

## PAPER DETAILS

TITLE: Baltalik mese mescerelerinde ağaç biyokütle bileşenlerinin nem oranları

AUTHORS: Emrah ÖZDEMİR,Ender MAKİNECİ

PAGES: 116-122

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/753475>

## Baltalık meşe meşcerelerinde ağaç biyokütle bileşenlerinin nem oranları

Emrah Özdemir<sup>a,\*</sup> , Ender Makineci<sup>b</sup> 

**Özet:** Orman ekosistemlerinde, biyoenerji, karbon stokları ve bütçe hesaplamalarında artan önemine bağlı olarak biyokütle araştırmalarının kolay, ekonomik ve yüksek doğrulukta hesaplama-belirleme yöntemleri güncel değerdedir. Biyokütlenin düşük hata ile belirlenmesinin gerekliliği ve bitkisel bileşenlerin nem oranlarının çok değişken olmasından dolayı, bitkisel kütle ve bileşenlerin ağırlıkları fırın kurusu olarak verilmektedir. Bu sebeple, nem oranlarının yüksek doğrulukta tahmini, belirlenmesi ve benzer türler için kullanımı kolaylık sağlayacaktır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışma, Kuzey Trakya baltalık kökenli saf meşe (*Quercus*) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Farklı meşe türleri (Macar Meşesi, Saçlı Meşe, Sapsız Meşe) ve farklı gelişim çağlarında (Ma,Mb,Mc) yıkıcı örnekleme ile örneklenen toplam 474 ağaçtan beş farklı biyokütle bileşeni (yaprak, dal, taç, gövde, toplam toprak üstü) nem oranları belirlenmiştir. Meşe türlerinin ve gelişim çağlarının biyokütle bileşenlerinin nem oranları bakımından karşılaştırılması, Bonferroni-Dunn testi ile yapılmıştır. Sonuç olarak tür ayrımı yapılmadan gelişim çağlarının karşılaştırılmasında yaprak, dal ve taç nem oranları bakımından  $p=0.05$  anlamlılık düzeyinde gelişim çağlarının farklılık gösterdiği, gövde nem oranı bakımından gelişim çağları arasında herhangi bir farklılığın bulunmadığı, toplam toprak üstü nem bakımından ise sadece Ma gelişim çağı yaklaşık % 36'lık nem oranı ile diğer gelişim çağlarından (Mb ve Mc yaklaşık % 38) farklılık göstermektedir. Gelişim çağı ayrımı yapılmadan meşe türlerinin karşılaştırılmasında, yaprak, dal ve taç nem oranları bakımından  $p=0.05$  anlamlılık düzeyinde sadece saçlı meşenin diğer türlerden farklı olduğu, gövde ve toplam toprak üstü nem oranları bakımından ise türler arasında herhangi bir farkın olmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gelişim çağı, Macar meşesi, Saçlı meşe, Sapsız meşe, Tür

## Moisture contents of biomass components in coppice oak stands

**Abstract:** Biomass estimation-calculation methods in easy, economic and high accuracy are currently valuable researches depending on increasing importance on estimations of bioenergy, carbon stocks and budgets in forest ecosystems. Weights of biomass and biomass components are given oven dry mass because of the necessity of the estimation of biomass in low bias and variability of moisture. For this reason, estimation-determination of moisture contents in high accuracy and using for similar species provide convenience. Present study was conducted on coppice originated pure oak (*Quercus*) stands to determine the moisture contents of biomass components in Northern Thrace. Moisture contents of five different biomass components (foliage, branch, crown, stem and total aboveground) on 474 destructively sampled trees from different oak species (Hungary Oak, Turkey Oak, Sessile Oak) and development stages (Ma,Mb,Mc). Statistical comparison of moisture contents regarding as species and development stages were performed with Bonferroni-Dunn test. In conclusion, moisture contents of branch and crown showed significantly difference at  $p=0.05$  significance level, stem moisture contents did not significantly differ and moisture of above ground biomass of A development stage was 36% and significantly different from other stages (Mb and Mc, 38%) in comparison of development stages without species discrimination. Moisture contents of foliage, branch and crown of Turkey Oak were significantly different at  $p=0.05$  significance level, moisture contents of stem and above ground biomass did not show significantly difference in comparison of oak species.

**Keywords:** Development stage, Hungary oak, Turkey oak, Sessile oak, Species

### 1. Giriş

Meşeler Kuzey Amerika, Asya ve Avrupa'da oldukça geniş bir yayılı alanına sahiptirler, bu yayılış alanında tüm orman alanının %50'sini kapsamaktadır ve önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadırlar (Haavik vd., 2015). Ülkemizin de en başta gelen orman ağacı türlerinden olan meşeler, bu çalışmanın yürütüldüğü Kuzey Trakya Bölgesinde de oldukça geniş alanlarda yayılmaktadır. Trakya'da son belirlemelere göre orman alanı 656.004 ha olup, tüm Trakya'nın %28'ini kapsamaktadır. Trakya'da meşe türleri ile kaplı olan alan Trakya'nın %20'sidir. Meşe

koru ormanları ile kaplı olan alan ise Trakya'nın sadece %8'dir. Meşe ormanları Trakya orman alanının %72'sini oluşturmaktadır (meşe + kayın karışık ormanlar hariç). Bu ormanlar uzun yıllar baltalık işletme şekli ile işletilmişlerdir (Makineci vd., 2011).

Son zamanlarda farklı sektörel talepler yanında, biyokütle ve karbon hesaplarına olan ihtiyacın artışına bağlı olarak, orman ekosistemlerinde biyokütlenin belirlenmesinde daha kolay ve daha hassas modellerin oluşturulması önem kazanmaktadır. Biyokütle doğrudan sahada örnekleme ile belirlenebileceği gibi yüksek doğrulukta, az hata payına sahip tek ağaç biyokütle

<sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Hasılatı ve Biyometri Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul

<sup>b</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul

\* **Corresponding author** (İletişim yazarı): eozdemir@istanbul.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 21.02.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 24.06.2019



**Citation** (Atfı): Özdemir, E., Makineci, E., 2019. Baltalık meşe meşcerelerinde ağaç biyokütle bileşenlerinin nem oranları. Turkish Journal of Forestry, 20(2): 116-122. DOI: [10.18182/tjf.530457](https://doi.org/10.18182/tjf.530457)

denklemleri ile de belirlenebilmektedir. Biyokütle hesaplamalarında tüm bitkisel ağırlık ve farklı bileşen ağırlıkları kuru madde ağırlığı olarak verilmektedir (Durkaya ve Durkaya, 2008; Çömez, 2010; Pehlivan, 2014; Makineci vd., 2015; Tolunay vd., 2017). Çünkü bitki içerisindeki nem birçok faktöre (iklim, örnekleme zamanı, tür, gelişim çağı, biyokütle bileşeni, yetiştirme ortamı özellikleri, toprağın su tutma kapasitesi, faydalanılabilir su, vb.) bağlı olarak değişebilmektedir. Bu sebeple, başta biyokütle çalışmalarında bitki kütlelerinin veya biyokütle bileşenlerinin yaş ağırlık olarak verilmesi büyük hatalara sebep olabilmektedir. Biyokütle ölçüm ve hesaplamalarında olduğu gibi, nem ölçümleri de ya doğrudan alınan alt örneklerle veya, işgücünün azaltılması ve daha ekonomik olması bakımından, önceki çalışmalar ile belirlenen nem düzeltme faktörü olarak isimlendirilebilecek değerler biyokütle bileşenleri için kullanılabilir.

Paul vd. (2017) biyokütle hesaplamalarında hataları azaltmak ve yüksek doğrulukta hesaplamaların yapılabilmesi için Avustralya'da 1396 adet ağaç ve çalıda yapılan çalışmalardan nem düzeltme faktörü belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, nem düzeltme faktörü için, özellikle genç (ve küçük) bireylerde, toplam toprak üstü ağaç biyokütlesi belirlenmesinde, gövde ve tepe bileşenlerinin nem oranlarının temel alınmasının yeterli olabileceğini, sadece gövdeye dayanan nem düzeltmelerinin sapmayı arttırabileceğini belirtilmiştir. Nem düzeltme faktörü için alt örneklemelerde biyokütle bileşenlerine (yaprak, sürgün, dallar, kabuk, gövde odunu gibi) daha az önem verildiği ve yüksek doğruluk için bunların yoğun örneklenmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Gövde çapı gibi kolay ölçülen parametreler ile biyokütlenin tahmin edilmesinde ve hesaplanmasında taksonomik grupların ve meşcere gelişim çağı (yada yaş) için nem değerlerinin belirlenmesinin önemine dikkat çekmişlerdir. Belirli bir alanda, aynı bitki fonksiyonel grubu (yada yaşı), farklı bileşenler için yoğun örneklemeler ile belirlenen nem düzeltme faktörlerinin biyokütle hesaplamalarında kullanımı hatayı %4'e kadar düşürmektedir (Paul vd., 2017). Bu ifadelerden de anlaşıldığı üzere, benzer tür, gelişim çağı, biyokütle bileşeni için daha önceden belirlenen nem oranlarının biyokütle hesaplamalarında kullanımı yüksek doğrulukta tahminler sağlayabileceği gibi, iş yükünü azaltarak daha ekonomik çalışmalara olanak sağlamaktadır.

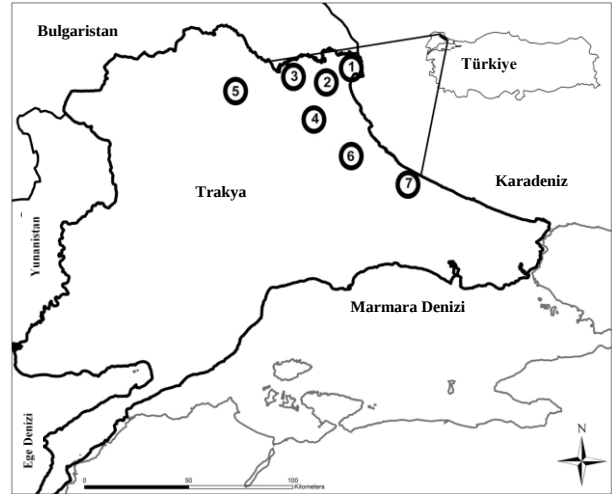
Görüldüğü üzere gelişim çağı ve ağaç türlerine göre biyokütle bileşenlerinin nem oranlarının belirlenmesi ile yüksek doğrulukta ve güvenilir düzeyde biyokütle tahminleri yapılabilecektir.

Kuzey Trakya araştırma alanında yüksek değere sahip ve baltalık (sürgün) kökenli meşe ormanlarında yürütülen bu çalışmada, ağaç biyokütle bileşenlerine (yaprak, dal, taç, gövde, toplam toprak üstü) ait nem oranlarının belirlenerek, farklı gelişim çağı ve meşe türleri kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma, Kuzey Trakya orman yetiştirme bölgesinde yer alan koruya tahvil edilmiş farklı meşe türlerini içeren ve farklı gelişim çağılarındaki meşe meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Kuzey Trakya olarak isimlendirilen çalışma alanı genel hatları ile; Yıldız Dağlık kütlesi (Istrancalar) ile Karatepe Dağlık kütlesi ve tür bileşimi bakımından dağlık kütledeki ormanlara benzer yapıya sahip olan, İç Trakya'nın kuzey batı kesimindeki Çerkezköy-Çantaköy-Sinekliköy arasındaki sahadır (Kantarci, 1976; Irmak vd., 1980). Araştırma, farklı yetiştirme ortamı özelliklerine sahip yedi bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 1; Çizelge 1). Dağlık yapısından dolayı Demirköy dört farklı bölgede (D1, D2, D3, D4) olmak üzere, Kırklareli, Vize ve Çatalca alanları farklı bölgeler olarak ayrılmıştır (Çizelge 1). Orman amenajman planlarından bu bölgelerdeki meşcere tipleri incelenmiş ve örnek alanların belirlenmesinde 3 farklı gelişim çağı (Ma:  $\bar{d} < 8$  cm; Mb:  $8 \text{ cm} \leq \bar{d} \leq 19,9$  cm; Mc:  $20 \text{ cm} \leq \bar{d} \leq 35,9$  cm;  $\bar{d}$ =Meşcere orta çapı) esas alınmıştır. Örnek alanlar, her bir bölgede farklı iki hakim anakaya üzerinde farklı gelişim çağılarından (Ma,Mb,Mc) altı tekrarlı olmak üzere meşe koruya tahvil sahalarından (sürgün kökenli ormanlardan) seçilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanı ve örnekleme noktaları (Demirköy dört farklı bölgede (1, 2, 3, 4) olmak üzere, Kırklareli (5), Vize (6) ve Çatalca (7)) (Makineci vd., 2015)

Çizelge 1. Araştırma alanlarında bazı iklim ve su bilançosu elemanları (Makineci vd., 2015)

| İklim ve su bilanço elemanı           | Demirköy D1 | Demirköy D2 | Demirköy D3 | Demirköy D4 | Kırklareli | Vize   | Çatalca |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------|---------|
| Yıllık toplam yağış (mm)              | 1053,30     | 837,30      | 865,80      | 837,30      | 550,20     | 720,00 | 843,50  |
| Yıllık ortalama sıcaklık (°C)         | 10,98       | 11,96       | 12,58       | 11,96       | 13,67      | 12,29  | 14,48   |
| Yıllık gerçek evapotranspirasyon (mm) | 548,80      | 497,10      | 487,30      | 497,10      | 454,40     | 424,20 | 525,00  |
| Yıllık su noksanı (mm)                | 83,60       | 157,60      | 180,70      | 157,60      | 273,70     | 243,50 | 212,40  |
| Yıllık su fazlası (mm)                | 504,50      | 340,20      | 378,50      | 340,20      | 95,80      | 295,80 | 318,50  |

Seçilen örnek alanların (20x20m) küresel konumlama sistemi (GPS) koordinatları, yetiştirme ortamı özellikleri belirlenerek, ilgili tablolara not edilmiştir. Her bir örnek alanda tüm ağaçların dip çapı ( $d_{0,30}$ ), göğüs yüksekliği çapı ( $d_{1,3}$ ), tepe çapı ve boyları ölçülerek, türleri belirlenmiştir. Alanlarda rastlanan meşe türleri, Sapsız Meşe (*Quercus petraea* (Matt) Liebl), Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.) ve Macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) olarak belirlenmiştir. Örnek alandaki her bir meşe türüne ait ortalama göğüs yüksekliği çapları hesaplanmıştır (Makineci vd., 2011).

Örnek alandaki her bir ağaç türünün orta çapına yakın ağaç kesilmek üzere örneklemeye amacıyla seçilmiştir. Örnek ağaçların dip kesitlerinden yıllık halka sayımları ile yaş tespitleri yapılmıştır. Kesilen her bir ağaç arazide dal, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılmıştır. Gövdeler, 0,3 m yükseklikten bir kesit alındıktan sonra, ikişer metrelik seksiyonlara (bölümlere) ayrılarak (0,3-2,3; 2,3-4,3; 4,3-6,3m....vb) arazide yaş ağırlığı tartılmıştır. İkişer metrelik kesitlerin ortalarından yaklaşık 5 cm kalınlığında diskler alınarak yaş ağırlıkları tartılmıştır. Kesilen ağacın dalları gövdeye en yakın yerinden kesilerek araziye serilen bir bez örtü üzerine istiflenerek, tartılmıştır. Dallardan ayrılan yapraklarda aynı şekilde bir örtü üzerine toplanmıştır. Benzer şekilde kesilen ağacın toplam dal ve yaprak ağırlığı yaş ağırlık olarak arazide tartılmıştır. Dallardan ve yapraklardan da nem analizleri için belli miktarda rasgele örnekler alınarak bu örneklerin de yaş ağırlıkları arazide tartılmıştır. Arazideki ağırlık ölçümleri, ağacın kesimini takip eden 1 saat içerisinde gerçekleştirilmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen gövde odunu, dal ve yaprak örnekleri laboratuvara götürülmüştür. Biyokütle ölçümlerine ait bir çok çalışma metodu tanımlanmıştır (Saraçoğlu, 1988; Durkaya, 1998; Onyekwelu, 2004; Onyekwelu, 2007; Çömez, 2010). Örnek alanlarda nem oranlarının belirlenmesi için örneklenen ağaçların tanımlayıcı istatistikleri Gelişim çağı ve meşe türlerine göre Çizelge 2’de verilmiştir.

## 2.2. Yöntem

Gövde odunundan alınan gövde kesitleri, dal ve yaprak örnekleri 70°C’ta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuşlardır (Onyekwelu, 2004; Onyekwelu, 2007). Alt örneklerin (odun, dal, yaprak) fırın kurusu ağırlık değerleri bulunduktan sonra yaş ve kuru ağırlık farkından nem oranları elde edilmiştir (Durkaya ve Durkaya, 2008; Çömez, 2010; Tolunay vd., 2017). Nem oranı bitki örnekleri için  $Nem\ Oranı = ((numune\ yaş\ ağırlığı - numune\ fırın\ kurusu\ ağırlığı) / numune\ yaş\ ağırlığı) \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır (Karaöz, 1992; Paul vd., 2017).

### 2.2.1. Veri analizi

Biyokütle bileşenlerindeki (yaprak, dal, taç, gövde, toplam toprak üstü) nem oranları meşe türleri ve gelişim çağlarında normal dağılım göstermediği için, meşe türlerinin ve gelişim çağlarının nem oranları bakımından karşılaştırılmasında Bonferroni-Dunn testi kullanılmıştır. Bonferroni-Dunn testi genellikle non-parametrik çiftli çoklu karşılaştırmalar için kullanılmaktadır (Dinno, 2015). Bonferroni-Dunn testi R yazılımının 3.3.1. versiyonunun PMCMR (The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks) paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Pohlert, 2014; R Core Team, 2016). Karşılaştırmalarda  $p=0,05$  anlamlılık düzeyi esas alınmıştır. Karşılaştırmalarda üç aşamalı bir yaklaşım izlenmiştir. Birinci aşamada gelişim çağı ayrımı yapmadan meşe türleri, ikinci aşamada meşe türü ayrımı yapmadan gelişim çağları nem oranları bakımından karşılaştırılmıştır. Üçüncü aşamada ise gelişim çağı sabit tutularak her gelişim çağı içerisinde meşe türleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2. Örnek ağaçların türlere ve gelişim çağlarına göre tanımlayıcı istatistikleri

| Değişken           | Gelişim çağı | Ağaç türü    |            |             | Genel    |
|--------------------|--------------|--------------|------------|-------------|----------|
|                    |              | Macar meşesi | Saçlı meşe | Sapsız meşe |          |
| n                  | Ma           | 48           | 63         | 69          | 180      |
|                    | Mb           | 58           | 21         | 97          | 176      |
|                    | Mc           | 18           | 32         | 68          | 118      |
|                    | Genel        | 124          | 116        | 234         | 474      |
| $d_{1,30}$<br>(cm) | Ma           | 2,7±1,5      | 3,4±1,9    | 3,5±2,3     | 3,2±2    |
|                    | Mb           | 14,6±2,7     | 16,2±3     | 14,4±3,2    | 14,7±3   |
|                    | Mc           | 24,7±4,7     | 24,6±3,8   | 24±3,5      | 24,3±3,8 |
|                    | Genel        | 11,5±8,2     | 11,6±9,8   | 14±8,4      | 12,7±8,8 |
| h<br>(m)           | Ma           | 3±1,3        | 3,2±1,2    | 3,7±2,1     | 3,4±1,6  |
|                    | Mb           | 12,9±3,8     | 13,3±3,8   | 12,1±3,4    | 12,5±3,6 |
|                    | Mc           | 17,8±2,6     | 18,6±2,7   | 17,5±2,7    | 17,9±2,7 |
|                    | Genel        | 9,8±6,4      | 9,3±7,2    | 11,2±6,1    | 10,4±6,5 |
| t<br>(Yıl)         | Ma           | 12±4         | 11±5       | 16±8        | 13±7     |
|                    | Mb           | 59±15        | 54±14      | 62±15       | 60±15    |
|                    | Mc           | 86±31        | 66±12      | 88±27       | 82±26    |
|                    | Genel        | 45±32        | 34±27      | 56±33       | 48±33    |

n= Örnek ağaç sayısı;  $d_{1,3}$ : Göğüs Çapı; h: Ağaç Boyu; t: Ağaç Yaşı;  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama; s=Standart Sapma;  $\bar{x} \pm s$

### 3. Bulgular

Biyokütle bileşenlerindeki nem oranları bakımından, meşe türleri ve gelişim çağları karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar her bir biyokütle bileşeni için aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Yaprak nem oranı

Gelişim çağı ayrımı yapmadan yaprak nem oranları bakımından meşe türleri karşılaştırıldığında % 36,4 değeri ile en küçük nem oranına sahip saçlı meşenin diğer meşe türlerinden ayrıldığı görülmektedir. Meşe türü ayrımı yapmadan yaprak nem oranları bakımından gelişim çağları karşılaştırıldığında, üç gelişim çağının birbirinden ayrıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. En yüksek yaprak nem oranının %41,1 ile Mc gelişim çağında, en düşük nem oranının ise %35,7 ile Ma gelişim çağında olduğu belirlenmiştir. Ağaçların çapları geliştikçe nem oranlarının yaklaşık %5-6 arttığı görülmektedir (Çizelge 3).

Meşe türleri, yaprak nem oranı bakımından her bir gelişim çağı içerisinde karşılaştırıldığında Ma gelişim çağında, Macar meşesi ile Saçlı meşenin farklı olduğu, Mb gelişim çağında ise saçlı meşe ile sapsız meşenin farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Mc gelişim çağında ise meşe türleri arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir fark bulunmamaktadır. Tüm gelişim çağlarında ve meşe türlerinde genel ortalama yaprak nem oranı %38,5 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

#### 3.2. Dal nem oranı

Meşe türü ayrımı yapmadan dal nem oranları bakımından gelişim çağları karşılaştırıldığında üç gelişim çağının birbirinden ayrıldığı tespit edilmiştir. En yüksek dal

nem oranının % 41,1 ile Mc gelişim çağında, en düşük nem oranının ise %35,4 ile Ma gelişim çağında olduğu belirlenmiştir. Ağaçların çapları geliştikçe nem oranlarının yaklaşık %6 arttığı görülmektedir (Çizelge 4). Benzer sonuçlara yaprak nem oranında da ulaşılmıştır.

Gelişim çağı ayrımı yapmadan dal nem oranları bakımından meşe türleri karşılaştırıldığında, yaprak nem oranına benzer bir şekilde %36,3 değeri ile en küçük nem oranına sahip saçlı meşenin diğer meşe türlerinden ayrıldığı görülmektedir.

Her bir gelişim çağında meşe türleri karşılaştırıldığında dal nem oranı bakımından Ma ve Mc gelişim çağlarında meşe türleri arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir fark bulunmamaktadır. Mb gelişim çağında ise yaprak nem oranında olduğu gibi saçlı meşe ile sapsız meşenin farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tüm gelişim çağlarında ve meşe türlerinde genel ortalama dal nem oranı % 38,3 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

#### 3.3. Taç nem oranı

Gelişim çağı ayrımı yapmadan taç nem oranları bakımından meşe türleri karşılaştırıldığında % 36,3 değeri ile en küçük nem oranına sahip saçlı meşenin diğer meşe türlerinden ayrıldığı görülmektedir. Ağaç türü ayrımı yapmadan taç nem oranları bakımından gelişim çağları karşılaştırıldığında ise üç gelişim çağının birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. En yüksek taç nem oranının % 41,1 ile Mc gelişim çağında, en düşük nem oranının ise %35,5 ile Ma gelişim çağında olduğu belirlenmiştir. Ağaçların çapları geliştikçe nem oranlarının yaklaşık %6 arttığı görülmektedir. Taç, yaprak ve dal bileşeninden oluştuğu için nem oranı bakımından yaprak ve dalda elde edilen benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 3. Yaprak nem oranı bakımından meşe türlerinin ve gelişim çağlarının Bonferroni-Dunn Testi ile çoklu karşılaştırılması

| Biyokütle<br>bileşeni | Gelişim<br>çağı | Ağaç türü           |       |                   |       |                     |       | Genel             |       |
|-----------------------|-----------------|---------------------|-------|-------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|
|                       |                 | Macar meşesi        |       | Saçlı meşe        |       | Sapsız meşe         |       |                   |       |
|                       |                 | $\bar{x}$ (%)       | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)       | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |
| Yaprak                | Ma              | 36,9 <sup>a</sup>   | 6,4   | 34,3 <sup>b</sup> | 5,3   | 36,2 <sup>a,b</sup> | 6,5   | 35,7 <sup>a</sup> | 6,1   |
|                       | Mb              | 39,4 <sup>a,b</sup> | 5,5   | 36,5 <sup>a</sup> | 3,7   | 40,2 <sup>b</sup>   | 5,3   | 39,5 <sup>b</sup> | 5,3   |
|                       | Mc              | 42,2 <sup>a</sup>   | 5,4   | 40,4 <sup>a</sup> | 7,0   | 41,1 <sup>a</sup>   | 4,2   | 41,1 <sup>c</sup> | 5,2   |
|                       | Genel           | 38,9 <sup>a</sup>   | 6,1   | 36,4 <sup>b</sup> | 6,1   | 39,3 <sup>a</sup>   | 5,8   | 38,5              | 6,0   |

$\bar{x}$ : Ortalama Nem oranı; s=Standart Sapma; (a,b,c; farklı grupları göstermektedir.)

Çizelge 4. Dal nem oranı bakımından meşe türlerinin ve gelişim çağlarının Bonferroni-Dunn Testi ile çoklu karşılaştırılması

| Biyokütle bileşeni | Gelişim çağı | Ağaç türü           |       |                   |       |                   |       | Genel             |       |
|--------------------|--------------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|                    |              | Macar meşesi        |       | Saçlı meşe        |       | Sapsız meşe       |       |                   |       |
|                    |              | $\bar{x}$ (%)       | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |
| Dal                | Ma           | 36,3 <sup>a</sup>   | 7,4   | 34,1 <sup>a</sup> | 5,3   | 36,0 <sup>a</sup> | 6,3   | 35,4 <sup>a</sup> | 6,3   |
|                    | Mb           | 39,4 <sup>a,b</sup> | 5,5   | 36,5 <sup>a</sup> | 3,7   | 40,2 <sup>b</sup> | 5,3   | 39,5 <sup>b</sup> | 5,3   |
|                    | Mc           | 42,2 <sup>a</sup>   | 5,4   | 40,4 <sup>a</sup> | 7,0   | 41,1 <sup>a</sup> | 4,2   | 41,1 <sup>c</sup> | 5,3   |
|                    | Genel        | 38,6 <sup>a</sup>   | 6,6   | 36,3 <sup>b</sup> | 6,2   | 39,2 <sup>a</sup> | 5,7   | 38,3              | 6,2   |

$\bar{x}$ : Ortalama Nem oranı; s=Standart Sapma; (a,b,c; farklı grupları göstermektedir.)

Çizelge 5. Taç nem oranı bakımından meşe türlerinin ve gelişim çağlarının Bonferroni-Dunn Testi ile çoklu karşılaştırılması

| Biyokütle bileşeni | Gelişim çağı | Ağaç türü           |       |                   |       |                   |       | Genel             |       |
|--------------------|--------------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|                    |              | Macar meşesi        |       | Saçlı meşe        |       | Sapsız meşe       |       |                   |       |
|                    |              | $\bar{x}$ (%)       | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |
| Taç                | Ma           | 36,5 <sup>a</sup>   | 6,7   | 34,2 <sup>a</sup> | 5,2   | 36,1 <sup>a</sup> | 6,4   | 35,5 <sup>a</sup> | 6,2   |
|                    | Mb           | 39,4 <sup>a,b</sup> | 5,5   | 36,5 <sup>a</sup> | 3,7   | 40,2 <sup>b</sup> | 5,3   | 39,5 <sup>b</sup> | 5,3   |
|                    | Mc           | 42,2 <sup>a</sup>   | 5,4   | 40,4 <sup>a</sup> | 7,0   | 41,1 <sup>a</sup> | 4,2   | 41,1 <sup>c</sup> | 5,3   |
|                    | Genel        | 38,7 <sup>a</sup>   | 6,3   | 36,3 <sup>b</sup> | 6,1   | 39,3 <sup>a</sup> | 5,7   | 38,4              | 6,1   |

$\bar{x}$ : Ortalama Nem oranı; s=Standart Sapma; (a,b,c; farklı grupları göstermektedir.)

Taç nem oranı bakımından her bir gelişim çağında meşe türleri karşılaştırıldığında dal nem oranına benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Tüm gelişim çağlarında ve meşe türlerinde genel ortalama taç nem oranı, dal nem oranında olduğu gibi % 38,4 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

#### 3.4. Gövde nem oranı

Gövde nem oranı bakımından genel olarak meşe türleri ve gelişim çağları arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir fark bulunmamakta ve birbirine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Gövde nem oranı bakımından her bir gelişim çağında meşe türleri karşılaştırıldığında sadece Mc gelişim çağında saçlı ve sapsız meşenin farklı olduğu diğer gelişim çağlarında ise meşe türleri arasında anlamlı ve önemli bir farkın bulunmadığı görülmektedir. Tüm gelişim çağlarında ve meşe türlerinde genel ortalama gövde nem oranı % 36,9 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

#### 3.5. Toplam toprak üstü

Ağaç türü ayrımı yapmadan toplam toprak üstü biyokütledeki nem oranları bakımından gelişim çağları karşılaştırıldığında % 35,9'luk en düşük değerle sadece Ma gelişim çağının diğer gelişim çağlarından farklı olduğu belirlenmiştir. Gelişim çağı ayrımı yapmadan toplam toprak üstü biyokütledeki nem oranları bakımından meşe türleri arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir farkın bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Toplam toprak üstü biyokütledeki nem oranları bakımından her bir gelişim çağında meşe türleri karşılaştırıldığında ise tüm gelişim çağlarında meşe türleri arasında anlamlı ve önemli bir fark bulunmadığı görülmektedir. Tüm gelişim çağlarında ve meşe türlerinde genel ortalama toplam toprak üstü biyokütledeki nem oranı % 37 olarak belirlenmiştir (Çizelge 7).

#### 4. Tartışma ve sonuç

Orman ekosistemlerinde biyokütle çalışmalarında, bir ağacın biyokütle bileşenlerine ya da ağacın tamamı için belirlenen biyokütle miktarları fırın kuru ağırlık olarak verilmektedir. Çünkü, yaş ağırlık nem içermektedir, ağaç biyokütle bileşenleri içerisindeki nem miktarı, ağaç türüne, yetiştirme ortamına, örneklem zamanına, ağacın yaş veya gelişim çağına ve diğer birçok faktöre göre değişebilir (Saraçoğlu, 1998; Bi vd., 2015; Paul vd., 2017).

Nitekim, Paul vd. (2017) yaptıkları araştırmada alansal farklılıkların, türlerin, gelişim çağı-yaş farklarının ve biyokütle bileşenlerinin farklı nem içeriklerine sahip olduklarını vurgulamaktadır. Aynı şekilde, King vd. (2006) nem oranlarının ağaç yaşına göre farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir. Keduolhouvonuo Kumar (2017), Hindistan'da 15 farklı türün gövde ve dal odunlarında nem içeriğini belirledikleri çalışmada nem oranları en düşük meşede (*Quercus pachyphylla*, dalda % 31,16 gövdede % 32,05) en yüksek *Albizia chinensis* türünde (dal %60,88 ve gövde:%63,11) tespit edilmiştir. Diğer bir meşe türü olan *Quercus serrata* da ise nem oranları gövde de: %34,01 ve dalda %31,33 değerindedir. Bu araştırmalara paralel olarak, biyokütle bileşenlerindeki nem oranlarının meşe türleri ve gelişim çağlarına göre incelendiği çalışmamızda da tür ayrımı yapılmadan, yaprak, dal, taç biyokütle bileşenlerine ait nem oranları gelişim çağlarına göre istatistik bakımdan anlamlı farklılıklar göstermekte ve gelişim çağları ilerledikçe nem oranları artmaktadır. Yaprak, dal ve taç nem oranlarında, Ma gelişim çağından (% 35) Mc gelişim çağına (%41) doğru yaklaşık %5-6 oranında bir artış söz konusu olmaktadır. Gövde nem oranı bakımından tüm gelişim çağları yaklaşık %37 oranında bir nem oranı ile birbirinden farklılık göstermemektedirler. Toplam toprak üstü nem oranı bakımından ise sadece Ma gelişim çağı yaklaşık % 36'luk nem oranı ile diğer gelişim çağlarından ayrılmaktadır.

Çizelge 6. Gövde nem oranı bakımından meşe türlerinin ve gelişim çağlarının Bonferroni-Dunn Testi ile çoklu karşılaştırılması

| Biyokütle bileşeni | Gelişim çağı | Ağaç türü           |       |                   |       |                   |       | Genel             |       |
|--------------------|--------------|---------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|                    |              | Macar meşesi        |       | Saçlı meşe        |       | Sapsız meşe       |       | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |
|                    |              | $\bar{x}$ (%)       | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |                   |       |
| Gövde              | Ma           | 37,7 <sup>a</sup>   | 9,3   | 36,5 <sup>a</sup> | 7,7   | 36,2 <sup>a</sup> | 7,4   | 36,7 <sup>a</sup> | 8,0   |
|                    | Mb           | 37,2 <sup>a</sup>   | 3,2   | 37,5 <sup>a</sup> | 2,9   | 37,3 <sup>a</sup> | 3,9   | 37,3 <sup>a</sup> | 3,6   |
|                    | Mc           | 36,2 <sup>a,b</sup> | 3,6   | 38,3 <sup>a</sup> | 2,1   | 36,3 <sup>b</sup> | 3,2   | 36,8 <sup>a</sup> | 3,1   |
|                    | Genel        | 37,3 <sup>a</sup>   | 6,3   | 37,2 <sup>a</sup> | 5,9   | 36,7 <sup>a</sup> | 5,1   | 36,9              | 5,6   |

$\bar{x}$ : Ortalama Nem oranı; s=Standart Sapma; (a,b,c; farklı grupları göstermektedir.)

Çizelge 7. Toplam toprak üstü nem oranı bakımından meşe türlerinin ve gelişim çağlarının Bonferroni-Dunn Testi ile çoklu karşılaştırılması

| Biyokütle bileşeni | Gelişim çağı | Ağaç türü         |       |                   |       |                   |       | Genel             |       |
|--------------------|--------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|                    |              | Macar meşesi      |       | Saçlı meşe        |       | Sapsız meşe       |       | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |
|                    |              | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) | $\bar{x}$ (%)     | s (%) |                   |       |
| Toplam toprak üstü | Ma           | 37,1 <sup>a</sup> | 5,6   | 35,3 <sup>a</sup> | 5,4   | 35,6 <sup>a</sup> | 5,1   | 35,9 <sup>a</sup> | 5,3   |
|                    | Mb           | 37,5 <sup>a</sup> | 2,5   | 37,1 <sup>a</sup> | 2,6   | 37,9 <sup>a</sup> | 3,3   | 37,7 <sup>b</sup> | 3,0   |
|                    | Mc           | 37,8 <sup>a</sup> | 3,3   | 38,5 <sup>a</sup> | 2,5   | 37,4 <sup>a</sup> | 2,8   | 37,7 <sup>b</sup> | 2,8   |
|                    | Genel        | 37,4 <sup>a</sup> | 4,0   | 36,5 <sup>a</sup> | 4,5   | 37,1 <sup>a</sup> | 3,9   | 37,0              | 4,1   |

$\bar{x}$ : Ortalama Nem oranı; s=Standart Sapma; (a,b,c; farklı grupları göstermektedir.)

Aynı yetiştirme ortamında farklı türlerdeki nem değerleri farklı değerlerle değişebilmektedir. Bu kapsamda incelendiğinde; Şölenler (2004), kızılçam biyokütle örneklerinden alınan numunelerde öğütülen ve kalorimetre cihazında analiz öncesi doğrudan ölçüm ile (numunenin nem tayini ASTM-D 2016-74 yöntemi ile yapılmıştır) belirlenen nem oranlarını, kabuk %11,04, gövde %11,00, ibre %9,09 olarak ölçmüştür. Uçar (1988), odun parçasının hava kurusu nemini %20 taze nemini %60, kabuk nemlerini ise %60-150 arasında vermiştir. Hosegood vd. (2011) yanmış bir alanda dört farklı türde ve her bir tür için tek bir ağaçta yapılan portatif nem ölçer [Protimeter Surveymaster SM (GE, Billerica MA, USA)] ile nem değerlerini belirlemişlerdir. Yangından sonra beş farklı zamanda yapılan ölçümlerde ortalama nem değerlerini göknarda (*Abies balsamea*) %18-27, huşta (*Betula alba*) %38-46, kavakta (*Populus tremuloides*) %26-54 ve ladinde (*Picea mariana*) %17-23 olarak tespit etmişlerdir. Genel sonuç olarak ortalama nem değerinin %30 ve standart sapmanın %14,7 olduğunu ifade etmişlerdir. Özcan (2018), Van yöresi Boz Kavak (*Populus x canescens*) biyokütle bileşenleri için nem oranlarını, yaprakta % 38,7, dalda % 44,2, tahta % 42 ve gövdede % 43,7 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlarla birlikte, çalışmamızda da biyokütle bileşenlerindeki nem oranları genel olarak gelişim çağlarına göre farklılık göstermesinden dolayı her bir gelişim çağında meşe türleri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Ma gelişim çağında sadece Macar meşesi % 36,9, Saçlı meşe % 34,3 yaprak nemi oranları ile farklı bulunurken, diğer biyokütle bileşenlerine (dal, taç, gövde, toplam toprak üstü) ait nem oranları bakımından meşe türleri arasında anlamlı ve önemli bir fark bulunmamaktadır. Mb gelişim çağında Saçlı meşe % 36,5, Sapsız meşe % 40,2 yaprak, dal ve taç nem oranları ile farklı bulunurken, gövde ve toplam toprak üstü nem oranları bakımından ise meşe türleri arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Mc gelişim çağında ise yaprak, dal, taç ve toplam toprak üstü nem oranları bakımından meşe türleri arasında herhangi bir fark bulunmazken, Saçlı meşe %38,3 ve Sapsız meşe %36,3 gövde nem oranı ile birbirlerinden ayrılmaktadır.

Diğer taraftan; bazı araştırmacılarda aynı ağaçta bile farklı biyokütle bileşenlerinin farklı nem içeriklerine sahip olabileceğini bildirmektedir (Auclair ve Metayer, 1980; Auclair, 1986; Picard vd., 2012). Her ne kadar istatistiksel bir değerlendirme yapılmasa da çalışmamızda da tüm gelişim çağları ve meşe türleri için genel ortalama nem oranları yaprak, dal ve tahta yaklaşık %38 civarında iken bu oran, gövde ve toplam toprak üstünde ise yaklaşık % 37 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; çalışmamızda biyokütle bileşenlerindeki nem oranları bakımından gelişim çağları ve meşe türleri arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Fakat farklı belirleme yöntemleri, numuneler ve değerlendirme ölçütleri literatürde bitkisel nem oranlarının karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır.

Örnekleme yöntemi standart bir yol izlemesi nem faktörünün belirlenmesinde oldukça önemli bir unsurdur. Biyokütle çalışmalarında standart nem ölçümleri için örnekler ağaç kesildikten bir saat içerisinde alınmalı ve taze ağırlıkları ile tartılmalıdır (Paul vd., 2017). Daha uzun zaman sürecinde örneklerin nem kaybı artmaktadır (Auclair, 1986; Picard vd., 2012). Gövdelerden alınan kalın disklerinde kuruma süresi çok daha uzun olabilir (Paul vd., 2017). Numunelerin

fanlı kurutma fırınlarında 70 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar kurutulması önerilmektedir (Snowdon vd., 2000). Daha yüksek sıcaklıklarda (>80 °C) bazı organik bileşiklerin ayrışmaya başlaması (Paul vd., 2017) ve bazı bitki yağları buharlaşmaya başladığı (Reuter vd., 1997) için ağırlık kayıpları meydana gelebilir (Paul vd., 2017).

Bu nedenlerden dolayı, biyokütle çalışmalarında toplam biyokütle ve/veya biyokütle bileşenlerinin kuru ağırlıkları verilmektedir (Saraçoğlu, 1998). Örneklenen materyalin nem oranlarının biyokütle araştırmalarında sunulması, biyokütledeki kuru ağırlıkların hesaplanmasında daha kolaylaştırıcı ve ekonomik bir yol olarak kullanılabilir. Ayrıca benzer türlerde yapılacak yeni çalışmalar öncekiler için kontrol ve geçerliliğini artırma şansı sağlayabilecektir. Bu sebeple biyokütle çalışmalarında standart nem belirleme yönteminin kullanılarak nem değerlerinin sunulması önerilir.

### Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Proje No: TOVAG-107O750. Proje grubundaki araştırmacılara arazi ve laboratuvarındaki gösterdikleri özverili çalışmalarından dolayı teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- Auclair, D., 1986. Measurement errors in forest biomass estimation. In: Wharton, E. H., Cunia, T. (Eds.), Estimating Tree Biomass Regressions and their Error. NEGTR- 117. USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Broomall, pp. 1-13.
- Auclair, D., Metayer, S., 1980. Methodologie de l'évaluation de la biomasse aerienne sur pied et de la production en biomasse des taillis. Acta Oecologica, 1: 357-377.
- Bi, H., Murphy, S., Volkova, L., Weston, C., Fairman, T., Li, Y., Law, R., Norris, J., Lei, X., Caccamo, G., 2015. Additive biomass equations based on complete weighing of sample trees for open eucalypt forest species in south-eastern Australia. Forest Ecology and Management, 349: 106-121.
- Çömez, A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dinno, A., 2015. Nonparametric Pairwise Multiple Comparisons in Independent Groups Using Dunn's Test. The Stata Journal, 15 (1): 292-300.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2008. Türkiye topraküstü tek ağaç ve meşcere biyokütle Tabloları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10 (13): 1-10.
- Haavik, L.J., Billings, S.A., Guldin, J.M., Stephen, F.M., 2015. Emergent insects, pathogens and drought shape changing patterns in oak decline in North America and Europe. Forest Ecology and Management, 354: 190-205.
- Hosegood, S., Leitch, M., Shahi, C., Pulkki, R., 2011. Moisture and energy content of fire-burnt trees for bioenergy production: A case study of four tree species from northwestern Ontario. The Forestry Chronicle, 87(1): 42-47.
- Irmak, A., Kurter, A., Kantarcı, M.D., 1980. Trakya'nın Orman Yetiştirme Ortamı Bölgelerinin Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Yayın No:2636, Orman Fakültesi Yayın No: 276, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

- Kantarci, M.D., 1976. Trakya Ormanlarının Bölgesel Orman Yetiştirme Muhtı Özelliklerine Göre Doğal Ağaç ve Çalı Türleri İle Sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-26(2): 138-210.
- Karaöz, Ö., 1992. Yaprak ve ölü örtü analiz yöntemleri. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 42(1-2):57-72.
- Keduolhouvono, Kumar, H., 2017. Variation in wood specific gravity of selected tree species of Kohima district of Nagaland North Eastern parts of India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(6):70-74.
- King, D.A., Davies, S.J., Tan, S., Noor, N.S.M., 2006. The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees. Journal of Ecology, 94:670-680.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Özdemir, E., Kumbaşı, M., Sevgi, O., Ketten, A., Beşkardeş, V., Zengin, H., Yılmaz, H., Çalışkan, S., 2011. Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi. TÜBİTAK Projesi, TÜBİTAK-TOVAG 107O750.
- Makineci, E., Özdemir, E., Çalışkan, S., Yılmaz, E., Kumbaşı, M., Ketten, A., Beşkardeş, V., Zengin, H., Yılmaz, H., 2015. Ecosystem carbon pools of coppice-originated oak forests at different development stages. European Journal of Forest Research, 134:319-333.
- Onyekwelu, C.J., 2004. Above-ground Biomass Production and Biomass Equations For Even-Aged Gmelina Arborea (ROXB) Plantations in South-Western Nigeria. Biomass & Bioenergy, 26:39-46.
- Onyekwelu, C.J., 2007. Growth, Biomass Yield and Biomass Functions For Plantation-Grown Nauclea Diderrichii (De Wild) in The Humid Tropical Rainforest Zone South-Western Nigeria. Bioresource Technology, 98:2679-2687.
- Özcan, Y., 2018. Van yöresi Boz Kavak (*Populus x canescens*) Tek Ağaç Bitkisel Kütlelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Paul, K. I., Roxburgh, S. H., Larmour, J. S., 2017. Moisture content correction: Implications of measurement errors on tree-and site-based estimates of biomass. Forest Ecology and Management, 392:164-175.
- Pehlivan, S., 2014. Türkiye'deki Bitkisel Kütle Çalışmalarının Değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, "Akdeniz ormanlarının geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve çevre", 22-24 Ekim 2014, Isparta, s.683-692.
- Picard, N., Saint-André, L., Henry, M., 2012. Manual for Building Tree Volume and Biomass Allometric Equations: From Field Measurement to Prediction. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 pp.
- Pohlert, T., 2014. \_The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). R package, <https://CRAN.R-project.org/package=PMCMR>.
- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>.
- Reuter, D.J., Robinson, J.B., Peverill, K.I., Price, G.H., Lambert, M.J., 1997. Guidelines for collecting, handling and analysing plant material. In: Reuter, D.J., Robinson J.B. (Eds.), Plant Analysis: An Interpretation Manual, second ed., pp 53-80.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22:93-100.
- Snowdon, P., Raison, J., Keith, K., Ritson, P., Grierson, P., Adams, M., MONTAGUE, K., Bi, H., Burrows, W., Eamus, D., 2000. Protocol for Sampling Tree and Stand Biomass. National Carbon Account System Technical Report No. 31. Australian Government, Canberra, Australia.
- Şölener, M., 2004. Kızılcım biyokütlesinde ısı değeri belirlenmesi. Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi C.XVII, S.2.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A., 2017. İstanbul-Durusu kumul alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırmalarında karbon birikimi. TÜBİTAK Projesi, Proje no: 114O797.
- Uçar, G., 1988. Odun ve orman artıklarının enerji ve kimyasal madde kaynağı olarak değerlendirilme olanakları-odun ve benzeri bitkisel biyokütlenin termik ayrıştırma yöntemleri. Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, B-38(1):76-91.