

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSİYON, GÖVDE VE BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

Serdar CARUS

Yrd.Doç.Dr., S.D.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta.

ÖZET

*Bu çalışmada, kesilmiş gövdelerdeki gerçek hacim ve çeşitli gövde hacim formülleriyle hesaplanan hacim değerleri farklarının anlamlı olup olmadığının ($\bar{d} = 0$; farkların aritmetik ortalaması) incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, Batı ve Orta Karadeniz yöresi müdahale görmemiş aynı yaşlı, saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinden, galip tabakada yer alan 150 ağaçta yapılan gövde analizleri yardımıyla; Huber, Smalian ve Newton-Riecke formüllerinin seksiyon, gövde ve bağıl uzunluklara göre gerçek hacimden gösterdiği değişimin incelenmesi amaçlanmıştır. 2m uzunluğunda alınan seksiyonların Huber formülüyle bulunan hacimlerinin toplamı gerçek hacim olarak kabul edilmiştir. Bu değer; formül ve seksiyon uzunluğu kombinasyonlarıyla bulunan değerlerle istatistik açıdan, eşleştirilmiş t-testi ile denetlenmiştir. Newton-Riecke formülü ve onun kombinasyonları ortalama hatası 0,05 önem düzeyinde sıfırdan farksız bulunmuştur. Örnek ağaçların, gövde uzunluğu-hata oranı (hesap değeri ile gerçek değer farkının, gerçek büyüklüğe oranı) ilişkisi, seksiyon uzunluğu (1,2 ve 4m) ve bağıl uzunluklar (0.05,0.10,0.20 ve 0.25) grafik olarak da ortaya konmuştur.*

Anahtar Kelimeler: Gövde analizi, doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), gövde hacim formülü, Huber, Smalian, Newton-Riecke.

COMPARISON OF SOME VOLUME FORMULAS REGARDING THE STEM, SEGMENTS AND FRACTIONS OF THE STEM

ABSTRACT

*In this study, it has been aimed at investigating the bias (mean error) in calculating volumes of felled trees. Calculating determined whether mean error was significantly different from zero by using paired samples t- test. It examines the relationship of bias magnitude to measurement interval and presents guidelines for meeting accuracy requirements. For this research, various formulas and segment combinations were tested. The data was obtained from dominant 150 oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) trees by stem analysis, which were taken from the pure, even-aged, untreated and naturally grown stands; in the West and Middle Black Sea Region. In all trees, cross-sectional diameter in various points and heights were measured. Besides, results of the methods have also been graphically showed according to tree height, fraction of stem between measurements, and mean error of various volume formulas, which*

were used by Huber, Smalian and Newton Riecke. Estimates of formulas and segment combinations were compared with "true" volume of each stem by using paired samples t- test, which was determined by aggregating the volumes of measured short section (2m) using Huber's. The mean error of the Newton-Riecke estimate of the stem volumes was not significant and Newton-Riecke estimate was clearly more accurate, and its mean error was not significant at 0.05 probability level.

Keywords: Stem analysis, oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.), stem volume formula, Huber, Smalian, Newton-Riecke.

1. GİRİŞ

Ülkemizde orman amenajmanı yönetmeliğine göre, hacim eğrisinin çizimi ve hacim tablosunun düzenlenmesi için kesilen örnek ağaçların bölümlene yöntemi ile hacimlendirilmesi gerekmektedir (1). Ayrıca, ormancılıkta alım-satım, ağaç hacmi ve hacim artımı envanteri ve bilimsel araştırma vb. işlerde tek ağaçtan elde edilecek her türlü odun ürün sınıflarının hacmini bulmak için çeşitli hacim tayini formülleri vardır (2,3,4,5). Gövde bütünü veya parçasının hacminin duyarlı olarak belirlenebilmesi; kullanılacak hacim yöntemindeki ölçmelerin sayısı ve yerine bağlı bulunmaktadır.

Ormancılık çalışmalarında gövde hacimlerinin gerçeğe yakın olarak hesaplanması ihtiyacı bulunmaktadır. Odun hacminin tayini için türetilen formüllerin çoğu, uygulamanın istediği özelliklere sahip olmadığından uygulamada yer bulamamıştır. Bazısının verdiği sonuç daha duyarlı fakat uygulaması yorucudur. Bunun tersi de söz konusudur. Hacmin tayini için en az ölçmeyi gerektiren formül basit ve kullanışlıdır (2,3,4,5,6).

Tomruk hacminin tahmini için standart olarak Huber, Smalian ve Newton-Riecke kullanılmaktadır. Bu formüllerden, Newton-Riecke dönel cisimlerden silindir, koni, paraboloid ve nayloid için doğru sonuç vermesi nedeniyle, diğerlerine kıyasla daha uygun olduğu bilinmektedir.

Gövdenin eşit uzunluk (1,2,4m) veya boyun belirli oranındaki uzunluğu şeklinde bölümlere (seksiyon) ayrılarak hacimlendirilmesi de mümkündür. Yöntem; bilimsel araştırma ve meşcere hacminin tayini gibi amaçlarla kesilen ağaçların ya da uzun ve değerli gövdelerde hacmin tayininde kullanılmaktadır (2,3,4,5,6).

Gövde hacmini hesaplamakta kullanılan formül ve uzunluk kombinasyonlarının bir gövde için kullanılmadan önce bu gövdeye uygunluğu test edilmelidir. Bu oldukça zaman alıcı bir yoldur.

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSIYON, GÖVDE VE BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

Bu çalışmada, Huber, Smalian ve Newton-Riecke hacim formüllerinin çeşitli dönel cisimler için verdiği mutlak ve rölatif hata miktarları ve uygulama sonuçları verilerek, kritikleri yapılacaktır. Araştırmanın birinci amacı, hacim tayininde Huber, Smalian ve Newton-Riecke formül ve yöntem kombinasyonlarının hangi gövde bölümleri üzerinde rahatlıkla kullanılabileceğinin belirlenmesidir. Yani, formül ve seksiyon uzunluk kombinasyonlarının gövdenin hangi bölümleri üzerinde uygun hangi bölümlerinde uygun olmadığını belirlenmesidir. Ağaç türü olarak Doğu Kayınının seçilmesi, türün ülkemizde yaklaşık 1.5milyon hektar alan kaplaması ile elde edilecek sonuçların uygulamada kullanılmasının mümkün olmasıdır. Çalışmamızın ikinci amacı da, gövdenin gerçek hacmi ile ve çeşitli gövde hacim formülleriyle hesaplanan hacim değerleri farklarının istatistik açıdan anlamlı olup olmadığını incelemesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Batı ve orta Karadeniz bölgesinde (Bolu, Sinop ve Kastamonu yöresi) müdahale görmemiş, saf, aynı yaşlı Doğu Kayını meşcerelerinden kesilen 150 ağaca ilişkin veriler kullanılmıştır. Gövdelerin mümkün olduğunca gövde biçimlerinin birbirinden farklı olmasına dikkat edilmiştir. Ağaçların boyları 2-42m, göğüs çapları 1-64cm arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Kesilen ağaçlarda kütük (0,3m), 2metre ara ile gövde üzerindeki tüm çaplar (1.3,3.3,5.3,,,,,d_n) ve gövde boyu (h) ölçülmüştür. Daha sonra büroda Huber, Smalian ve Newton-Riecke hacim formüllerinden yararlanabilmek için gövdenin ölçülen çeşitli yükseklikteki çap ve boylarından yararlanılarak doğuray denkleminin ($y^2=p \cdot x^r$; x= cismin boyu, y=taban yarıçapı) p ve r katsayıları regresyon analizi yardımıyla kestirilmiştir. Katsayılar yardımıyla, gövde üzerinde istenilen yükseklikteki çaplar elde edilmiştir.

Gövde hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Orta Yüzey (Huber)Formülü:

Seksiyon ortasındaki çapa ait kesit yüzeyi, uzunlukla çarpılarak hacim elde edilir.

$$v = \frac{\Pi}{4} \cdot d_{0,5}^2 \cdot l \quad (1)$$

d_{0,5}=seksiyon orta çapı, l= seksiyon uzunluğu, v= seksiyon hacmi.

Formül hacmi, şeklen silindir, paraboloid ve kesik paraboloid benzeyenlerde doğru buna karşın, koni, nayloid ve bunların kesikleri için eksik vermektedir.

Çizelge 1: Örnek Ağaçların Çap- Boy Basamaklarına Dağılımı.

Boy basamakları (m)											
Çap (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	Toplam
2	6	1									7
6	3	18	2								23
10		9	11	3	1						24
14			2	11	3	1					17
18				5	3		2				10
22				1	9	3					13
26					3	6					9
30					2	3	2	3			10
34				1	1		4	3			9
38						2	3	3	4		12
42						1		1	1		3
46							2	1	1		4
50								3	1	2	6
54								2			2
58											0
62									1		1
Toplam	9	28	15	21	22	16	13	16	8	2	150

Orta yüzey formülünün hata miktarı, seksiyon uzunluğu ve iki uç çaplar arasındaki farkın artmasıyla büyümektedir. Kesik konideki mutlak hata negatif yönde, silindirin 1/12'sidir. Tam konide rölatif hata -%25dir. Kesik nayloidde mutlak hata negatif yönde silindirin 1/8'sidir. Tam nayloidde rölatif hata -%50 dir.

Formülün gövde ve tomrukların hacimlendirilmesinde hata miktarının belirlenmesi için birçok araştırma yapılmıştır. Buna göre, gerçek hacim ile formülün verdiği hacim hatası -%3-5 tir.

Hatanın bir nedeni, tomruğun uç, orta veya dip gibi gövdenin çeşitli kısımlarından alınmasıdır. Ağaç gövdesinde orta kısımlar, genel olarak paraboloid ve hatta silindire yaklaşmaktadır. Formülün, hatası çok küçük ve pozitifdir. Gövdenin uç kısmında koni ve dip kısmında nayloide yaklaşması, buralardan alınmış tomruk hacimlerinin noksan bulunması sonucunu verir. Diğer nedeni ise, tomruğun alındığı gövdelerin biçimlerinin ağaç türü, yaş, sosyal sınıf ve bonitet yönünden farklı olmasıdır. Genel olarak kapalı bir meşcerede yetişmiş ağaçlar daha dolgun gövdelidir. Bu gövdelerde formül hatasının az ve pozitif olduğu

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSİYON, GÖVDE VE
BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

görülmüştür. Rüzgar etkisinde kalmamış bir ağaç gövdesinin alt kısmında köklerin etkisi sonucunda oluşan nayloid kısım kısadır. Ayrıca, tepe boyutları küçük olduğunda, uçtaki koni kısım da küçüktür. Bu gövdelerde dolgun olan orta kısım en uzundur. Bu kısmın hacmi ise orta yüzey formülü ile daha duyarlı olarak bulunabilir. Serbest durumda büyümüş gövdelerde nayloid ve koni kısımlar fazla olduğundan, formül eksik sonuç verir ve hacim farkı daha büyüktür. Ağaç yaşlandıkça gövde dolgunlaştığından, formülün hata miktarı azalır (2,3,4,5).

Genel olarak, ölçüm sayısı arttıkça formülün ortalama hatası küçülür. Ayrıca, formülün kısa boylarda hatası da küçüktür.

Uçlardaki Yüzeyler Ortalaması (Smalian) Formülü:

Tomruğun iki ucundaki çapa ait kesit yüzeyleri ortalaması uzunlukla çarpılarak hacim bulunur. Bu formül;

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot (d_0^2 + d_n^2) \cdot \frac{l}{2} \quad (2)$$

d_0 = seksiyonun dip (kalın) çapı, d_n =seksiyonun uç çapı.

Formül; silindir, paraboloid ve kesik paraboloid için doğru sonuç verir. Diğer dönel cisimlere benzeyen tomruklarda vereceği hacim, gerçek hacimden daha büyüktür. Smalian formülü tam konide ($d_n=0$) hata %50 dir. Kesik nayloiddeki hata silindir hacminin yaklaşık 1/4 ü kadardır. Tam nayloidde rölatif hata pozitif yönde %100 dür. Konik gövdelerde veya gövdenin dip ve uç kısmından alınan parçalarda hata büyük ve pozitifdir. Formül, dolgun gövde kısımları ve kısa parçalarda daha doğru sonuç verir.

Smalian formülü gövdenin orta kısımlarında doğru sonuçlar verirken, uç ve dip kısımlarda yüksek hacim vermektedir (7,8,9,10). Formülün, *Tsuga*'da %10.8 ve 2.5metrelik seksiyonlarda da ortalama %3.8-15 daha fazla hacim verdiği belirtilmektedir(7).

Değerli ağaç gövdelerinde, odunu değerden düşürmemek için birinci seksiyon kısa alınarak Smalian formülü ile hacimlendirilir. Formüldeki d_0 ve d_n çapları, gövdenin dip ve uç kısımlarındaki kesitlerde, köklerin ve dalların etkisiyle kolay ve duyarlı olarak ölçülemez. Bu bakımdan da sakıncalı bir hacim formülüdür. Bu yüzden uygulamada, Huber formülü daha basit bulunarak Smalian formülüne tercih edilmektedir.

Newton- Riecke Formülü:

Formüle dikkat edilirse, bir Smalian ve iki Huber formülleri toplamının 1/3 üne eşit olduğu görülür.

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot (d_0^2 + 4 \cdot d_{0,5}^2 + d_n^2) \cdot \frac{l}{6} \quad (3)$$

Formül paraboloid, koni ve nayloid için doğru sonuçlar verir. Bunlar arasında kalan dönel cisimler için de formülün hatası çok küçüktür. Huber formülünün iki katı alınarak negatif yöndeki hata, Smalian formülünün pozitif yöndeki hatası ile karşılanmakta ve Newton-Riecke formülü doğru sonuç vermektedir.

Newton-Riecke ve Huber formülleriyle hesaplanan seksiyon yöntemi hacim sonuçlarını karşılaştıran Güttenberg, farkın dolgun gövdelerde %1, cılız gövdelerin 2metrelik bölümlere ayrılması halinde, %1-2 olduğu bildirilmektedir (3).

Formülün sakıncası, üç ayrı yerde çap ölçmeyi gerektirmesidir. Fakat bilimsel amaçlar için doğru sonuca varmak bakımından bu bir sakınca oluşturmamaktadır.

Bölümleme (Seksiyon) Yöntemi ile Gövde Hacminin Tayini:

Hacim formülleri kısa gövde parçalarında hacimleri daha doğru olarak vermektedir. Çünkü, kısa parçalar, şeklen daha düzgün olup, benzetildikleri dönel cisimlere benzerlikleri fazladır. Bir gövdeyi kısa bölümlere ayırmakla hacmin gerçeğe daha yakın doğrulukta elde edileceği düşünülmüştür. Burada artık işin güçlüğü ve uzunluğu sakınca oluşturmayıp, doğruluk başta gelmektedir.

Seksiyon yönteminde gövde genellikle 1 veya 2metrelik bölümlere ayrılır. Bunların hacmi bulunurken, en basit formülün kullanılması da yeterli olabilir. Uygulamada, Huber formülü ile seksiyonların hacmini bulmak oldukça yaygındır. Eşit aralıklarla bölümlemede artan uç parça, bölüm uzunluğunun yarısından kısa ise bir önceki bölüme eklenir; eşit veya daha uzun ise ayrıca hacimlendirilir. Uç parçanın hacmi, aynı yöntemle ya da bir koni olarak bulunabilir (2,3,4). Seksiyonları eşit uzunlukta oluşturmak hacim hesaplarını kolaylaştırır. Ancak herhangi bir seksiyonun ölçüm noktası bir dal ayırımına rastlarsa, o seksiyonu daha kısa veya uzun almak zorunluluğu ortaya çıkabilir.

Rölatif Uzunlukta Seksiyonlarla Gövde Hacminin Tayini:

Gövdeleri aynı sayıda seksiyonlara ayırmak suretiyle, hacimlerini kıyaslamayı mümkün kılmak üzere, eşit rölatif (bağlı) uzunluklarda

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSIYON, GÖVDE VE
BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

seksiyon alma yöntemi de ileri sürülmüştür. Bu sayede, gövde boyu ne olursa olsun, eşit sayıda seksiyona ayrılmış olacaktır. Hohenadl, rölatif uzunluk için beş seksiyon oluşturmayı önermiştir. Buna göre, gövde uzunluğunun 9/10, 7/10, 5/10, 3/10 ve 1/10 noktalarındaki çaplar ölçülecek ve bunlara göre hesaplanan kesit yüzeyleri toplam uzunluğun 2/10 ile çarpılarak, hacim bulunmuş olacaktır. Yani;

$$v = (g_{0,1} + g_{0,3} + g_{0,5} + g_{0,7} + g_{0,9}) \cdot 0,2 \cdot l \quad (4)$$

$g_{0,i}$ = dipten i veya $h/10$ 'un i katı uzaklığındaki kesit yüzeyleri.

İstatistik Yöntem

Göğüs çapları 1-64cm ve boyları 2-42m arasında değişen örnek ağaçlarda iki biçimde (seksiyon ve rölatif uzunluk) 3 formül (Huber, Smalian ve Newton- Riecke) ile hacimleri hesaplanmıştır. Seksiyon uzunlukları olarak 1, 2 ve 4m; rölatif uzunluklar olarak da, gövde boyunun 0.05,0.10,0.20 ve 0.25'i oranındaki bölümler şeklinde seksiyonlar alınmıştır.

Her hacim formülüne ait 3 farklı uzunluk ve 4 farklı rölatif uzunlukta seksiyonlar alınarak, 21 formül ve seksiyon uzunluğu kombinasyonu oluşturulmuştur.

Kütük hacmi silindir, uç parça hacmi ise koni olarak, taban çapına göre hesaplanmıştır. Bu yöntemlere ilişkin bilgisayar programı QBASIC programlama dilinde yazılmıştır. p ve r değerlerinden yararlanarak her gövdenin doğuray (değişik x , p ve r) denkleminde uzunluğa ($x-m$) bağlı olarak çap değerleri bulunmuştur. Daha sonra, her yöntem için istenilen çap ve boy değerleri yardımıyla, seksiyonlara ait hacim değerleri hesaplanmıştır. Buradan, üç ayrı parça halinde hesaplanan kütük, seksiyonlar ve uç parçanın hacim toplamı olarak, gövde hacmine ulaşılmıştır.

Huber formülü ile 2m uzunlukta seksiyonlar halinde hesaplanan hacim gövdenin gerçek seksiyon hacmi olarak kabul edilmiştir. Her gövdenin formül kombinasyonlarına göre hacmi, bir veri kütüğünde 21 farklı veri grubu halinde SPSS 10.0 for Windows istatistik paket programına işlenmiştir.

Ortalama hata yüzdesi (formül 5) ve 150 adet gövdeye ait gerçek ve hesap değerinin (20 adet) farklarının ($\bar{d}=0$; farkların aritmetik ortalaması) anlamlı ve önemli olup olmadığı test edilmiştir (formül 7). Olasılığın $P \leq 0.05$ oluşu ile sıfır varsayım reddedilerek, iki ölçü arasındaki farkın anlamlı olduğu varsayımı kabul edilir (11).

Orta yüzey formülü ile bulunan hacimlerin, seksiyon yöntemi ile bulunan hacimlere oranla ortaya koyduğu hata miktarları da, yüzde olarak hesaplanmıştır (formül 5).

$$P_v (\%) = \frac{\sum |v_i - v|}{\sum v} \cdot 100 \quad (5)$$

$$\bar{d} = \frac{\sum (v_i - v)}{n} \quad (6)$$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d} \cdot \sqrt{n} \quad (7)$$

$$H_{\text{orani}} = \frac{v_i - v}{v} \quad (8)$$

\bar{d} = farkların aritmetik ortalaması (m³),
 v_i = gövdenin tahmin edilen hacmi (m³),
 v = gövdenin gerçek hacmi (m³),
 n = gövde sayısı (adet),
 s_d = farkların standart sapması (m³).
 H_{orani} = tahmin ile gerçek değer farkının gerçek büyüklüğe oranı.

Student'in eşleştirilmiş t-testi ile (formül 7) hacim formüllerine ait seksiyon ve rölatif uzunluk kombinasyonlarının arasındaki ortalama hatanın sifıra eşit olup olmadığı denetlenmiştir. Hem tüm örnek ağaçlar hem de her bir ağaç için hata oranı (formül 8) şeklinde karşılaştırmalar yapılmıştır (Çizelge 2 ve Şekil 1,2 ve 3).

3. BULGULAR

Formül kombinasyonları örnekler üzerinde uygulanmış ve endüktif olarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Formüllerin Uygulanması ve Sonuçları:

Hacim formül kombinasyonlarına ait istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'den izleneceği üzere gerçek hacim ile Newton-Riecke formülü kombinasyonları hacim değerleri arasında anlamlı ve önemli bir farklılığın olmadığı, $p > 0.05$ olasılıkla kabul edilmiştir. Buna karşın, Huber ve Smalian formül kombinasyonları ile (1m uzunluktaki seksiyon yöntemi hariç) gerçek hacim değerleri arasında önemli fark bulunmuştur.

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSİYON, GÖVDE VE BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

Çizelge 2:Gövde Hacim Formüllerinin Denetimine Ait İstatistiksel Değerler.

Yöntem	Ort.hacim (m ³)	Ort.hata (%)	Hatanın st. (m ³)	t (Olasılık)
Gerçek	0,5318			
HR1m	0,5318	0,0956	0,0009	-0,426 (0,671)
HR4m	0,5336	0,5535	0,0045	-4,802 (0,000)
HR0.05	0,5316	0,0954	0,0007	4,326 (0,000)
HR0.10	0,5309	0,2228	0,0002	6,492 (0,000)
HR0.20	0,5271	0,9034	0,0072	7,897 (0,000)
HR0.25	0,5245	1,3729	0,0107	8,368 (0,000)
SN1m	0,5321	0,1261	0,001	-4,079 (0,000)
SN2m	0,5331	0,2749	0,0017	-8,879 (0,000)
SN4m	0,5363	0,9095	0,0051	-10,87 (0,000)
SN0.05	0,5324	0,1732	0,0014	-4,982 (0,000)
SN0.10	0,5342	0,4893	0,0039	-7,388 (0,000)
SN0.20	0,541	1,7791	0,0144	-7,760 (0,000)
SN0.25	0,5464	2,7709	0,0223	-8,003 (0,000)
NR1m	0,532	0,1417	0,0029	-0,826 (0,410)
NR2m	0,532	0,1441	0,0029	-0,749 (0,455)
NR4m	0,5319	0,1417	0,0029	-0,588 (0,558)
NR0.50	0,532	0,1384	0,0029	-0,874 (0,384)
NR0.10	0,532	0,1398	0,0029	-0,915 (0,362)
NR0.20	0,532	0,1383	0,0029	-0,946 (0,345)
NR0.25	0,532	0,1451	0,0029	-0,811 (0,419)

Her ne kadar gövdeler çok kısa (10m den kısa) gövdeler olmadıklarından, rölatif eşit uzunluktaki seksiyonlar, 2m mutlak eşit uzunluktaki seksiyonlara nazaran daha uzun bulunmakta, bunun sonucunda da, onlardakine yakın duyarlılıkla gövde hacmini bulmaya elverişli değildirler. Gövdenin büyük bir bölümü silindire yakın ve paraboloid olduğu için, dip ve uç kısımdaki nayloid ve konide düşülen negatif yöndeki hata karşılanmaktadır. Hata miktarının büyüklüğünün, ölçülen odunun uzunluğuna da bağlı olduğu görülmektedir. Ayrıca uzun gövdelerde nayloid ve koni bölümlerinin payı da artacaktır. Bu nedenlerle, uzun gövdelerin orta yüzey formülü ile hacimlendirmek sakıncalıdır (4).

Newton-Riecke formülü gövde hacminde gerçeğe en az farkla ortalamayı veren yöntem olmuştur. Onu Huber ve Smalian formüllerinin çeşitli uzunluklardaki kombinasyonları izlemiştir (Çizelge 2). Huber ve Smalian formülleri gerçek hacme göre 0.001 önem düzeyinde farklılık

göstermiştir (Huber 1m seksiyon yöntemi hariç). Hata oranı (formül 8) gövde boyu ve seksiyon uzunluğu ilişkisi Şekil 1,2 ve 3'te gösterilmiştir.

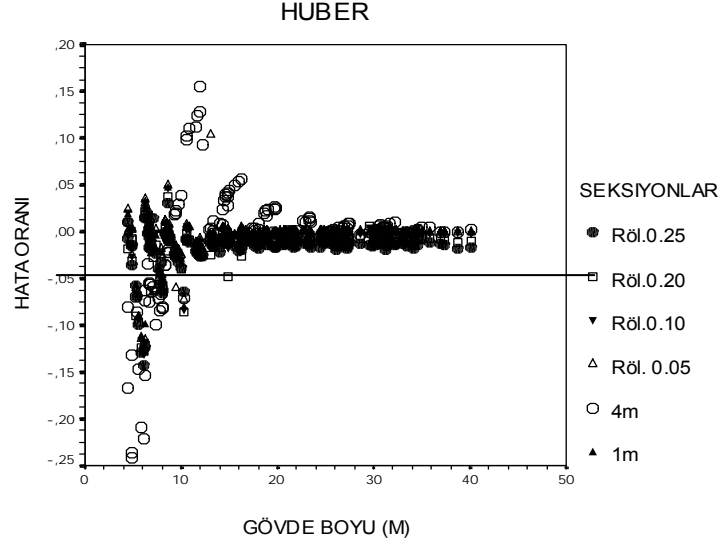
Huber formülünde yine 15 metreden uzun gövdelerde, 1-4m seksiyon yöntemi hariç, diğer kombinasyonlarda negatif hata oranları bulunmuştur. Hata oranının büyüklüğü, seksiyon uzunluğu ve ağaç boyu ile ilişkili bulunmaktadır (Şekil 1). Hata oranları incelendiğinde, cılız gövdelerde orta yüzey formülü negatif yönde hata oluşturmaktadır. Formül, hacmi gerçek miktarından daha küçük vermektedir. Fakat, dolgun gövdelerde durum tersinedir.

Hata oranı (formül 8) bakımından Smalian formülü 15 metreden uzun gövdelerde pozitif yönde olmuştur (Şekil 2). Hata oranının büyüklüğü seksiyon uzunluğu ve ağaç boyu ile ilişkili bulunmaktadır. Hata oranı, Smalian formülü kombinasyonlarında diğer iki hacim formül kombinasyonlarına göre daha fazla değişim göstermektedir.

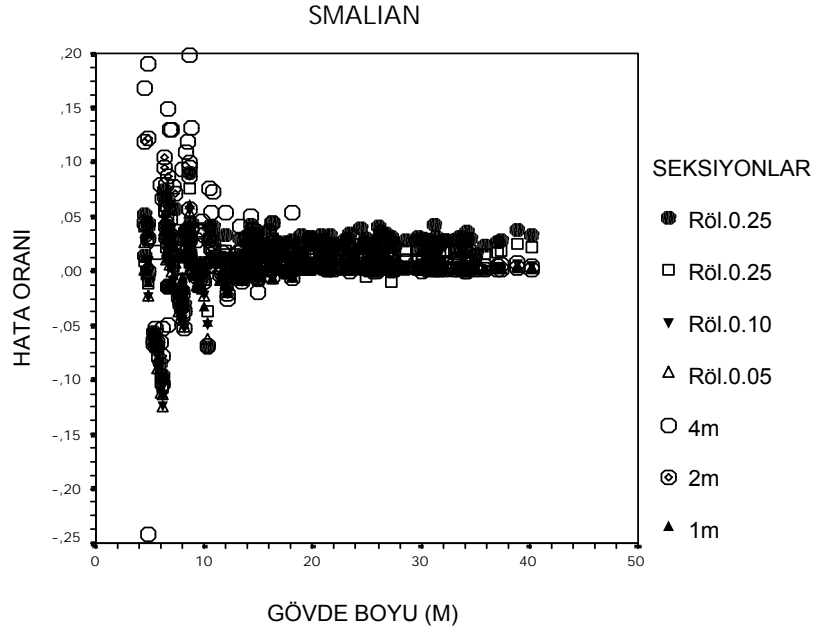
Smalian yöntemine göre ağaçların hata oranları 4m, rölatif 0.20 ve 0.25 uzunluklarında daha fazla bulunmaktadır (Şekil 2). Kısa boylu ağaçlarda toplam gövde hacmi içerisindeki paraboloid gövde şekli oranı azalmaktadır. Bu nedenle Huber formülü daha fazla negatif, Smalian ise pozitif hata vermektedir.

Smalian rölatif uzunluk yöntemine göre 0.20 oranı alınırsa 10m boyundaki ağaçta 2m seksiyon alınırken, 40m boyundaki ağaçta seksiyon uzunluğu 4m olacaktır. Buna karşın hata oranı %1 den %2'ye çıkmaktadır. Bu kısa boylulara uygun olabilirken, uzun boylularda büyük hataya neden olur (Şekil 1, 2 ve 3). Başka bir örnek verecek olursak, Smalian formülü 40m boyundaki bir ağaçta 2m seksiyon yönteminde hata oranı %0.3, rölatif 0.10'da (4m) %1'e ve Röl.0.25'te (dört eşit seksiyon) %6'ya çıkmaktadır. Ayrıca uzun boylu ağaçlarda bütün formül kombinasyonları 2m ve 4m seksiyon uzunluğunda yaklaşık aynı hataya sahip olmaktadır.

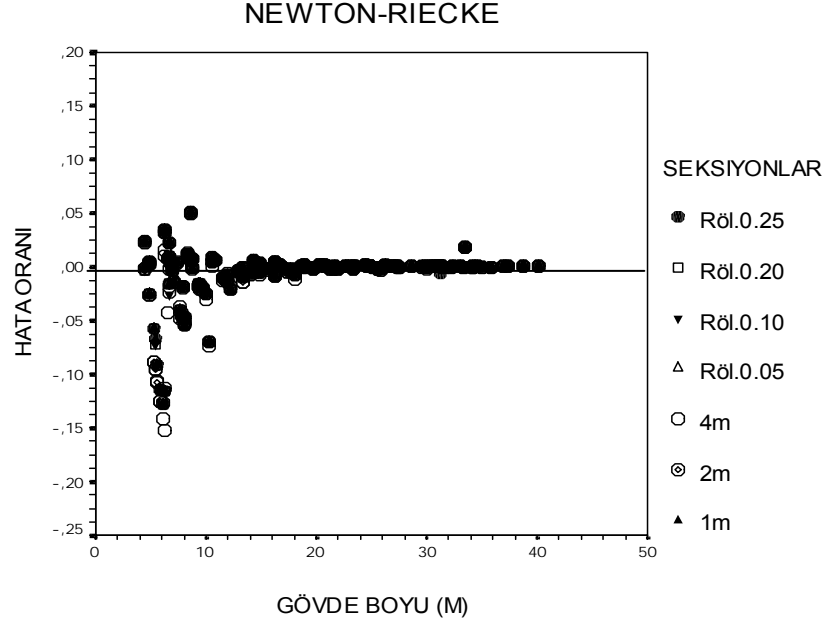
BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSIYON, GÖVDE VE BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI



Şekil 1: Huber Formülüne Göre, Tek Ağaçta Gövde Boyu- Hata Oranı İlişkisinin Seksiyon ve Rölatif Uzunluklara Göre Değişimi.



Şekil 2: Smalian Formülüne Göre, Tek Ağaçta Gövde Boyu- Hata Oranı İlişkisinin Seksiyon ve Rölatif Uzunluklara Göre Değişimi.



Şekil 3: Newton-Riecke Formülüne Göre, Tek Ağaçta Gövde Boyu- Hata Oranı İlişkisinin Seksiyon ve Rölatif Uzunluklara Göre Değişimi.

Newton-Riecke formülü 15metreden uzun gövdelerde, sıfıra yakın hata oranları vermektedir. Kısa boylarda, yine düzensizlik bulunmaktadır. Hata oranı, seksiyon uzunluğu ve gövde boyu arasındaki ilişki, diğer yöntemlere göre zayıftır (Şekil 3).

Newton-Riecke formülü diğer formül ve kombinasyonlarına göre daha duyarlı sonuçlar vermektedir. Bu formülün ortalama hatası, bütün kombinasyonlarda gerçek hacimle $p>0.05$ olasılıkla, sıfırdan farksız bulunmuştur. Fakat yöntem diğer iki yöntem kombinasyonlarına göre daha fazla emek ve zaman istemektedir. Çünkü üç çap ölçmeyi gerektirmektedir.

Bu çalışma elde edilen bulgular, temel bilgilere uyumlu çıkmıştır. Newton-Riecke formülü Huber ve Smalian hacim formülü ve uzunluk kombinasyonlarına göre daha üstündür.

Çalışmamız da, Huber, Smalian ve Newton-Riecke hacim formül ve uzunluk kombinasyonlarının karşılaştırılmasının, sadece Doğu Kayını için geçerli olduğu daima göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı ağaç türlerimiz içinde veriler toplanması ile benzer çalışmalar yapılarak, az

BAZI HACİM FORMÜLLERİNİN SEKSİYON, GÖVDE VE
BAĞIL UZUNLUKLARA GÖRE KIYASLANMASI

veya çok yakın ya da farklı sonuçlara ulaşılması, ormancılığımızın geleceği açısından önem arz etmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kontrol verileri bulunmadığından, materyal ve yöntem bölümünde açıklanan çeşitli formüller ancak kendi aralarında karşılaştırılabilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, 2metrelik seksiyonlar halinde Huber formülü ile hesaplanan hacim değerleri (gerçek hacim) ile Newton-Riecke formülü kombinasyonları arasında 0.05 önem düzeyinde bir farklılık bulunmamıştır. Bu çalışmada ilgili bölümlerde verilen literatür bilgilerle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Gövde hacminin tayininde kullanılan yöntemler arasında yalnızca bu iki yöntemin birbirine en yakın sonucu verdiği görülmüştür.

Gövdelerin her biri, bir kez rölatif uzunluklar yöntemi ile bir kez de seksiyon yöntemi ile hacimlendirilmiştir. İki yöntemde de 3 formül yinelenmiştir. Kütük hacmi silindir, uç parça koni olarak taban çapına göre hacmi hesaplanmıştır. Bu yöntemlere ilişkin bilgisayar programı QBASIC programlama dilinde yazılmıştır.

Huber, Smalian ve Newton-Riecke yöntemleriyle hesaplanan hacim değerleri, Huber 2m seksiyon yöntemi ile hesaplanan gövde hacim değeri gerçek değer alınarak karşılaştırıldığında; Huber formülü küçük, Smalian büyük, Newton-Riecke ise doğruya yakın bir sonuç vermiştir.

Uzun gövdelerde 2m uzunluğunda seksiyonlar yerine Huber 4m, Röl.0.10, Smalian Röl.0.10 ve Newton-Riecke 4m yöntemleri ile gövde hacminin hesaplanması durumunda arazi çalışmalarındaki emek ve zaman kayıpları büyük oranda azaltılmış olacaktır.

Gövde analizi çalışmalarında hacmin hesaplanmasında, kolaylıkla uygulanabilmesi nedeniyle, orta yüzey ve 2m seksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Fakat, seksiyon yönteminde “sistemik hata” içeren (sürekli yüksek hacim değeri veren) Smalian formülü yerine, Huber ya da daha sağlıklı sonuç veren Newton-Riecke formülünün kullanılması uygun olacaktır.

Huber formülü ile çok sayıda tomruğun hacmi ölçülünce, hatalarda karşılaşma olacağından, sonuçta ortalama olarak küçük bir hata yapılmış olacaktır.

Seksiyonlar ne kadar kısa alınırsa, bulunacak hacimler o kadar gerçeğe yakın olmaktadır. Buna karşılık, Newton-Riecke veya Huber formülünün uygulanması halinde, ağacın boy artımının yavaşladığı ileri

yaşlarda oluşan uç kısımlarında seksiyonları uzun almak, emek ve zaman kaybını azaltacaktır.

KAYNAKLAR

1. **ANONİM**, Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesi Dair Yönetmelik, Ankara, 1991.
2. **DİKER, M.**, Ağaç ve Odun Ölçme Bilgisi, 230s., İstanbul, 1946.
3. **FIRAT, F.**, Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi yayın no: 93,359s., İstanbul, 1973.
4. **KALIPSIZ, A.**, Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi yayın no:354, 407s., İstanbul, 1984.
5. **MİRABOĞLU, M.**, Ortayüzey Formülünün Sıhhati ve Devlet Orman İşletmelerimizdeki Tatbikatı, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A-1,31-47s., İstanbul, 1959.
6. **AKGÜR, N.**, Gövde Hacminin Tayininde Kullanılan Formüllerin İncelenmesi., İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A-2, 301-365s., İstanbul, 1982.
7. **BRICKELL, J.E.**, Stem Analysis: A Conventional Approach to Volume Determination., GTR INT-193, 61-67pp, Utah-USA, 1984.
8. **PHİLİP, S., M.**, Measuring Trees and Forests. Cab. International, 310pp., Aberdeen, UK. 1994.
9. **BARNES, G.H.**, Cubic Foot Scaling. Timberman, 46(6): 56pp, 1945.
10. **YOUNG, H.E.**, Forest Measurement Accuracy. TR-7, 17-23pp, Toronto-USA, 1967.
11. **KALIPSIZ, A.**, İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Orman Fakültesi yayın no:3835/427, 558s., İstanbul, 1994.