.41, 47.27, 65.08 and 12.49 in Black Sea region, respectively. All values except *L.nobilis* revealed xeric conditions in both regions. However, in the Mediterranean region the conditions for *L.nobilis* are much more xeric than Black Sea region.

Keywords: Ecological wood anatomy, Mediterranean region, Black sea region, *Arbutus*, *Laurus*, *Myrtus*, *Phillyrea*, *Spartium*

INTRODUCTION

Ecological wood anatomy, which reflects the effects of growing site conditions on wood formation, is a very useful discipline to understand the growth of trees and some physiological process such as water transport, efficiency and conductance of water. After the first use of the term “ecological wood anatomy” in the years of 1970s, valuable studies (Carlquist 1977, 1988; Baas and Carlquist 1985; Fahn et al. 1986; Baas and Schweingruber 1987) were performed in different countries of the World. In Turkey important studies were also published regarding with ecological wood anatomy (Yaltrık 1971; Şanlı 1978; Erşen 1999; Erşen Bak 2006; Merev and Yavuz 2000; Serdar 2003; Yaman 2002; Akkemik et al. 2007). In some of these studies mesomorphy and vulnerability ratios (based on vessel length, tangential diameter of vessel and vessel

frequency) were calculated in species, genus or family level or for whole flora of a site (Carlquist 1977, 1982; Alves and Angyalossy-Alfonso 2000; Appelhans et al. 2012), in some others the effects of altitude and latitude were analysed (Baas 1973; Fahn et al. 1986).

In Turkey the first study subjected to wood formation and ecological site conditions was performed by Yaltrık (1971) on *Acer* L., and later Şanlı (1978) made a great study on *Fagus orientalis* Lipsky. In recent years this discipline is getting extended throughout Turkey and performed studies in species, genus or family levels (Erşen 1999; Erşen Bak 2006; Merev 1983; Güngördü 1986; Akkemik 1998; Efe 1998; Merev 1998; Gerçek et al. 1998; Erşen 1999; Kutbay et al. 1999; Merev and Yavuz 2000; Serdar 2003; Yaman 2002; Yaman and Sarıbaş 2004; Erşen Bak 2006; Akkemik et al. 2007). In spite of many studies were performed on

ecological wood anatomy, there is still a gap showing the effects of different conditions on wood formation in different elements of maquis, which is a vegetation type.

The purpose of this study is to investigate the differences in wood formations of the same five different maquis elements growing under the conditions of the Mediterranean and Black Sea Regions. With this study regional effects were revealed in maquis vegetation in two different regions.

MATERIAL AND METHODS

Characteristics of Sampled Sites

Research materials (wood samples) were taken from Termassus National Park-Antalya in the Mediterranean region and Abana-Kastamonu in Black Sea region (Figure 1).

Precipitation and temperatures of the sites were given and compared in Figure 2. Maximum temperatures are about 20°C, precipitation is more regular and distributes through the year in Black Sea region. On the contrary maximum temperature is about 30°C and precipitation is high during winter and early spring, and too low in summer (Figure 2).

The flora of these two study areas are about the similar. The general floristic structures and comparisons are given below:

Main elements in maquis vegetation of the Termassus National Park and some other species: *Pinus brutia* Ten. *Spartium junceum* L., *Cistus creticus* L., *Cistus salvifolius* L., *Arbutus andrachne* L., *Styrax officinalis* L., *Laurus nobilis* L., *Quercus coccifera* L., *Phillyrea latifolia* L., *Olea europaea* L., *Fontanesia phillyreoides* Labill. subsp. *phillyreoides*, *Rhus coriaria* L., *Rosa canina* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Pistacia terebinthus* L., *Acer sempervirens* L., *Asparagus acutifolius* L., and *Ruscus aculeatus* L. (Başaran 1994).

Main elements in maquis vegetation of Abana-Kastamonu and some other species: Pseudo-maquis of *Phillyrea latifolia*-*Laurus nobilis*-*Myrtus communis* L., *Rhamnus alaternus* L., *Myrtus communis*, *Arbutus unedo* L., *Arbutus andrachne*, *Osyris alba* L., *Quercus ilex* L., *Erica*

arborea L., *Ruscus aculeatus*, *Olea europaea*, *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler, *Cotinus coggygria* Scop., *Ficus carica* L., *Spartium junceum*, *Cistus creticus*, *Carpinus orientalis* Miller, *Ostrya carpinifolia*, *Celtis australis* L., *Palirus spina-cristi* Miller, and *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (Zohary 1973; Mayer and Aksoy, 1998; Ak 2002).

Sampling and methods

Five species (*Arbutus andrachne*, *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Phillyrea latifolia* and *Spartium junceum*) from the maquis vegetation were sampled for ecological wood anatomy studies. One species, *L. nobilis* was a small tree and all of the others were shrubs. Three samples from each species in one site were taken. The standard sampling methods reexplained by Erşen (1999) and Erşen Bak (2006) was used. In sampling of shrubs it was considered to take samples from about the mid point of stem between transition part from root to stem and starting point of branching.

Total 15 samples from 5 species were taken from the site in the Mediterranean region and 15 more from the site in Black Sea region. All analyses were performed on total 30 samples.

In preparation standard wood anatomy techniques (reexplained by Yaman 2002) were used and three thin sections, transversal, radial and tangential from each sample were taken.

On the samples tangential and radial diameters of vessels, vessel frequency (number of vessels per square mm) were counted. After maseration method vessel lengths were measured. 50 measurements were performed for each feature. IAWA Committee accepts 25-50 measurements for each feature (Carlquist 1988; IAWA Committee 1989).

Quantitative features of vessels are very important in ecological wood anatomy. These quantitative features are tangential diameter of vessels, vessel number per square mm, vessel lengths, vessel number in groups and bar number in perforation plate (Carlquist 1988). Based on tangential diameter of vessels, vessel number per square mm and vessel

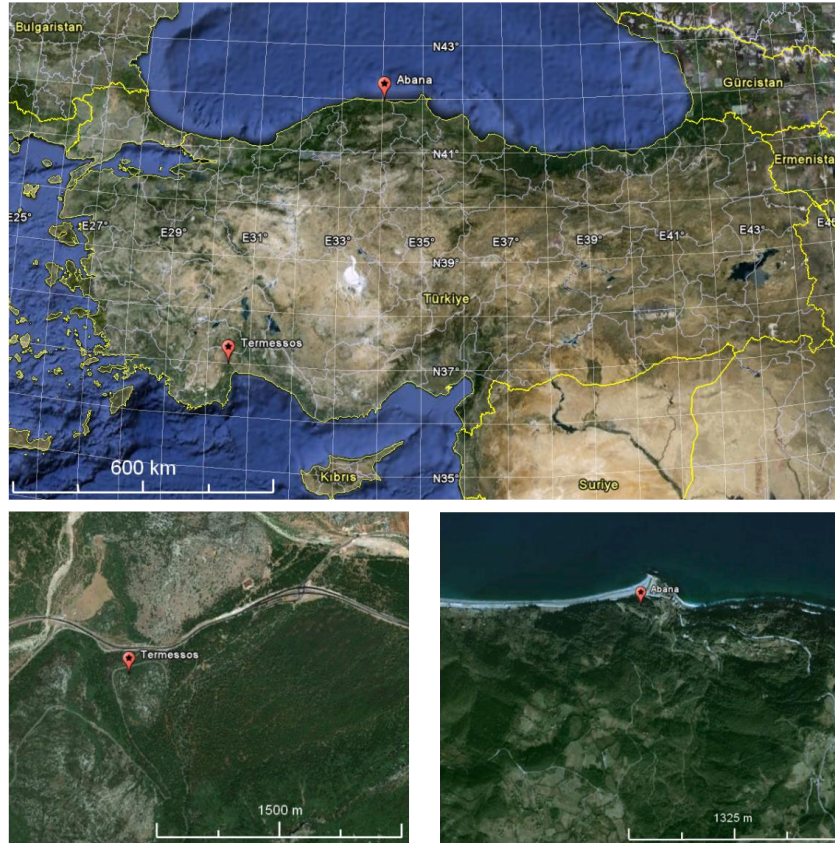


Figure 1. The map of the sampled sites (Google Earth)

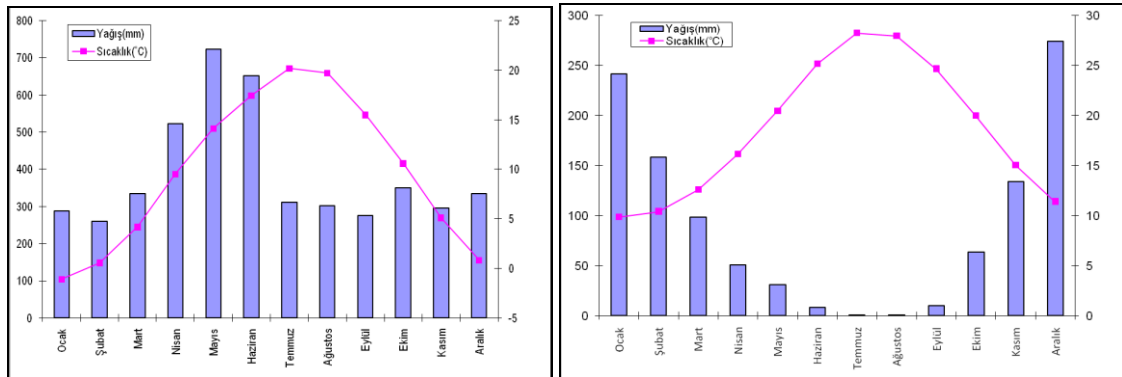


Figure 2. Average of total precipitations and mean temperatures of Kastamonu (left) and Antalya (right) during the years 1930 – 2005

lengths two formula were developed by Carlquist (1988): “Vulnerabilite” and “Mesomorphy Ratio”:

$$\text{Vulnerabilite} = \frac{\text{Tangential diameter of vessel}}{\text{vessel number per square mm}}$$

$$\text{Mesomorphy} = \left(\frac{\text{Tangential diameter of vessel}}{\text{vessel number per square mm}} \right) \times \text{Vessel length}$$

Furthermore another formula was developed by Yaman (2008) called “Xeromorphy Ratio”, which is calculated as follows:

$$\text{Xeromorphy} = (2 \times (\sqrt{a^2 + b^2} / 2) / a \cdot b \times f)$$

(a: tangential diameter of vessels/2; b: radial diameter of vessels/2; f: number of vessel per square mm)

In this study all these methods were used to calculate vulnerabilite, mesomorphy and xeromorphy ratios.

In comparisons of the results t-test (Kalıpsız 1988) was used. With t-test, similarities and differences of vessel features in two regions were analyzed.

RESULTS

All methods explained were used, and tangential and radial diameters of vessels, vessel frequency and vessel lengths of five maquis species were measured (Table 1-5). Tables include the results of vessel diameters for earlywood and latewood separately, vessel lengths, vulnerability, mesomorphy and xeromorphy ratios for earlywood, latewood and whole wood in the 5 species.

Table 1. The results for *Arbutus andrache*.

Region	Sample No	Wood	Tangential diameter (µm)	Radial Çap (µm)	Vessel length (µm)	Vessel frequency per 1/2mm ²	Vessel frequency per 1mm ²	Vulnerability for early- and latewood	Vulnerability for whole wood	Mesomorphy for early- and latewood	Mesomorphy for whole wood	Xeromorphy for early- and latewood	Xeromorphy for whole wood
Mediterranean Region	1	Earlywood	29.05 (± 6.5)	39.03 (±9.6)	229.22 (±44.5)	86.67 (±24.8)	243.98 (±39.2)	0.17	0.1	38.41	22.51	21.04	43.78
		Latewood	18.87 (±4.5)	18.97 (±4.9)		157.31 (±20.2)		0.06		13.75		66.52	
	2	Earlywood	24.7 (±4.7)	29.54 (±8.1)	421.3 (±9.6)	100.48 (±21.3)	262.16 (±47.3)	0.12	0.07	51.78	30.88	30	60.69
		Latewood	13.73 (±3.6)	14.62 (±4.3)		161.68 (±26.3)		0.04		17.89		91.38	
	3	Earlywood	25.39 (±5.2)	28.26 (±7.5)	377.8 (±68.0)	155.68 (±30.3)	331.52 (±72.8)	0.08	0.07	30.81	24.71	46.63	63.46
		Latewood	17.98 (±4.7)	17.09 (±4.1)		175.84 (±43.2)		0.05		19.32		80.30	
Average of Mediterranean region	Earlywood	26.38 (±5.5)	32.27 (±8.4)	342.77 (±48.5)	114.28 (±25.5)	279.22 (±53.1)	0.12	0.08	40.33	26.03	31.65	54.92	
	Latewood	16.86 (±4.3)	16.89 (±4.5)		164.94 (±30.0)		0.05		16.99		78.19		
Black Sea Region	1	Earlywood	31.32 (±6.1)	30.13 (±5.8)	439.66 (±84.3)	59.76 (±11.0)	118.8 (±23.1)	0.26	0.2	115.21	87.39	15.57	22.68
		Latewood	15.91 (±4.9)	15.81 (±3.1)		59.04 (±12.5)		0.13		59.23		29.78	
	2	Earlywood	34.68 (±6.7)	23.12(±5.5)	388.28 (±81.1)	68.08 (±10.3)	187.84 (±28.0)	0.25	0.14	98.89	54.12	20.02	38.84
		Latewood	17.69 (±5.1)	15.71 (±5.0)		119.76 (±17.7)		0.07		28.67		57.67	
	3	Earlywood	33.49 (±7.1)	24.5 (±6.8)	422.57 (±158.2)	98.64 (±9.7)	160.4 (±18.3)	0.17	0.18	71.74	74.44	28.22	26.98
		Latewood	23.02 (±7.0)	16.8 (±4.7)		61.76 (±8.8)		0.19		78.75		25.74	
Average of Black Sea region	Earlywood	33.16 (±6.6)	25.92 (±6.1)	416.84 (±108.1)	75.49 (±10.3)	155.68 (±23.1)	0.23	0.17	95.28	71.98	21.26	28.96	
	Latewood	18.87 (±5.7)	16.11 (±4.2)		80.19 (±13.2)		0.13		55.55		37.02		

Table 2. The results for *Laurus nobilis*.

Region	Sample No	Wood	Tangential diameter (µm)	Radial Çap (µm)	Vessel length (µm)	Vessel frequency per 1/2mm ²	Vessel frequency per 1mm ²	Vulnerability for early- and latewood	Vulnerability for whole wood	Mesomorphy for early- and latewood	Mesomorphy for whole wood	Xeromorphy for early- and latewood	Xeromorphy for whole wood
Mediterranean Region	1	Earlywood	43.08 (±11)	45.65 (±14.4)	259.3 (±94,9)	55.2 (±4.5)	120.18 (±10.70)	0.39	0.29	101.1	74.2	9.96	15.55
		Latewood	25.79 (±7.0)	23.61 (±7.3)		65 (±6.2)		0.2		51.37		21.12	
	2	Earlywood	45.15 (±7.6)	45.15 (±6.6)	491.8 (±124,9)	43.3 (±5.8)	101.01 (±11.3)	0.52	0.37	218.9	154	7.67	12.39
		Latewood	29.05 (±6.4)	25.29 (±7.0)		57.7 (±5.5)		0.25		105.6		17.12	
	3	Earlywood	35.77 (±7.5)	41.3 (±11.5)	318.6 (±78.0)	53.1 (±8.1)	112.68 (±15.7)	0.34	0.25	107.4	80.4	11.11	16.8
		Latewood	21.04 (±5.6)	21.34 (±7.02)		59.6 (±7.7)		0.18		56.32		22.49	
Average of Mediterranean region	Earlywood	41.33 (±8.8)	44.03 (±10.8)	332.55 (±99.3)	50.5 (±6.1)	111.29 (±12.5)	0.42	0.3	142.5	103	9.57	14.91	
	Latewood	25.29 (±6.3)	23.42 (±7.1)		60.8 (±6.5)		0.21		71.11		20.24		
Black Sea Region	1	Earlywood	56.71 (±7.0)	49.4 (±10.23)	425.6 (±90.86)	33.4 (±5.1)	76.8 (±10.5)	0.85	0.5	360.6	212	5.08	10.49
		Latewood	19.96 (±7.2)	24.3 (±6.22)		43.4 (±5.4)		0.23		97.76		15.91	
	2	Earlywood	45.55 (±6.7)	40.9 (±7.8)	401.6 (±81.4)	18.9 (±7.3)	46.96 (±14.6)	1.21	0.68	484.4	274	3.51	7.18
		Latewood	18.57 (±5.9)	23.71 (±4.7)		28.1 (±7.5)		0.33		132.8		10.86	
	3	Earlywood	44.16 (±7.7)	41 (±7.7)	422.6 (±71.6)	16.5 (±5.4)	46.16 (±11.7)	1.34	0.66	565.4	280	3.10	7.55
		Latewood	17.09 (±5.9)	24.3 (±6.1)		29.7 (±6.5)		0.29		121.5		12.01	
Average of Black Sea region	Earlywood	48.81 (±7.1)	43.77 (±8.5)	416.6 (±81.3)	22.9 (±6.0)	56.64 (±12.2)	1.13	0.61	470.1	255	3.90	8.41	
	Latewood	18.54	24.1		33.7		0.28		117.4		12.30		

All these ecological wood anatomy measurements were performed for each sample and all results of them were included in the tables.

Results for *Arbutus andrachne* L.

In this shrub species diameter of vessel elements and vessel lengths are smaller in the Mediterranean region. In the Mediterranean region, average tangential diameters of vessels are 26.38 in earlywood, and 16.86 µm in latewood. These values are 33.16 and 18.87 µm in Black Sea region, respectively. Vessel lengths are 342.77 µm in the Mediterranean Region and 416.84 µm in Black Sea region. Vessel frequencies, which are another important feature in

ecological wood anatomy, are 279.22 in the Mediterranean region and 155.68 in Black Sea region.

Based on these values mesomorphy and xeromorphy ratios were calculated as 26.03 and 54.92 in the Mediterranean region and 71.98 and 28.96 in Black Sea region, respectively (Table 1).

Results for *Laurus nobilis* L.

In this small tree species diameter of vessel elements and vessel lengths are smaller in the Mediterranean region. In the Mediterranean region, average tangential diameters of vessels are 41.33 in earlywood, and 25.29 µm in latewood. These values are 48.81 and 18.54 µm in Black Sea region, respectively.

Vessel lengths are 332.55 μm in the Mediterranean Region and 416.6 μm in Black Sea region. Vessel frequencies, which are another important feature in ecological wood anatomy, are 111.29 in the Mediterranean region and 56.64 in Black Sea region.

Based on these values mesomorphy and xeromorphy ratios were calculated as 103 and 14.91 in the Mediterranean region and 255 and 8.41 in Black Sea region, respectively (Table 2).

Table 3. The results for *Myrtus communis*.

Region	Sample No	Wood	Tangential diameter (μm)	Radial Çap (μm)	Vessel length (μm)	Vessel frequency per $1/2\text{mm}^2$	Vessel frequency per 1mm^2	Vulnerability for early- and latewood	Vulnerability for whole wood	Mesomorphy for early- and latewood	Mesomorphy for whole wood	Xeromorphy for early- and latewood	Xeromorphy for whole wood
Mediterranean Region	1	Earlywood	20.45 (± 5.0)	25.1 (± 5.1)	362.4 (± 76.4)	194.16 (± 24.3)	332 (± 26.6)	0.05	0.05	19.09	17.12	69.28	83.96
		Latewood	10.91 (± 2.6)	11.47 (± 2.9)		137.84 (± 29.4)		0.04		14.35		98.64	
	2	Earlywood	19.17 (± 5.0)	24.5 (± 5.1)	460.2 (± 76.8)	187.76 (± 46.9)	300.64 (± 33.2)	0.05	0.05	23.49	22.9	70.35	75.19
		Latewood	10.76 (± 2.0)	11.9 (± 2.9)		112.88 (± 19.7)		0.05		21.93		80.03	
	3	Earlywood	19.96 (± 5.0)	24.11 (± 5.1)	500.4 (± 86.4)	181.92 (± 20.5)	309.84 (± 46.5)	0.05	0.05	27.45	25.22	66.94	78.56
		Latewood	11.27 (± 1.9)	11.43 (± 2.1)		127.92 (± 26.6)		0.04		22.04		90.19	
Average of Mediterranean region	Earlywood	19.86 (± 5.0)	24.57 (± 5.1)	441 (± 79.9)	187.95 (± 30.6)	314.16 (± 35.4)	0.05	0.05	23.34	21.76	68.84	79.24	
	Latewood	10.98 (± 2.2)	11.6 (± 2.4)		126.21 (± 25.3)		0.04		19.44		89.62		
Black Sea Region	1	Earlywood	29.64 (± 7.7)	22.63 (± 4.2)	495.9 (± 97.3)	182 (55.3)	286 (± 85.9)	0.08	0.08	40.38	40.77	57.25	53.54
		Latewood	17.39 (± 4.6)	16.2 (± 4.6)		104 (± 31.7)		0.08		41.46		49.63	
	2	Earlywood	28.26 (± 6.0)	26.48 (± 6.0)	466.5 (± 136.9)	132 (± 26.7)	224 (± 51.7)	0.11	0.1	49.93	47.74	38.65	40.08
		Latewood	17.59 (± 5.1)	17.88 (± 4.9)		92 (± 26.5)		0.1		44.59		41.51	
	3	Earlywood	26.18 (± 6.01)	19.56 (± 4.9)	417.84 (± 86.2)	145.5 (± 36.3)	236 (± 58.7)	0.09	0.09	37.59	37.78	52.52	48.26
		Latewood	16.5 (± 4.7)	16.4 (± 4.2)		90.5 (± 23.6)		0.09		38.09		44.01	
Average of Black Sea region	Earlywood	28.03 (± 6.6)	22.89 (± 5.1)	460.08 (± 106.8)	153.17 (± 39.5)	248.67 (± 65.4)	0.09	0.09	42.63	42.1	49.47	47.27	
	Latewood	17.16 (± 4.8)	16.83 (± 4.5)		95.50 (± 27.3)		0.09		41.38		45.05		

Table 4. The results for *Phillyrea latifolia*.

Region	Sample No	Wood	Tangential diameter (µm)	Radial Cap (µm)	Vessel length (µm)	Vessel frequency per 1/2mm ²	Vessel frequency per 1mm ²	Vulnerability for early- and latewood	Vulnerability for whole wood	Mesomorphy for early- and latewood	Mesomorphy for whole wood	Xeromorphy for early- and latewood	Xeromorphy for whole wood
Mediterranean Region	1	Earlywood	17.09 (±4.2)	22.82 (±5.4)	367.2 (±73.0)	217.52 (±27.5)	352 (±58.6)	0.04	0.04	14.43	13.6	89.94	97.65
		Latewood	8.98 (±2.5)	12.14 (±4.4)		134.48 (±31.4)		0.03		12.26		105.36	
	2	Earlywood	18.87 (±5.1)	25.1 (±6.5)	323.8 (±49.6)	138.16 (±33.9)	255.04 (±62.5)	0.07	0,06	22.11	18.78	51.82	65.69
		Latewood	10.72 (±2.7)	13.16 (±3.3)		116.88 (±29.0)		0.05		14.84		79.57	
	3	Earlywood	16.99 (±4.3)	18.97 (±4.8)	338.4 (±60.6)	265.84 (±88,2)	428.4 (±140.7)	0.03	0.03	10.82	10.38	118.81	130.9
		Latewood	9.3 (±2.2)	8.9 (±2.4)		162.56 (±53.4)		0.03		9.68		142.99	
Average of Mediterranean region		Earlywood	17.65 (±4.9)	22.3 (±5.6)	343.13 (±61.0)	207.17 (±49.9)	345.15 (±87.28)	0.05	0.04	15.79	14.25	86.86	98.08
		Latewood	9.66 (±2.5)	11.4 (±3.4)		137.97 (±37.9)		0.04		12.26		109.31	
Black Sea Region	1	Earlywood	21.44 (±5.8)	19.36 (±5.3)	352 (±41.8)	118.56 (±27.0)	215.04 (±49.1)	0.09	0.06	31.83	22.06	46,66	79.15
		Latewood	5.52 (±2.1)	10.56 (±2.5)		96.48 (±22.5)		0.03		10.06		111.63	
	2	Earlywood	21.83 (±4.9)	16.99 (±4.1)	367.7 (±47.8)	116.48 (±30.8)	211.36 (±52.4)	0.09	0.07	34.46	25.06	51.82	68.98
		Latewood	6.97 (±1.9)	13.8 (±3.0)		94.88 (±22.2)		0.04		13.51		86.14	
	3	Earlywood	24.7 (±5.1)	20.85 (±4.8)	344.3 (±46.7)	91.44 (±27.2)	161.76 (±40.8)	0.14	0.1	46.5	33.88	32.47	47.12
		Latewood	7.13 (±2.1)	14.97 (±2.8)		70.32 (±14.0)		0.05		17.46		61.78	
Average of Black Sea region		Earlywood	22.66 (±5.3)	19.07 (±4.7)	354.67 (±45.4)	108.83 (±28.3)	196.05 (±47.4)	0.11	0.08	37.6	27	43.65	65.08
		Latewood	6.54 (±2.0)	13.13 (±2.8)		87.23 (±19.6)		0.04		13.68		86.52	

Results for *Myrtus communis* L.

In this shrub species diameter of vessel elements and vessel lengths are smaller in the Mediterranean region. In the Mediterranean region, average tangential diameters of vessels are 19.86 in earlywood, and 10.98 µm in latewood. These values are 28.03 and 17.16 µm in Black Sea region, respectively. Vessel lengths are 441 µm in the Mediterranean Region and 460.08 µm in Black Sea region. Vessel frequencies, which are another important feature in ecological wood anatomy, are 314.16 in the Mediterranean region and 248.67 in Black Sea region.

Based on these values mesomorphy and xeromorphy ratios were calculated as 21.76 and 79.24 in the Mediterranean region and 42.1 and 47.27 in Black Sea region, respectively (Table 3).

Results for *Phillyrea latifolia* L.

In this shrub species diameter of vessel elements and vessel lengths are smaller in the Mediterranean region. In the Mediterranean region, average tangential diameters of vessels are 17.65 in earlywood, and 9.66 µm in latewood. These values are 22.66 and 6.54 µm in Black Sea region, respectively. Vessel lengths are 343.13 µm in the Mediterranean

Region and 354.67 µm in Black Sea region. Vessel frequencies, which are another important feature in ecological wood anatomy, are 345.15 in the Mediterranean region and 196.05 in Black Sea region.

Based on these values mesomorphy and xeromorphy ratios were calculated as 14.25 and 98.08 in the Mediterranean region and 27 and 65.08 in Black Sea region, respectively (Table 4).

Table 5. The results for *Spartium junceum*.

Region	Sample No	Wood	Tangential diameter (µm)	Radial Çap (µm)	Vessel length (µm)	Vessel frequency per 1/2mm ²	Vessel frequency per 1mm ²	Vulnerability for early- and latewood	Vulnerability for whole wood	Mesomorphy for early- and latewood	Mesomorphy for whole wood	Xeromorphy for early- and latewood	Xeromorphy for whole wood
Mediterranean Region	1	Earlywood	46.73 (±8.9)	69.26 (±13.4)	150.8 (±29.9)	75.09 (±14.1)	269.37 (±38.4)	0.31	0.12	46.93	17.92	10.97	46.4
		Latewood	17.3 (±4.1)	21.32 (±6.25)		194.28 (±25.0)		0.04		6.71		81.83	
	2	Earlywood	47.72 (±9.7)	54.64 (±11.2)	143.2 (±19.5)	86.46 (±14.9)	269.01 (±44.7)	0.28	0.12	39.52	16.65	13.61	51.33
		Latewood	14.85 (±2.9)	18.56 (±4.7)		182.55 (±29.9)		0.04		5.83		89.05	
	3	Earlywood	39.92 (±9.1)	47.82 (±10.9)	139.6 (±19.8)	78.17 (±13.2)	235.04 (±38.9)	0.26	0.11	35.64	15.49	14.43	54.79
		Latewood	12.25 (±2.8)	14.38 (±3.4)		156.88 (±26.1)		0.04		5.45		95.15	
Average of Mediterranean region	Earlywood	44.79 (±9.2)	57.24 (±11.8)	144.53 (±23.1)	79.91 (±14.1)	257.81 (±40.7)	0.28	0.12	40.7	16.69	13.00	50.84	
	Latewood	14.8 (±3.3)	18.08 (±4.8)		177.9 (±27.0)		0.04		6		88.68		
Black Sea Region	1	Earlywood	47.13 (±12.6)	38.43 (±12.3)	161.70 (±22.4)	36.16 (±7.7)	74.88 (±16.0)	0.65	0.48	104.72	78.19	6.87	10.76
		Latewood	25.29 (±6.1)	19.56 (±5.0)		38.72 (±8.4)		0.33		52.81		14.15	
	2	Earlywood	55.82 (±17.5)	40.11 (±11.1)	145 (±19.9)	44.48 (±10.6)	96.88 (±22.9)	0.63	0.41	90.99	59.81	7.72	13.39
		Latewood	24.11 (±7.0)	20.35 (±5.0)		52.4 (±12.4)		0.23		33.35		19.06	
	3	Earlywood	47.52 (±14.9)	37.94 (±16.4)	131.32 (±18.9)	52.64 (±12.8)	105.2 (±26.1)	0.45	0.34	59.28	44.03	10.04	14.77
		Latewood	23.02 (±5.8)	20.35 (±6.9)		52.56 (±13.4)		0.22		28.76		19.50	
Average of Black Sea region	Earlywood	50.16 (±15.0)	38.83 (±13.3)	146.01 (±20.4)	44.43 (±10.4)	92.32 (±21.7)	0.58	0.41	85.00	60.68	8.21	12.89	
	Latewood	24.14 (±6.3)	20.07 (±5.6)		47.89 (±11.4)		0.26		38.31		17.57		

Results for *Spartium junceum* L.

In this shrub species diameter of vessel elements and vessel lengths are smaller in the Mediterranean region. In the Mediterranean region, average tangential diameters of vessels are 44.79 in earlywood, and 14.8 µm in latewood. These values are

50.16 and 24.14 µm in Black Sea region, respectively. Vessel lengths are 144.53 µm in the Mediterranean Region and 146.01 µm in Black Sea region. Vessel frequencies, which are another important feature in ecological wood anatomy, are 257.81 in the Mediterranean region and 92.32 in Black Sea region.

Based on these values mesomorphy and xeromorphy ratios were calculated as 16.69 and 50.84 in the Mediterranean region and 60.68 and 12.89 in Black Sea region, respectively (Table 5).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Regional comparisons of quantitative features, which are vessel diameters, vessel lengths, vessel frequencies, mesomorphy and xeromorphy ratios reveal significant differences. The comparisons and conclusions are given below.

Comparison of quantitative characteristics of vessel elements

Vessel features, which are used in calculating of mesomorphy and xeromorphy, were compared to find the regional differences (Table 6). Comparisons were performed in detail using the radial and tangential diameters of vessels in earlywood and latewood, vessel lengths, vessel frequency in earlywood, latewood and whole wood. The t-test values were statistically significant at least 95% confidence level.

In *Phillyrea latifolia* tangential diameters of vessels of earlywood in the Mediterranean and Black Sea samples were 17.65 μm , 22.66 μm , respectively, and t-test 5.12 (***) , radial diameters were 22.30 μm ve 19.07 μm and t-test 3.12 (**). The t-test showed that the regional differences were much higher and highly significant in tangential diameters of vessels (Table 6). Similar results were found in the other species. Only in *Laurus nobilis*, radial diameter of earlywood and latewood revealed insignificant t-value.

Regional comparisons of vessel element lengths revealed high and significant t-test values at the 99.9% confidence level in *Arbutus andrachne* and *Laurus nobilis*. On the contrary the rest three species, *Phillyrea latifolia*, *Mrytus communis* and *Spartium junceum*, t-values were low and insignificant. These results showed that

different growing site conditions were not effective on the vessel lengths.

Vessel frequency is higher in dry conditions of lower altitudes and cold conditions of upper zones. On the contrary it is low in wet conditions. In dry conditions the less amount of soil water can be transported to the leaves on the tips of trees within narrower vessels. While decreasing diameters of vessels, number of them increases in the same wood. With this adaptation water transport can be made efficiently, and cavitation can be restricted with this adaptation. The regional comparisons of vessel frequencies in this study showed dramatic results. All t-test values are statistically significant at the 99.9% confidence level. This result also showed that the most important adaptation to dry conditions is increasing vessel number per one square mm in the Mediterranean Region (Table 8). For example in *Phillyrea latifolia* vessel frequency was 345.15 in the Mediterranean Region and 196.05 in Black Sea Region. The t-value was 10.61 (***) . The highest difference was obtained in *Spartium junceum*. In this species vessel frequency was 257.81 in the Mediterranean region and 92.321 in Black Sea region. t-value between them was 25.39 (***) (Table 8).

Comparison and evaluation of mesomorphy and xeromorphy ratios

All differences in vessel diameters, lengths and frequencies also reflect mesomorphy and xeromorphy ratios (Table 9). Carlquist (1977) proposed 50 as limit value for mesomorphy. Over values of 50 are considered mesomorphic (humid) conditions, and under values represent xeromorphic conditions. Later, Carlquist revised this value as 75. In Turkey wood anatomists accept this value as 75 in general (Erşen 1999; Erşen Bak 2006; Yaman 2002; Serdar 2003; Sarıbaş ve Yaman 2004; Gerçek e al. 1998).

Table 6. Vessel diameters of the species (μm) and their regional comparisons and t-values.

		Earlywood		Latewood		
		Tangential	Radial	Tangential	Radial	
<i>Phillyrea latifolia</i>	Mediterranean	Mean	17.65	22.30	9.67	11.40
		Std.deviation	4.48	5.57	2.47	3.37
		t-test	5.12	3.12	6.89	2.80
	Black Sea	Mean	22.66	19.07	6.54	13.13
		Std.deviation	5.26	4.74	2.04	2.78
		t-test	5.12	3.12	6.89	2.80
<i>Myrtus communis</i>	Mediterranean	Mean	19.86	24.57	10.98	11.60
		Std.deviation	5.01	5.10	2.17	2.43
		t-test	6.99	1.65	8.27	7.18
	Black Sea	Mean	28.03	22.89	17.16	16.83
		Std.deviation	6.58	5.06	4.82	4.54
		t-test	6.99	1.65	8.27	7.18
<i>Spartium junceum</i>	Mediterranean	Mean	44.79	57.24	14.80	18.08
		Std.deviation	9.23	11.83	3.28	4.78
		t-test	2.16	7.32	9.31	1.92
	Black Sea	Mean	50.16	38.83	24.14	52r20.09
		Std.deviation	15.00	13.26	6.29	5.64
		t-test	2.16	7.32	9.31	1.92
<i>Arbutus andrachne</i>	Mediterranean	Mean	26.38	32.27	16.86	16.89
		Std.deviation	5.49	8.42	4.31	4.47
		t-test	5.57	4.33	2.00	0.90
	Black Sea	Mean	33.16	25.92	18.87	16.10
		Std.deviation	6.64	6.06	5.66	4.27
		t-test	5.57	4.33	2.00	0.90
<i>Laurus nobilis</i>	Mediterranean	Mean	41.33	44.03	25.29	23.42
		Std.deviation	8.77	10.84	6.33	7.11
		t-test	4.67	0.13	5.34	0.54
	Black Sea	Mean	48.81	43.77	18.54	24.11
		Std.deviation	7.14	8.55	6.30	5.68
		t-test	4.67	0.13	5.34	0.54

Table 7. Vessel element lengths of the species (µm) and their regional comparisons and t-values.

		Vessel element lengths (µm)				
		<i>A.andrachne</i>	<i>L.nobilis</i>	<i>M.communis</i>	<i>P.latifolia</i>	<i>S.junceum</i>
Mediterranean	Mean	342.77	332.55	441.00	343.13	144.53
	Std. Deviation	40.69	99.27	79.86	61.05	23.07
Karadeniz	Mean	416.84	416.59	460.08	354.67	146.1
	Std. Deviation	108.09	81.29	106.80	45.43	20.42
t-test		5.34	4.63	1.01	1.07	0.34

In the present study all mesomorphy values except that in *Laurus nobilis* are lower than this limit value, 75, and show dry conditions in general (Table 9). However, these values are higher in Black Sea region than the Mediterranean region. Wood anatomy also indicates that Black Sea conditions are more humid than that of the Mediterranean conditions. For example, in *Arbutus andrachne* mesomorphy ratio is 26.03 in the Mediterranean region and 71.98 in Black Sea region. The difference is very clear and shows that growing conditions for this species dry in the Mediterranean region and medium in Black Sea region. Mayer and Aksoy (1998) stated that maquis is relict in Black Sea region and therefore climate in some areas shows transition characteristics from the Mediterranean to Black Sea climate. For that reason, mesomorphy ratios are generally under the limit value, 75.

Erşen Bak (2006) stated that mesomorphy ratios higher in trees than those of shrubs in the family *Oleaceae*. In our study a similar result was obtained. *Laurus nobilis*, which is a tree/small tree, produced higher mesomorphy ratio than others, which are shrubs. The values are 103 in the Mediterranean and 255 in Black Sea region, respectively (Table 9).

On the other hand, Yaman (2008) developed a method “xeromorphy” showing the effect of dry conditions on vessel element features. Differently from mesomorphy ratios, xeromorphy values are higher in dry conditions and lower in humid areas (Table 9). For example, in *Arbutus andrachne* xeromorphy ratios are 54.92 in the Mediterranean region and 28.98 in Black Sea region. In Black Sea region temperature is lower, and precipitation is higher. Therefore xeromorphy ratios are less in general (Table 9).

Mesomorphy ratios are very changeable. However regional differences might clearly be seen in most of species. Demir (2003) found regional differences in *Tilia* L. species. All mesomorphy values were over 75. However these values in *Tilia* are around 100 in the Mediterranean region and around 350 in Black Sea region.

The lowest mesomorphy values in Turkey were determined in endemic *Rhamnus* L. species growing in the Mediterranean region (Akkemik et al. 2007). *Rhamnus* species grow generally on the stony areas and they are shrubs. In the present study all shrub species revealed about the similar mesomorphy ratios except *Laurus nobilis* characteristics.

Table 8. Vessel frequencies of the species and their regional comparisons and t-values.

		Earlywood (1/2 mm ²)	Latewood (1/2 mm ²)	Vessel number per 1mm ²	
<i>P. latifolia</i>	Akdeniz	Mean	207.17	137.97	345.15
		Std. Deviation	49.86	37.91	87.28
	Karadeniz	Mean	108.83	87.23	196.05
		Std. Deviation	28.32	19.57	47.44
		t-test	12.13	8.41	10.61
<i>M. communis</i>	Akdeniz	Mean	187.95	126.21	314.16
		Std. Deviation	69.38	25.26	35.44
	Karadeniz	Mean	153.17	95.50	248.67
		Std. Deviation	39.47	27.26	65.45
		t-test	3.08	5.84	6.22
<i>S. junceum</i>	Akdeniz	Mean	79.91	177.90	257.81
		Std. Deviation	14.09	26.99	40.68
	Karadeniz	Mean	44.43	47.89	92.32
		Std. Deviation	10.39	11.42	21.67
		t-test	14.34	31.37	25.39
<i>A. andrachne</i>	Akdeniz	Mean	114.28	164.94	279.22
		Std. Deviation	25.24	29.63	46.57
	Karadeniz	Mean	75.49	80.19	155.68
		Std. Deviation	10.32	13.02	23.15
		t-test	10.06	18.52	16.80
<i>L. nobilis</i>	Akdeniz	Mean	50.52	60.77	111.29
		Std. Deviation	6.14	6.50	12.54
	Karadeniz	Mean	22.93	33.71	56.64
		Std. Deviation	5.94	6.46	12.24
		t-test	22.83	20.89	22.05

Table 9. Mesomorphy and xeromorphy ratios of the species.

	Species	The Mediterranean Region	Black Sea Region
Mesomorphy	<i>A. andrachne</i>	26.03	71.98
	<i>L. nobilis</i>	103	255
	<i>M. comminis</i>	21.76	42.1
	<i>P. latifolia</i>	14.25	27
	<i>S. junceum</i>	16.69	60.68
Xeromorphy	<i>A. andrachne</i>	54.92	28.96
	<i>L. nobilis</i>	14.91	8.41
	<i>M. comminis</i>	79.24	47.27
	<i>P. latifolia</i>	98.08	65.08
	<i>S. junceum</i>	50.84	12.89

One of the high mesomorphy values was calculated as 1295 for *Ostrya carpinifolia* Scop. growing in Cide-Şehdağı by Gerçek et al. (1998). This result showed that the growing conditions were very humid for this species. Yaman (2002) stated that 175.79 was an average mesomorphy value for wild cherry in the west Black Sea region. Erşen Bak (2006) found the highest mesomorphy value as 2363 in *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* because of growing in very humid condition and in Longos forest. She also indicated that shrub species in Oleaceae revealed xeromorphic characteristics, whereas tree species showed mesomorphic characteristics. In our study four shrub species have xeromorphic features. On the contrary *Laurus nobilis* has mesomorphic Mediterranean and 255 in Black Sea region, respectively (Table 9).

Vulnerability ratio indicates the capacity of resistance to lower water pressure and freezing condition. The values of 1.0-2.5 for vulnerability show mesomorph characteristics. A value under 1 indicates that vessel frequency was high and plant needs safety in conductance of water under lower water pressure (Carlquist 1977, 1988). In both the Mediterranean and Black Sea regions vulnerability ratios in five species

were under 1.0 (Table 1-5). This result indicates that plants adapted to conduct water safely in two regions. Within these 5 species the highest one (0.61) was calculated in *Laurus nobilis*.

Finally this ecological wood anatomy study may reveal that

- (1) The coastal parts of Black Sea and the Mediterranean regions show xeric conditions for the shrubs in general.
- (2) Mesomorphy ratios are lower in shrubs and higher in trees.
- (3) Wood formation shows more xeric conditions in the Mediterranean region.
- (4) The most important adaptation to dry conditions is increasing vessel number per one square mm in the Mediterranean Region. Vessel frequency increases to uptake water safely to the leaves at the tip of plant.

Yapılandırılmış Özet¹

Giriş

Son yıllarda odunun anatomik özelliklerine ekolojik faktörlerin etkilerinin araştırıldığı çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Odun anatomisi çalışan bazı bilim insanları ekolojik odun anatomisi çalışmalarında odun anatomisi özellikleri ile ekolojik faktörleri ilişkiye getirirken trahe özellikleri (trahe hücre uzunluğu, trahe çapı, mm²'deki trahe sayısı) yardımı ile hesaplanan "mesomorfi" ve "vulnerabilite" değerlerini tür, cins ve familya düzeyinde veya bir bölge florasının tümü için kullanmaktadır.

Ekolojik odun anatomisi terimi 1970 yıllarda kullanılmaya başlandıktan sonra dünyanın farklı ülkelerinde (Carlquist 1975, 1977, 1988; Baas ve Carlquist 1985; Fahn ve ark. 1986; Baas ve Schweingruber 1987; Alves ve Angyalossy-Alfonso 2000; Appelhans ve ark. 2012) ve Türkiye'de (Yaltrık 1971, Şanlı 1978; Erşen 1999; Erşen Bak 2006; Merev ve Yavuz 2000; Serdar 2003; Yaman 2003; Akkemik ve ark. 2007) önemli çalışmalar yapılmış ve konunun önemi daha da iyi anlaşılmasına başlanmıştır.

Bu çalışma; Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinde doğal olarak yetişen 5 maki elemanının odunları incelenerek, farklı ekolojik koşullar altında, odunların anatomik özelliklerinde meydana gelen farklılıkları ortaya çıkarmak ve bu farklılıkların bölgesel olarak karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanında doğal olarak yetişen odunsu taksonlara ait örnekleri, yetiştirme alanında iyi ve düzgün gövdeye sahip çalı ve küçük ağaçlardan kökboğazı ile dallanmanın başladığı yer arasında orta noktadan gövde kesiti alınarak elde edilmiştir. Akdeniz Bölgesi'nde, çalışılan 5 maki elemanının her biri için 3'er örnekten 15, Karadeniz Bölgesi'nde de aynı 5 maki elemanının 3'er örneğinden 15'er olmak üzere toplam 30 örnek üzerinde çalışılmıştır.

Örnek alınan odun materyalleri laboratuarda 1.5x1.5x1.5 cm. boyutlarında küpler haline getirilmiştir. Elde edilen küpler, alındıkları yöreler ve örnek ağaçları belirten kodlar üzerlerine yazıldıktan sonra beher içerisinde damıtık su içerisine konularak kaynatılmış, böylece odun dokusu içerisindeki havanın dışarıya çıkartılması sağlanmıştır. Kaynatmanın yeterli olup olmadığını kontrol etmek için beher içerisine soğuk damıtık su eklenerek küplerin dibe çöktüğü görüldükten sonra kaynatma işlemine son verilmiştir. Ardından standart kesit alma ve preparat yapma teknikleri uygulanarak preparatlar yapılmıştır.

Hazırlanan preparatlar üzerinde trahe radyal çapı, trahe teğet çapı, 1/2 mm²'deki ilkbahar odunu trahe sayısı, 1/2 mm²'deki yaz odunu trahe sayısı ve 1 mm² 'deki trahe sayıları belirlenmiştir. Maserasyon ile serbest hale getirilen odun elemanlarından trahe hücre uzunluğu ölçülmüştür. Ölçüm ve sayımlarda n=50 olarak kabul edilmiştir. Ölçüm ve sayımlarda S. Carlquist, 25'i, Iowa Commitee, 25-50'yi esas almaktadır (Carlquist 1986, 1988; Iowa Committee 1989).

Ekolojik odun anatomisinde trahe hücrelerinin nicel özelliklerine büyük önem verilmektedir. Bu konuda en önemli özellikler: trahelerin teğet çapı, mm² de trahe sayısı (trahe yoğunluğu), trahe hücre uzunluğu, gruplardaki trahe sayısı ve perforasyon tablasındaki bar sayısıdır. Odunun ve odundaki hücrelerin fizyolojik fonksiyonu birkaç ekstrem hücrenin aksine işlevsel olan hücrelerin yoğunluğu tarafından belirlendiği için, ölçümlerle ilgili verinin değerlendirilmesinde her nicel özeliğin ortalama değerlerinin kullanılması en uygun yoldur. Trahe çapı ile ilgili olarak trahenin dış çapı yerine lümen çapının ölçülmesi fizyolojik fonksiyon açısından en ideal düşüncedir. Geleneksel olarak trahenin dış çapı kullanılmasına karşın, günümüzde birçok araştırmacı lümen çapını kullanmaktadır (Carlquist 1988).

Trahe çap ölçümleri ilkbahar ve yaz odunu trahelerinin radyal ve teğet çapları olarak toplam beş tür iki bölge için toplam 3000 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde her bir değişken için n=50 ölçüm yapılmıştır. Rendle ve Clarke (1934) tarafından trahe gruplarını saymak biçiminde karşıt bir açıklama getirilmiş olmasına rağmen mm² deki trahe sayısı her bir trahe sayılarla hesaplanmalıdır. (Carlquist 1988). 1/2 mm² ilkbahar odunu trahe sayısı ve 1/2 mm² yaz odunu trahe sayısı ölçülürken n=50 olarak alınmıştır. Toplam olarak Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinde toplam 1500 adet sayım yapılmıştır.

Trahe hücreleri liflerin ayırma yöntemiyle bozulmaya uğramadan ayrılabilirler. Trahe hücre uzunluğu ölçülürken dikkat edilmesi gereken uçtan uca yani perforasyon tablalarının arasını ölçülmesi gerekmektedir (Şanlı, 1978). Trahe diğerine uçlardaki çıkıntılarını da kapsayacak biçimde ölçülmektedir. Çoğu araştırmacı tarafından kullanılan bu metot Carlquist (1988) tarafından onaylanmaktadır. Trahe hücre uzunluğu n=50 olarak ölçülmüştür.

Trahe çapı, trahe yoğunluğu ve trahe hücre uzunluğunun ekolojik faktörlerle yakın korelasyon göstermesi nedeniyle Carlquist tarafından iki oran geliştirilmiştir (Carlquist 1988). Bunlar "**Vulnerabilite**" ve "**Mezomorfi**" oranıdır ve aşağıdaki biçimde hesaplanır:

¹ Expanded abstract in Turkish.

Vulnerabilite= Trahe Teğet Çapı / mm²deki trahe sayısı

Vulnerabilite= Trahe Teğet Çapı / Trahe Yoğunluğu

Mezomorfi = (Trahe Çapı / mm²de trahe sayısı) x Trahe Hücre Uzunluğu

Mezomorfi = Vulnerabilite Oranı x Trahe Hücre Uzunluğu

Bu eşitlikle beraber, Yaman (2008) tarafından geliştirilen “**Kseromorfi Oranı**” da hesaplanmış ve karşılaştırmalarda kullanılmıştır.

Kseromorfi = $(2 \times \sqrt{(a^2 + b^2)/2}) / a.b \times f$

(a: trahe teğet çeperi/2; b: trahe radial çeperi/2; f: mm²deki trahe sayısı)

Ölçüm sonuçlarının karşılaştırmasında da t-testi uygulanarak benzerlik ve farklılıklar incelenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Türkiye'nin Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinde doğal olarak yetişen 5 makinin farklı ekolojik koşullarda oluşturduğu odunlarının anatomik özelliklerinin karşılaştırması yapılmış ve bölgesel olarak belirgin farklılıklara ulaşılmıştır (Tablo 1-5). İlkbahar ve yaz odunu trahelerinin teğet ve radyal çapları, t-testi uygulanarak karşılaştırıldığında, t-testi değerlerinin genel olarak %99.9 güven düzeyinde anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 6).

Ekolojik odun anatomisi çalışmalarında kullanılan temel kriterlerden birisi, ekolojik koşulların etkisini belirgin şekilde yansıttığından dolayı, trahelerin teğet çaplarıdır. Bu özellik çalıştığımız türlerde de ortaya çıkmıştır. *P. latifolia*'da, Akdeniz ve Karadeniz Bölgesi'ndeki örneklerin trahelerinin teğet çapları sırasıyla, ilkbahar odununda 17.65 µm, 22.66 µm, t-testi de 5.12 (***)'dir; radyal çap ise 22.30 µm ve 19.07 µm olup, t-testi 3.12 (**)'dir. Genel olarak t-testi sonuçları, teğet çaplarda çok daha yüksek değerler verirken, radyal çaplarda daha düşüktür (Tablo 6).

Çalışılan türlerin trahe boylarının karşılaştırması ve t-testi sonuçları Tablo 7' de verilmiştir. Trahe boyları *A. andrachne* ve *L. nobilis* türlerinde, bölgesel farklılığı %99.9 güven düzeyinde yansıtırken, diğer üç türde boy farklılıkları anlamsız sonuçlar vermiştir (Tablo 7).

1 mm²deki trahe sayıları, kurak koşullarda artarken, nemli koşullarda azalmaktadır. Az olan suyun emniyetli bir şekilde iletilmesi için, su iletim borularının çaplarının azalması ve gaz embolisi sorununun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Kurak koşullarda trahe çaplarının azalması gaz embolisi sorununu en aza indirmektedir. Nemli koşullarda ise su iletiminde sorun yaşanmadığından trahelerin çapları daha geniş ve sayıları da azdır. Bu çalışma kapsamında, 1 mm²deki trahe sayısının karşılaştırması da çarpıcı sonuçlar ortaya koymuştur (Tablo 8). Bütün değerler, ½ mm² ilkbahar ve yaz odunu ile 1 mm²deki trahe sayıları, %99.9 güven düzeyinde anlamlı olan farklılıklar göstermiştir. *P. latifolia*'da bölgesel farklılık karşılaştırıldığında, Akdeniz Bölgesi'nde 1 mm²deki trahe sayısı ortalama 345,15 iken, Karadeniz Bölgesi'nde 196.05'dir. Bu değer %99.9 güven düzeyinde anlamlı bir farktır. En çarpıcı farklar *S. junceum* türünde elde edilmiştir. Bu türün Akdeniz Bölgesi örneklerinde 1 mm² deki trahe sayısı 257.81 iken, Karadeniz Bölgesi örneklerinde 92.32 olarak bulunmuştur. Tür için, her iki bölge ekolojik açıdan belirgin şekilde anatomik farklılıklar ortaya koymuştur (Tablo 8).

Trahelerin teğet çapları, boyları ve 1 mm² deki sayılarında ortaya çıkan bütün bu farklılıklar, vulnerabilite, mezomorfi ve Kseromorfi oranlarına yansımakta ve bu değerlerin de anlamlı bir şekilde farklı çıkmasına neden olmaktadır (Tablo 9).

Carlquist (1977) tarafından mezomorfi oranında 50 değeri sınır kabul edilmiş ve bu değer altındaki değerler kurakçıl koşulları, üstündeki değerler de nemcil koşulları göstermektedir. Bunun sonrasında, Carlquist (1988), mezomorfi değerinin 75 ve üzerinde olması durumunda ekolojik koşulların nemli, altında olması durumunda da kurakçıl olduğunu belirterek, bir değişikliğe gitmiştir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda ise, genellikle 75 değerinin alınması yönünde bir eğilim oluşmuştur (Gerçek ve ark.1998; Erşen 1999; Yaman 2002; Serdar 2003; Sarıbaş ve Yaman 2004; Erşen Bak 2006).

Bu çalışmada *L. nobilis* dışında kalan diğer tüm türlerde mezomorfi oranlarının tamamı her iki bölgede de 75 sınırının altında bulunmuştur (Tablo 9). Bununla beraber, Karadeniz Bölgesi'ndeki koşullar, Akdeniz Bölgesi'ndeki koşullara göre daha elverişli olduğundan, tür içi mezomorfi oranları, Akdeniz Bölgesi'ndekilere oranla daha yüksek bulunmuştur. *A. andrachne*'nin Akdeniz Bölgesi örneklerinde mezomorfi değeri 26.03 iken, Karadeniz Bölgesi örneklerinde 71.98 olup, her ikisi arasında çok belirgin bir fark bulunmaktadır. Mayer ve Aksoy (1998), Karadeniz Bölgesi makilerinin Akdeniz kalıntısı olduğunu belirtmektedir. O nedenle, mezomorfi oranlarının 75 sınırının altında olması kısmen de olsa Karadeniz Bölgesi'nde, Akdeniz iklimine yakın alanların olduğunu göstermektedir.

Erşen Bak (2006), *Oleaceae* familyasında mezomorfi oranlarının ağaç formu olanlarda, çalılara göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da benzer bir sonuca ulaşılmıştır. *L. nobilis* ağaç/ağaççık formunda olduğundan, mezomorfi oranları, çalı formunda olan diğer türlere oranla oldukça yüksek çıkmıştır (Tablo 9). *L. nobilis*'te Akdeniz Bölgesi'nde mezomorfi 103 iken, Karadeniz Bölgesi'nde 255'dir. Her iki değer de mezomorf karakteri yansıtmakta ise de, Akdeniz Bölgesi'nin daha kurakçıl olduğunu göstermektedir. Diğer örneklerin tamamında bütün değerler 75 sınırının altında olup, Akdeniz Bölgesi'nde daha düşüktür. Mezomorfi oranlarındaki en çarpıcı farklılık *S. junceum* türünde tespit edilmiştir.

Diğer yandan, Yaman (2008) tarafından ortaya konan kseromorfi oranları da hesaplanarak, bölgesel farklılıklar denetlenmiştir. Mezomorfi oranlarına benzer bir şekilde kseromorfi oranlarında da belirgin farklar bulunmuştur. Mezomorfi değerleri, koşullar kuraklaştıkça düşerken, kseromorfi değerleri yükselmektedir. Bu yöntemle göre de, Akdeniz Bölgesi'nin Karadeniz Bölgesi'ne göre daha kurakçıl olduğu Tablo 9'da görülmektedir. Örneğin *A. andrachne* türünde Akdeniz Bölgesi örneklerinde kseromorfi oranı (54.92) oldukça yüksek iken, Karadeniz Bölgesi örneklerinde düşüktür (28.96). Benzer sonuçlar diğer türler için de bulunmuştur.

Türkiye'de yapılan ekolojik odun anatomisi çalışmalarından bölgesel farklılığı ortaya koyan bir diğer çalışma da Demir (2003) tarafından ıhlamurlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada mezomorfi değerlerinin tamamı 75 sınırının üzerinde (mezomorf) olmasına karşın, Akdeniz Bölgesi koşullarında, Karadeniz Bölgesi koşullarına göre daha düşük çıkmıştır.

Ülkemizde en düşük mezomorfi değerleri Akkemik ve diğ (2007) tarafından Akdeniz Bölgesi endemik *Rhamnus* türlerinde bulunmuştur. Üzerinde çalışılan endemik *Rhamnus* türleri kayalık yamaçlarda yetiştiğinden, yetişme ortamı koşulları belirgin şekilde kurakçıl çıkmıştır. Bu çalışmada da mezomorfi değerleri, *L. nobilis* türü dışında, diğerlerinde *Rhamnus* türlerine benzer şekilde oldukça düşüktür. Gerçek ve diğ. (1998), *Ostrya carpinifolia* ile ilgili çalışmada Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz ve Doğu Akdeniz'den aldıkları odun örneklerinin anatomik çalışmalarının neticesinde mezomorfi oranları hesaplanmış ve Batı Karadeniz'de 873.5, Doğu Karadeniz'de 448.7, Doğu Akdeniz'de ise 539.0 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer (1295) Cide-Şehdağı'nda alınan örneklere aittir. Türkiye'de ekolojik odun çalışmalarında yükseltiyeye bağlı olarak odunun anatomik özelliklerindeki değişimler incelenmiş, mezomorfi ve vulnerabilite oranları hesaplanmıştır. Bu çalışmalardan biri Yaman (2002) tarafından yabancı kiraz üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada ortalama mezomorfi oranı 175,79 olarak bulunmuştur. Mezomorfi oranının 75 değerinin üstünde olması yabancı kirazın mezomorfik karakterde olduğunu göstermektedir. Erşen Bak (2006), *Oleaceae* familyası taksonlarında mezomorfi oranlarını hesaplamış en yüksek değeri *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* taksonunda 2363 olarak bulunmuştur. Bu türün subasar ormanlarda ve yağış oranının yüksek olduğu alanlarda yayılış gösterdiğini vurgulamıştır. En düşük değerin ise ağaç türlerinden *F. ornus* subsp. *cilicia* türünde 809 olarak hesaplanmıştır. Bu türün daha kurak alanlarda yayılış gösterdiği belirtilmiştir. *Oleaceae* familyasının çalı türlerinde mezomorfi oranı 75'e yakın veya altında hesaplanmıştır. Bu familyada çalı taksonlarının kserofit bitkiler, yetişme alanlarının da kserofit alanlar olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da, çalı türleri kserofit, ağaç/ağaççık formunda olan Akdeniz defnesi, mezofit olarak değerlendirilmiştir.

Vulnerabilite oranı için elde edilecek düşük bir değer su basıncına ya da donma koşullarına dayanıklı olma kapasitesini vurgulamaktadır. Vulnerabilite oranının 1.0-2.5 değerleri arasında olması mezomorf karakterliliği göstermektedir. Bu oranın 1.0 değerinin altında olması trahelerin birim alanda fazla sayıda bulunduğu ve düşük su basıncı altında daha büyük bir su iletme emniyeti işaret etmektedir (Carlquist 1977, 1988). Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde çalışılan 5 türün vulnerabilite oranı (Tablo 1-5) her iki bölgede de 1.0 değerinin altında olması su emniyeti açısından anlamlı bir sonucu ifade etmektedir. Çalışılan türler içerisinde en yüksek değer (0.61) *L. nobilis*'in Karadeniz Bölgesi örneklerinde bulunmuştur.

Sonuç olarak elde edilen ekolojik odun anatomisine ait veriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- (1) Genel olarak her iki bölgedeki çalılar kurakçıl koşulların varlığını yansıtır.
- (2) Çalılardaki mezomorfi oranı ağaçlara göre daha düşüktür.
- (3) Her iki bölgede de benzerlik olmasına karşın Akdeniz Bölgesinin daha kurak olan iklimi etkisiyle odun oluşumu daha yüksek oranda kurakçılık özelliği oluşturmuştur.
- (4) Kurak koşullara karşı adaptasyonda çeşitli elemanlarda değişiklikler meydana gelir. Bu çalışmayla, incelenen türlerdeki en büyük adaptasyonun birim alandaki trahe sayılarında ortaya çıkan değişim olduğu görülmüştür. Trahe sayısı Akdeniz Bölgesi'nde artarken Karadeniz Bölgesi'nde daha düşüktür. Bu durum suyun emniyetli bir şekilde ve kaviteye uğramadan tepedeki yapraklara kadar ulaşmasını sağlayan bir önlemdir. Böylece Akdeniz Bölgesindeki yaz kuraklığından dolayı su iletiminde emniyet daha da ön plana çıkmıştır. Çalışılan 5 türde de perforasyon tablasının basit tipte olması da iletimde etkinliği artıran bir durumdur.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Research Fund of Istanbul University as a Master Thesis. Project Number: T-678/300605.

REFERENCES

- Ak, E. (2002). Abana (Kastamonu) ve Yöresi Florası, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akkemik, Ü. (1998). Ülkemizde Doğal Yetişen Karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.)'nın Morfolojik Anatomik ve Palinolojik Özellikleri, Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu, 21-23 Eylül, İ.Ü. Orman Fak. Orman Botanığı Anabilim Dalı, İstanbul, Çantay Kitabevi, s: 332-346.
- Akkemik, Ü., Efe, A., Kaya, Z., Demir, D. (2007). Wood anatomy endemic Rhamnus species in the Mediterranean region of Turkey. *LAWA Journal*, 28(3): 301-310
- Alves, E.S., Angyalossy-Alfonso, V. (2000). Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *LAWA Journal*, 21(1): 3-30
- Appelhans, M.S., van Heuven, B.J., Lens, F., Baas, P. (2012). Phylogenetic and ecological signals in the wood of Spathelioideae (Rutaceae). *LAWA Journal*, 33(4): 337-353
- Baas, S. (1973). The wood anatomical range in *Ilex* and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea*, 21: 193-258.
- Baas, P., Carlquist, S. (1985). A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of Southern California and Israel. *LAWA Bulletin*, 6: 349-353
- Baas, P., Schweingruber, F.H. (1987). Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *LAWA Bulletin*, 8: 245-274
- Başaran, S. (1994). Termessos Milli Parkı'nın Floristik Kompozisyonu, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Carlquist, S. (1977). Ecological factors in wood evolution: A floristic approach. *American Journal of Botany*, 64(7): 887-896.
- Carlquist, S. (1982). Wood Anatomy of *Buxaceae*: Correlations with ecology and phylogeny. *Flora*, 172: 463-491.
- Carlquist, S. (1988). Comparative Wood Anatomy, Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Demir, D. (2003). Türkiye'de Doğal Yetişen Ihlamur (*Tilia* L.) Taksonlarının Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Efe, A. (1998). Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi Endemik Akçağaç (*Acer* L.) Taksonlarının Morfolojik ve Anatomik Özellikleri, Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu, 21-23 Eylül, İ.Ü. Orman Fak. Orman Botanığı Anabilim Dalı, İstanbul, Çantay Kitabevi, s: 276-291.
- Erşen, F. (1999). Artvin Yöresi Atilla Vadisi Florasındaki Bazı Odunsu Taksonların Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erşen Bak, F. (2006). Türkiye'de Yetişen *Oleaceae* Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomileri. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fahn, A., Werker, E, Baas, P. (1986). Wood Anatomy And Identification and Shurbs from Israel and Adjacent Regions. Juresalam, Israel, ISBN 965-208-073.
- Gerçek, Z., Merev, N., Aşın, R., Özkan, Z. C., Terzioğlu, S., Serdar, B., Birtürk, T. (1998). Türkiye'de Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.)'in Ekolojik Odun Anatomisi, Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu, 21-23 Eylül, İ.Ü. Orman Fak. Orman Botanığı Anabilim Dalı, İstanbul, Çantay Kitabevi, s: 302-317.
- Güngördü, A. (1986). *Liquidambar orientalis* Mill. (Sığla Ağacı)'ın Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- IAWA Committee, (1989). IAWA List Of Microscopic Features For Hardwood Identification (Eds. E.A. Wheeler, P. Baas and P.E. Gasson), *LAWA Bull.* 10: 219-332.
- Kalıpsız, A. (1988). İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No. 3522/394, Doyuran Matbaası.
- Kutbay, H.G., Merev, N., Ok, T. (1999). Dişbudak yapraklı kanatlı ceviz (*Pterocarya Fraxinifolia* (Poir.) Spach)'ın anatomik, fitososyolojik ve ekolojik özellikleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(5): 1189-1196.
- Mayer, H., Aksoy, H. (1998). Türkiye Ormanları. Orman Bakanlığı Yay. No. 8, Batı Karadeniz Ormancılık Araş. Ens. Müd. Yay. 2, Bolu.
- Merev, N. (1983). Türkiye Kızılağaç (*Alnus* Mill.) Odunlarının İç Yapıları. Doktora Tezi, K.T.Ü. Yay. No. 7, Orman Fak. Yay. No. 2, K.T.Ü Basımevi, Trabzon.
- Merev, N. (1998). Türkiye Meşelerinin (*Quercus* L.) Odun Anatomisi Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası

- Sempozyumu, 21-23 Eylül, İ.Ü. Orman Fak. Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Çantay Kitapevi, s: 215 -226.
- Merev, N., Yavuz, H. (2000). Ecological wood anatomy of Turkish *Rhododendron* L. (*Ericaceae*) intraspecific variation. *Turkish Journal of Botany*, 24: 227-237.
- Serdar, B. (2003). Türkiyede Doğal Olarak Yetişen *Salicaceae* Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Şanlı, İ. (1978). Doğu Kayını (*Fagus orientalis Lipsky.*)'nın Türkiye'de Çeşitli Yörelerde Oluşan Odunları Üzerinde Anatomik Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No. 2410/256
- Yaltırık, F. (1971). Yerli Akçaağaç (*Acer L.*) Türleri Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Araştırmalar. İ. Ü. Yay. No.1661, O. F. Yay. No. 179 Bozak Matbaası.
- Yaman, B. (2002). Türkiye'nin Euro-Siberian (Exunine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Moench)'ın Morfolojik, Anatomik ve Palinolojik Özellikleri, Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yaman, B. (2008). Variation quantitative vessel element features of *Juglans regia* wood in the western Black Sea of Turkey. *Publicado como Artículo en Agrociencia*, 42: 357-365
- Yaman, B., Sarıbaş, M. (2004). Türkiye'nin Euxine Bölgesindeki Doğal Kavak (*Populus L.*) Taksonlarında Yükseltiyle İlişkili Olarak Trahe Hücre Boyutlarındaki Varyasyonları, *S.D.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Sayı 1: 111-123.
- Zohary, M. (1973). Geobotanical Foundations of the Middle East. Vol. 1-2, ISBN 3-347-30145-4 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Submitted: 13.01.2013

Accepted: 06.03.2013