

ÇAP ARTIMI FARKLARI EHEMMİYET DERECESİNİN İSTATİSTİK METODLARLA TESBİTİ HAKKINDA ARAŞTIRMALAR

Yazan

Doç. Dr. İng. İsmail ERASLAN

Ormanlık Politikası ve Amenajman Enstitüsünde

I. Araştırmanın gayesi

Artım burgusu nümunelerine dayanan ve istatistik metodları kullanan H. A. Meyer'in hacim artımı tâyin eden metodlarının, amenajman işlerimizde tatbik edilmesiyle sağlanacak faydalar, "Bolu'nun Aladağsuyu ormanlarında istatistik metodlarla artım araştırmaları ve neticelerin amenajman işlerimizde kullanılması" adlı çalışmada incelenmişti. Bu metodların tatbikatında sür'at, ucuzluk ve kolaylık sağlamak için, çap artımlarını itibariyle birbirine yakın ağaç türlerinden guruplar teşkil edilmekte ve her bir gurup için ayrı bir *Artım Doğusu* veya *Eğrisi* meydana getirilmektedir. Keza bu metodların tatbik edilebilmesi için, çap faktörüne göre münferit bir gövdenin hacmini veren tek girişli hacim tablolarının mevcut olması gerekmektedir ki, bugün hemen ekseri memleketlerde, bir çok faydaları dolayısıyla, ağaç türleri itibariyle birleştirilmiş *Hacim Tabloları* veya *Hacim Tarifleri* tercih edilmektedir (Loetsch, 18).

Gerek H. A. Meyer'in hacim artımı tâyin eden metodlarının sür'atli, ucuz ve kolay bir tarzda tatbik edilmesi, gerekse ağaç türleri itibariyle birleştirilmiş hacim tablolarının kullanılması mecburiyeti, bir ormanda artımları birbirine yakın ağaç türlerinin birleştirilerek, toplu bir muameleye tâbi tutulmasını icabettirmektedir. Bunun zaruri bir neticesi olarak, karşımıza şu problem çıkmaktadır :

"Acaba aynı ormanda yetişen iki ayrı ağaç türünün veya muhtelif yetişme muhitlerinde gelişen aynı bir ağaç türünün *kabuksuz çap artımında* ve *kabuk kalınlıklarında* görülen *farkların* ehemmiyet derecesinin araştırılmasında hangi metod kullanılacak ve hangi objektif kriteriyuma göre bu farkların *ehemmiyeti* veya *ehemmiyetsiz* oluşuna hükmedilecektir ?

İşte araştırmanın gayesi, bu problemin çözümlerine yarayacak yolları ve metodları göstermek, böylece H. A. Meyer'in hacim artımı tayıni metodlarının amenajman işlerimizde kullanılmasını kolaylaştırmaktır.

II. Araştırma sahası ve materyali

Araştırma sahası olarak, Bolu vilâyeti merkez kazasına bağlı bulunan Aladağsuyu serisi ormanları seçilmiştir ki, bu ormanlar, Türkiye'nin ayrıldığı 7 coğrafya ve iklim mntakalarından *Karadeniz mntakasının batı bölgesi* içerisinde bulunmaktadır. *Batı Karadeniz bölgesi*, 30°04' - 35°25' boylamları ile 39°52' - 42°07' enlemleri arasında kalmaktadır. Bu bölgenin en yüksek noktası 2378 m Köroğlu Tepesi'dir.

Aladağsuyu serisinin genel sahası 21936 ve ormanlık sahası 16652 hektardır. Bu serinin ikinci revizyon plânının hava fotoğrafları yardımı ile ve istatistik metodlar kullanılarak yapılması, Orman Umum Müdürlüğünce kararlaştırılmış ve bu maksatla 1953 yaz devresinde 12. nci Amenajman Gurubu tarafından bu ormanın, detaylı meşçere tipleri klasifikasyon'nuna dayanan bir *meşçere tipleri haritası* vucüde getirilmiştir. Ağaç serveti envanterini yapmak üzere, istatistik formüllerle herbir meşçere tipi için hesaplanan muayyen sayıdaki tecrübe sahaları, tesadüf metodları ile (şans metodları) sahaya dağıtılmıştır. Herbir tecrübe sahasında, mevcut ağaç türlerinin *direklik, orta ağaçlık ve kalın ağaçlık* çağlarındaki ferdleri arasından üç muhtelif gövde tefrik edilerek, herbir gövdenin göğüs çapı ölçülmüş, tam ölçme yerinden artım burgusu vasıtasıyla nümune çıkarılmak suretile *kabuk kalınlığı* ile son 10 yıllık periyod'a ait *yıllık halka genişliği* tesbit olunmuştur.

İşte Aladasuyu ormanlar içerisinde, çamın hâkim olduğu ve iki tabakalı görünüme sahip *Çam + Gökmar* karışık meşçerelerinin, muhtelif yaş sınıflarından ve her bir yaş sınıfının muhtelif kapalılıklarından alınan 170 çam ve 170 gökmar olmak üzere 340 sayıda tecrübe ağacından elde olunan doneler, araştırma malzemesi olarak kullanılmıştır.

III. Araştırma metodlarının matematik esasları

A — Kabuk kalınlığı farklarının ehemmiyet derecesinin tesbiti :

Orman amenajmanını birinci derecede *kabuklu çap* ve bunun artımı alâkadar eder. Halbuki kabuklu çap artımı, kabuk artımının ve kabuk kalınlığının ehemmiyetli derecede tesiri altındadır. O halde sıhhatli bir kabuklu çap artımı tâyininde, kabuk kalınlığının yaptığı tesirin nazarı

dikkate alınması ve bunun ehemmiyetli şekilde incelenmesi icabetmektedir.

Kabuk kalınlığı, ağaç türüne, yaşa ve yetiştirme muhiti faktörlerine bağlı olarak büyük değişimler gösterdiği gibi, aynı yetiştirme muhitinde ve aynı yaşta bulunan bir ağaç türü gövdesinde de dipten tepeye doğru gidildikçe kabuk kalınlığında ehemmiyetli farklar görülmektedir. Çap artımı araştırmaları umumiyetle göğüs hizası çapında yapıldığından, gövdenin muhtelif yüksekliklerinde vukua gelen farkların burada önemi kalmamaktadır.

Ağaç türü, yaş ve yetiştirme muhiti şartlarına bağlı kalarak kabuk kalınlıkları, bazan aynı muhitte büyüyen iki ağaç türünde birbirine az çok yaklaşmakta, bazan da birbirlerinden ehemmiyetli farklar göstermektedir. Buna göre, kabuk kalınlıkları arasındaki farkların, *muayyen bir sınırı aşmaması* halinde, bu ağaç türlerinin bir *grup* altında toplanması ve istatistik bir gözle bunların bir *kollektif* halinde mütalâa edilmesi, artım tayıni işlerini kolaylaştırmakta, basitleştirmekte ve sür'atlendirmektedir.

H. A. Meyer, bu fark sınırını şöylece kararlaştırarak, bu sınırın altındaki farkları *ehemmiyetsiz* telâkki etmektedir (23, S. 26):

Bir farkın ehemmiyetli olduğuna hükmedebilmek için, bu farkın takriben standard hatâ miktarının iki misli kadar olması lâzımdır.

İki ağaç türü kabuk kalınlıkları arasındaki farkın ehemmiyet derecesinin araştırılması için, H. A. Meyer'e göre önce bu ağaç türlerinin kabuk faktörlerinin hesaplanması ve buna ait denklemin belli edilmesi lâzımdır (23, s. 25). Bu ağaç türlerinin kabuk faktörleri c_1 ve c_2 olsun. Buna göre,

$$D = c_1 \cdot d \quad (1)$$

$$\bar{D} = c_2 \cdot d \quad \text{olur.} \quad (2)$$

Doğrunun tesviye edilmiş değerleri ile orijinal değerleri arasındaki vezinli fark kareleri toplamını da, her bir ağaç türü için aynı ayrı olmak üzere $\sum W \text{ res}^2_1$ ve $\sum W \text{ res}^2_2$ ile göstereyim. Buradaki vezinli fark kareleri toplamı, aşağıdaki değere eşittir :

$$\sum W \text{ res}^2 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \sum W \cdot D \quad (3)$$

Bu iki vezinli fark kareleri toplamı birleştirilerek, serbestlik derece sayısı $n = n_1 + n_2$ ye bölünürse, aşağıdaki iki ağaç türüne ait müşterek ortalama fark karesi elde olunur :

$$(S_{D,d})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{n_1 + n_2} \quad (4)$$

Buradaki $n_1 = N_1 - 1$ ve $n_2 = N_2 - 1$ olup, N_1 ve N_2 kıymetleri de, çap sınıfları veya çap kademeleri sayısını göstermektedir. O halde,

$$(S_{D,d})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} \quad (5)$$

9 numaralı araştırmada verilen (13) numaralı formüle göre bu iki ağaç türünün Sc_1^2 ve Sc_2^2 standard hatâ kareleri aşağıdaki denklemlerle elde olunur :

$$S^2_{c_1} = \frac{(S_{D,d})^2}{\Sigma W \cdot d_1} \quad (6)$$

$$S^2_{c_2} = \frac{(S_{D,d})^2}{\Sigma W \cdot d_2} \quad (7)$$

İki ağaç türünün kabuk faktörleri arasındaki farka ait standard hatâ karesini elde etmek için (6) ve (7) kıymetlerinin toplanması lâzımdır. Buna göre,

$$\begin{aligned} S^2_{c_1} + c_2 &= S^2_{c_1} + S^2_{c_2} \\ Sc_1 + c_2 &= \sqrt{S^2_{c_1} + S^2_{c_2}} \end{aligned} \quad (8)$$

Eğer iki ağaç türüne ait c_1 ve c_2 kabuk faktörleri arasındaki fark, $Sc_1 + c_2$ müşterek standard hatâ miktanna bölünecek olursa, t istatistik emsâli aşağıdaki şekilde elde olunur :

$$t = \frac{c_1 - c_2}{Sc_1 + c_2} \quad (9)$$

Yapılan deneme neticesinde t kıymeti 2 veya daha fazla bulunursa, fark ehemmiyetli telâkki edilir. Aksi halde bu iki ağaç türü, kabuk faktörü bakımından aynı bir kollektife ait olduğu kabul edilerek, bir gurup altında toplanır.

Bir çok hallerde, Sc_1 ve Sc_2 kıymetlerinin burada açıklandığı tarzda, (5), (6) ve (7) numaralı formüller yardımı ile sıhhatli bir şekilde tâyinine lüzum hasıl olmaz. Bunun yerine, iki ağaç türünün ayrı ayrı bulunan kabuk faktörleri standard hatâları, aşağıdaki formülde yerlerine yazılarak kolayca bulunur :

$$SDiff = Sc_1 + c_2 = \sqrt{S^2_{c_1} + S^2_{c_2}} \quad (10)$$

B — Kabuksuz çap artımı farkları ehemmiyet derecesinin tesbiti :

Bir ormanda (kaideten bir amenajman plân ünitesinde) kabuksuz çap artımı araştırmaları gövdelerin göğüs hizası yüksekliğinde yapılmakta ve meteorolojik olayların tesirlerini tesviye etmek maksadı ile de 5 - 10 yıllık periyodların ortalaması alınmaktadır.

Kabuklu göğüs çapının bir fonksiyonu olarak, muhtelif ağaç türleri için meydana getirilen kabuksuz çap artımı doğrularının veya eğrilerinin arasında, bilhassa ağaç türü ve yetiştirme muhiti gibi faktörlerin tesiri ile farklar husule gelmektedir. Aynı bir ormanda yetişen iki muhtelif ağaç türünün muhtelif yetiştirme muhitlerindeki artımları arasında çok defa büyük farklar görülmez. Bu gibi hallerde, bu iki ağaç türüne ait malûmatı birleştirmek ve her iki ağaç türünü aynı bir kollektife mensuplarmış gibi mutalâa etmek, müteakip hesap işlemlerini fazlaca kolaylaştırmaktadır. Bundan dolayı, hangi sınırlar içerisinde görülen farkların ehemmiyetli telâkki edilerek, bir gurup halinde mütalâa edileceğinin, denemesi ve araştırılması gerekmektedir. Bu maksatla H. A. Meyer, matematik istatistiğe dayanan iki metod vermektedir ki (23, S. 32), bunlardan birisine "Emniyet Şeridi Metodu" diğeri de "Müşterek Fark Kareleri Toplamı Metodu" adının verilmesini uygun bulduk.

a — Emniyet Şeridi Metodu :

9 numaralı çalışmamızda belirtildiği gibi, çap ile çap artımı arasındaki münasebeti gösteren grafik, aynı yaşlı ormanlarda bir Doğru'yu, muhtelif yaşlı ormanlarda ise, bir Parabol veya üçüncü dereceden bir Eğri'yi irae etmektedir. Burada sadece Artım Doğrusu bahis konusu edi-

lecek ve artım doğruları arasındaki farkın ehemmiyet derecesi, Emniyet Şeridi Metodu ile araştırılacaktır.

Bilindiği üzere, artım doğrusu aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir :

$$Y = a + b.X \quad (11)$$

Burada Y kabuksuz çap artımı Z_d 'ye ve X kabuklu göğüs çapı D'ye tekabül etmektedir. a ve b de doğruyu karakterize eden emsâllerdir. (11) numaralı kabuksuz çap artımı doğrusu, a ve b emsâllerinin sıhhat derecesiyle ve bu emsâller de bu kıymetlerin bulunmasına yarayan donelerle sıkı sıkıya ilgili bulunmaktadır.

H. A. Meyer'e göre (11) numaralı doğrunun standard hatâ karesi S_Y^2 aşağıdaki formülle tâyin olunmaktadır (23, s. 34) :

$$S_Y^2 = (S_{y.x})^2 \cdot (Caa + 2 Cab.X + Cbb.X^2) \quad (12)$$

Bu formüldeki $(S_{y.x})^2$ ifadesi, vezinli fark kareleri toplamının ortalamasına tekabül etmektedir ki, bunun değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır :

$$(S_{y.x})^2 = \frac{\sum W \text{ res}^2}{N - 2} \quad (13)$$

Burada N, çap sınıflarının veya çap kademelerinin sayısını göstermektedir. $\sum W \text{ res}^2$ ifadesi de aşağıdaki kıymete eşit olmaktadır :

$$\sum W \text{ res}^2 = \sum W.Y^2 - a. \sum W.Y - b. \sum W.X.Y \quad (14)$$

(12) numaralı formüldeki Caa, Cab ve Cbb emsâlleri de aşağıdaki Normal Denklemler yardımı ile tâyin olunmaktadır :

$$I \quad Caa. \sum W + Cab. \sum W.X = 1 \quad (15)$$

$$II \quad Caa. \sum W.X + Cab. \sum W.X^2 = 0 \quad (16)$$

$$III \quad Cab. \sum W + Cbb. \sum W.X = 0 \quad (17)$$

$$IV \quad Cab. \sum W.X + Cbb. \sum W.X^2 = 1 \quad (18)$$

(12) numaralı formülde, X in muhtelif kıymetleri için S_Y de muh-

telif kıymetler olacaktır. 13-18 numaraları arasında verilen formüller yardımı ile (12) numaralı formüldeki bilinmeyenler bulunur ve bulunan kıymetler bu formülde yerlerine yazılmak suretile X in muhtelif kıymetlerine göre S_Y in aldığı kıymetler hesaplanır.

$n = N - 2$ serbestlik derece sayısı ve istenilen muayyen bir ihtimalle (Meselâ % 5 ehemmiyet seviyesi ve % 95 garanti ile) t emniyet emsâli, Fisher'in tablosundan alınır. Bu t kıymeti, her bir X kıymeti için ayrı ayrı hesaplanan S_Y kıymetleriyle çarpılarak, t. S_Y değerleri bulunur.

(11) numaralı formül yardımı ile muhtelif X kıymetlerine göre Y in aldığı değerler hesaplanır. Bu Y değerlerine t. S_Y değerleri bir defa ilâve edilir ve bir defa da bu değerlerden çıkarılır. *Bu suretle emniyet şeridinin alt ve üst sınır kıymetleri elde edilmiş olur.*

Farklarının ehemmiyet derecesi araştırılmak istenen iki ağaç türüne ait kabuksuz çap artımı doğrusundan birisini ele almak ve yukarıda açıklanan hesap işlemlerini bir tabloda yapmak suretile, *emniyet şeridinin alt ve üst sınır kıymetleri* bulunur. Bu kıymetler bir grafiğe taşınarak *Emniyet Şeridi çizilir*. Sonra ikinci ağaç türüne ait kabuksuz çap artım doğrusu, bu grafiğin içersine geçirilir. *Eğer ikinci ağaç türüne ait bu doğru, emniyet şeridinin tamamıyla içersine düşerse, bu iki ağaç türü artım doğruları arasındaki farkın ehemmiyetsizliğine hükümlenir. Böylece bunların bir grup ve bir kollektif halinde mutalâa edilmeleri uygun olur.*

b — Müşterek Fark Kareleri Toplamı Metodu :

Bundan önceki metod vasıtasıyla, birinci ağaç türü artım doğrusuna dayanılarak meydana getirilen emniyet şeridi içersine çizilmiş olan ikinci ağaç türüne ait artım doğrusu, bazan bu şeridin kısmen içersinde ve kısmen de dışarsında kalmaktadır. Bu gibi hallerde farkların ehemmiyet derecesinin, her bir çap sınıfı için ayrı ayrı araştırılması ve denemesi mecburiyeti hasıl olmaktadır. İşte bu maksatla *İkinci Metod*, H. A. Meyer tarafından inkişaf ettirilmiştir.

Diğlerinden farklı olarak bu ikinci metodda, iki ayrı artım doğrularına ait fark kareleri toplamları birbirleriyle birleştirilmekte ve müşterek bir ortalama kareler toplamı elde olunmaktadır. Birinci ağaç türüne ait fark kareleri toplamı $\sum W \text{ res}^2_1$ ve ikinci ağaç türününkini de $\sum W \text{ res}^2_2$ ile, keza bu ağaç türlerine ait serbestlik derece sayıları da n_1 ve n_2 ile gösterilirse, buna göre müşterek ortalama fark kareleri toplamı $(S_{y.x})^2$ kıymeti, aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$(S_{y.x})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{n_1 + n_2} \quad (19)$$

Burada $n_1 = N_1 - 2$ ve $n_2 = N_2 - 2$ olduğundan, bu kıymetler yerlerine yazılırsa,

$$(S_{y.x})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{(N_1 - 2) + (N_2 - 2)} \quad \text{bulunur.} \quad (20)$$

Elde olunan bu $(S_{y.x})^2$ kıymeti, (12) numaralı formüle göre, her bir ağaç türünün $(Caa. + 2 Cab.X + Cbb.X^2)$ ifadeleriyle ayrı ayrı çarpılmak suretile, bu ağaç türlerine ait (S^2Y_1) ve (S^2Y_2) standard hatâ kareleri tâyin olunur. O halde,

$$(S_{Y_1})^2 = (S_{y.x})^2 \cdot (Caa + 2 Cab.X + Cbb.X^2)_1 \quad (21)$$

$$(S_{Y_2})^2 = (S_{y.x})^2 \cdot (Caa + 2 Cab.X + Cbb.X^2)_2 \quad \text{olur.} \quad (22)$$

İki ayrı ağaç türüne ait standard hatâ kareleri toplanarak kök kareleri alınır, aşağıdaki formüller elde olunur :

$$(S_{Diff})^2 = S^2Y_1 + S^2Y_2 \quad (23)$$

$$S_{Diff} = \sqrt{S^2Y_1 + S^2Y_2} \quad (24)$$

$n = n_1 + n_2$ serbestlik derece sayısına göre, % 5 ehemmiyet seviyesi ve % 95 garanti ile çalışmak üzere, Fisher'in tablosundan alınan t kıymeti, her bir çap kademesinin (24) numaralı formülüyle hesaplanan S_{Diff} değeri ile çarpılır ve $t \cdot S_{Diff}$ kıymetleri bulunur.

Bundan sonra, iki ağaç türüne ait Y_1 ve Y_2 artım doğrusu fonksiyonları yardımıyla her bir çap kademesinin artım miktarları hesaplanarak, bunların $Y_1 - Y_2$ farkları tâyin olunur. Eğer bir çap kademesinin $Y_1 - Y_2$ farkı, $t \cdot S_{Diff}$ kıymetinden büyükse, bu fark *ehemmiyetli*, aksi takdirde *ehemmiyetsiz* telâkki edilir.

IV. Araştırma Metodlarının tatbik şekli

A — Çam ile göknarın kabu kalınlıkları arasındaki farkın ehemmiyet derecesinin tesbiti :

Bu maksat için 9 numaralı araştırmada verilen *Tablo No. 1* ve

Tablo No. 2 deki rakamlar kullanılmış, bu etüddeki (1) ve (2) numaralı formüllere göre, bu ağaç türlerine ait kabuk faktörü denklemleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur :

$$\text{Çam için } D = 1,13350 \cdot d \quad (25)$$

$$\text{Göknar için } D = 1,07099 \cdot d \quad (26)$$

Bu denklemlerin tesviye edilmiş değerleri ile orijinal kıymetleri arasındaki vezinli fark kareleri toplamı da (3) numaralı formül gereğince şu tarzda hesaplanmıştır :

$$\text{Çam } \Sigma W \text{ res}^2_1 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \Sigma W \cdot D = 5620,903 - 1,13350 \cdot 4958,23 = 0,749$$

$$\text{Göknar } \Sigma W \text{ res}^2_2 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \Sigma W \cdot D = 4943,895 - 1,07099 \cdot 4615,98 = 0,227$$

$N_1 = 14$ ve $N_2 = 14$ olduğundan, (4) ve (5) numaralı formüllere göre $(S_{D \cdot d})^2$ müşterek ortalama fark karesi,

$$(S_{D \cdot d})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} = \frac{0,749 + 0,227}{(14 - 1) + (14 - 1)} = 0,0375$$

bulunur.

(6) ve (7) numaralı formüllere göre, bu iki ağaç türünün S^2c_1 ve S^2c_2 kabuk faktörü standard hatâ kareleri,

$$\text{Çam } S^2c_1 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\Sigma W \cdot d_1} = \frac{0,0375}{4374,25} = 0,000008573$$

$$\text{Göknar } S^2c_2 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\Sigma W \cdot d_2} = \frac{0,0375}{4310,00} = 0,000008701 \quad \text{elde}$$

olunur.

(8) numaralı formüle göre bu iki ağaç türüne ait müşterek standard hatâ,

Tablo No.1

Çamda kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları arasındaki münasebetin araştırılması (Bolu-Aladağsuyu Ormanları)

Çap kademesi	Kabuklu çap D	Kabuksuz çap d	W	W.D	W.D ²	W.d	$\frac{W.D^2}{d}$
cm 1	cm 2	cm 3	4	5	6	7	8
8-12	10,50	8,87	6	63,00	661,5000	53,22	74,577
12-16	13,42	11,68	19	254,98	3421,8316	221,92	292,965
16-20	17,41	15,43	22	382,02	6668,3782	339,46	432,450
20-24	21,44	19,02	16	343,04	7354,7776	304,32	386,687
24-28	24,91	21,95	22	548,02	13651,1782	482,90	621,922
28-32	29,28	25,73	11	322,08	9430,5024	283,03	366,518
32-36	33,25	29,45	21	699,09	23272,7061	618,45	790,245
36-40	37,10	32,69	10	371,00	13764,1000	326,90	421,049
40-44	41,50	36,41	20	830,00	34445,0000	728,20	946,031
44-48	45,25	40,12	12	543,00	24570,7500	481,44	612,431
48-52	49,00	43,60	4	196,00	9604,0000	174,40	220,275
52-56	53,50	46,70	2	107,00	5724,5000	93,40	122,580
56-60	57,00	51,90	2	114,00	6498,0000	103,80	125,202
60-	61,34	54,27	3	184,00	11286,5600	162,81	207,971
Toplamı			170	4958,23		4374,25	5620,903

Tablo No.2

Göknarda kabuklu ve kabuksuz göğüs çapı arasındaki münasebetin araştırılması (Bolu-Aladağsuyu Ormanları)

Çap kademesi	Kabuklu çap D	Kabuksuz çap d	W	W.D	W.D ²	W.d	$\frac{W.D^2}{d}$
cm 1	cm 2	cm 3	4	5	6	7	8
8-12	10,63	9,88	8	85,04	903,9704	79,04	91,495
12-16	13,78	12,78	18	248,04	3417,9912	230,04	267,448
16-20	17,82	16,48	33	588,06	10479,2292	543,84	635,876
20-24	21,42	20,07	19	406,98	8717,5116	381,33	434,355
24-28	25,46	24,00	13	330,98	8426,7508	312,00	351,115
28-32	28,95	26,98	21	607,95	17600,1525	566,58	652,341
32-36	33,00	30,79	21	693,00	22869,0000	646,59	742,741
36-40	38,15	35,52	13	495,95	18920,4925	461,76	532,672
40-44	41,00	38,62	11	451,00	18491,0000	424,82	478,793
44-48	44,33	42,07	3	132,99	5895,4467	126,21	140,134
48-52							
52-56	52,80	49,40	5	264,00	13939,2000	247,00	282,170
56-60	58,00	54,60	2	116,00	6728,0000	109,20	123,223
60+	65,33	60,53	3	195,99	12804,0267	181,59	211,532
Toplamı			170	4615,98		4310,00	4943,895

$$Sc_1 + c_2 = \sqrt{S^2c_1 + S^2c_2} = \sqrt{0,000008573 + 0,000008701} = \pm 0,00415 \text{ bulunur.}$$

Aynı neticeye (10) numaralı formülle de varmak mümkündür. 9 numaralı araştırmada çamın kabuk faktörü standard hatâ karesi $S^2c_1 = 0,00001317$ ve göknarın ise $S^2c_2 = 0,00000405$ olarak verilmiştir. Buna göre,

$$Sc_1 + c_2 = \sqrt{0,00000405 + 0,00001317} = \pm 0,00415 \text{ elde olunur.}$$

Çamın kabuk faktörü $c_1 = 1,13350$ ve göknarın da $c_2 = 1,07099$ olduğundan buna göre $c_1 - c_2$ farkı,

$$c_1 - c_2 = 1,13350 - 1,07099 = 0,06251 \text{ olur.}$$

9 numaralı formüle göre t istatistik emsâli de,

$$t = \frac{c_1 - c_2}{Sc_1 + c_2} = \frac{0,06251}{0,00415} = 15,06 \text{ elde olunur.}$$

Bu neticeye göre, çam ile göknarın kabuk faktörleri arasındaki 0,0651 santimlik fark, müşterek standard hatâ miktarı 0,00415 in 15,06 mislidir. Halbuki farkın ehemmiyetsiz telâkki edilebilmesi için, bu miktarın 2 den az olması lâzımdır. Bununla şu sonuca varılmaktadır ki, çam ile göknarın kabuk kalınlıkları arasındaki fark ehemmiyetlidir ve bu sebeple de bu iki ağaç türü, kabuk kalınlığı bakımından bir kollektif, bir startum ve bir grup halinde mütalâa edilemezler.

B — Çam ile göknarın kabuksuz çap artımı doğruları arasındaki farkların ehemmiyet derecesinin tesbiti :

Çam ile göknarın kabuksuz çap artımı doğruları arasındaki farkların ehemmiyet derecesini araştırmak maksadile, Tablo No. 3 ve Tablo No. 4 tertiplenmiştir. Kontrollü bir netice elde etmek için, her üçü de En Küçük Karelerin Metoduna dayanan Chapman-Meyer, Doolittle ve Loetsch hesap metodları ayrı ayrı kullanılarak, (11) numaralı denklemdaki a ve b emsâlleri ile standard hatâ miktarları hesaplanmış ve böylece kabuklu göğüs çapının bir fonksiyonu halinde, çam ve göknara ait aşağıdaki kabuksuz çap artımı denklemleri elde olunmuştur :

$$\text{Çam } Y_1 = a_1 + b_1.X = Zd = a_1 + b_1.D = 0,44206 - 0,0045755.D \quad (27)$$

$$Goknar Y_2 = a_2 + b_2 \cdot X = Zd = a_2 + b_2 \cdot D = 0,47055 - 0,004519 \cdot D \quad (28)$$

Bu iki artım doğrusu arasındaki farkların ehemmiyet derecesi, yukarıda adı geçen "Emniyet Şeridi" ve "Müşterek Fark Kareleri Toplamı" metodları kullanılarak araştırılacaktır.

a — Emniyet Şeridi Metodu :

Bu metodun tatbikatında önce çama ait (27) numaralı kabuksuz çam artımı doğrusu ele alınmış, (12) numaralı formüldeki $(S_{y \cdot x})^2$ ifadesi, (13) ve (14) numaralı formüller vasıtasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır :

$$(S_{y \cdot x})^2 = \frac{17,305898 - (0,44206 \cdot 52,464) - (-0,0045755 \cdot 1412,3820)}{14 - 2} = 0,048002$$

(12) numaralı formüldeki Caa, Cab ve Cbb bilinmeyen emsâlleri, (15), (16), (17) ve (18) numaralı normal denklemleri kullanmak ve Doolittle hesap metodu tatbik edilmek suretile hesaplanmış ve aşağıdaki değerler bulunmuştur :

$$Caa = + 0,038928$$

$$Cab = - 0,001133$$

$$Cbb = + 0,00003885$$

Bu suretle (12) numaralı denklemdeki bütün bilinmeyenler belli olmuştur. 4 - 8, 8 - 12 ve 12 - 16 cm olmak üzere dörder santimlik çap kademeleri teşkil olunmuş ve her bir çap kademesi ortasına tekabül eden X kıymetlerinin aldığı S_Y kıymetlerini hesaplamak ve Emniyet Şeridi Metodu'nun tatbikatını göstermek maksadile *Tablo No. 5* tertiplenmiştir. Bu tablonun 1 - 7 sütunları arasındaki hesap işlemleri ile 8. inci sütundaki S_Y kıymetleri bulunmuştur.

Tablo No. 3 de çap kademe sayısı $N = 14$ ve dolayısıyla serbestlik derece sayısı $n = N - 2 = 14 - 2 = 12$ dir. % 5 ehemmiyet seviyesi ve % 95 emniyetle çalışmak üzere, 12 serbestlik derece sayısına göre, Fisher'in tablosundan t kıymeti 2,179 olarak alınmıştır. Bu kıymet, 8. inci sütun kıymetleriyle çarpılmak suretile 9. uncu sütun kıymetleri hesaplanmıştır. $Y = Zd$ kıymetleri de, (27) numaralı denklemi kullanmak suretile *Tablo No. 6* yolu ile bulunmuştur.

Tablo No.3

Sarıçam meşcerelerinde Kabuklu göğüs çapı-Kabuksuz çap artımı arasındaki münasebetin araştırılması (Bolu-Aladağsuyu)

Çap kademesi	X	Y	W	W.X	W.X ²	W.Y	W.X.Y	W.Y ²
cm	D	Z _a		W.D	W.D ²	W.Z _a	W.D.Z _a	W.Z _a ²
cm	cm	cm	4	5	6	7	8	9
8-12	10,50	0,390	6	63,00	661,5000	2,340	24,57000	0,912600
12-16	13,42	0,365	19	254,98	3421,8316	6,935	93,06770	2,531275
16-20	17,41	0,402	22	383,02	6668,3782	8,844	153,97404	3,535288
20-24	21,44	0,303	16	343,04	7354,7776	4,848	103,94112	1,468944
24-28	24,91	0,402	22	548,02	13651,1782	8,844	220,30404	3,555288
28-32	29,28	0,273	11	322,08	9430,5024	3,003	87,92784	0,819819
32-36	33,29	0,234	21	699,09	23272,7061	4,914	163,58706	1,149876
36-40	37,10	0,284	10	371,00	13764,1000	2,840	105,36400	0,806560
40-44	41,50	0,260	20	830,00	34445,0000	5,200	215,80000	1,352000
44-48	45,25	0,173	12	543,00	24570,7500	2,076	93,93900	0,359148
48-52	49,00	0,105	4	196,00	9604,0000	0,420	20,58000	0,044100
52-56	53,50	0,220	2	107,00	574,5000	0,440	23,54000	0,096800
56-60	57,00	0,250	2	114,00	6498,0000	0,500	28,50000	0,125000
60 +	61,34	0,420	3	184,00	11287,7868	1,260	77,28840	0,529200
Toplamı			170	4958,23	170355,0109	52,464	1412,3820	17,305898

Tablo No.4

Gökarda Kabuklu göğüs çapı- Kabuksuz çap artımı arasındaki münasebetin araştırılması (Bolu-Aladağsuyu Ormanları)

Çap kademesi	X	Y	W	W.X	W.X ²	W.Y	W.X.Y	W.Y ²
cm	D	Z _a		W.D	W.D ²	W.Z _a	W.D.Z _a	W.Z _a ²
cm	cm	cm	4	5	6	7	8	9
8-12	10,63	0,350	8	85,04	903,9752	2,800	29,76400	0,980000
12-16	13,78	0,476	18	248,04	3417,9912	8,568	118,06704	4,078368
16-20	17,82	0,384	33	588,06	10479,2292	12,672	225,81504	4,866048
20-24	21,42	0,375	19	406,98	8717,5116	7,125	152,61750	2,671875
24-28	25,46	0,426	13	330,98	8426,7508	5,538	140,99748	2,359188
28-32	28,93	0,295	21	607,95	17600,1525	6,195	179,34525	1,827325
32-36	33,00	0,260	21	693,00	22869,0000	5,460	180,18000	1,419600
36-40	38,15	0,293	13	495,95	18920,4925	3,809	145,31335	1,116037
40-44	41,00	0,337	11	451,00	18491,0000	3,707	151,98700	1,249259
44-48	44,33	0,267	3	132,99	5895,4467	0,801	35,50833	0,213867
48-52	-	-	-	-	-	-	-	-
52-56	52,80	0,288	5	264,00	13939,2000	1,440	76,03200	0,414720
56-60	58,00	0,300	2	116,00	6728,0000	0,600	34,80000	0,180000
60 +	65,33	0,140	3	195,99	12804,0267	0,420	27,43860	0,058800
Toplamı			170	4615,98	149192,7764	59,135	1497,86559	21,435287

$$11 - 14 - 2 = 14 - 2 = 12$$

$$t = 2,179$$

$$(S_x \cdot y)^2 = 0,048002$$

$$Caa = 0,038928$$

$$Cab = - 0,001133$$

$$Cbb = 0,00003885$$

$$2 Cab = 0,002266$$

$$Y = 0,44206 - 0,0045755 \cdot X$$

D	X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	4 - 8	56	0,03893	- 0,01360	0,00140	0,02675	0,0012851	0,0858	0,078	0,415	0,493	0,557	
10	8 - 12	100	0,03893	- 0,02266	0,00389	0,02016	0,0009677	0,068	0,068	0,396	0,464	0,528	
14	12 - 16	196	0,03893	- 0,03172	0,00761	0,01482	0,0007114	0,058	0,058	0,378	0,456	0,520	
18	16 - 20	324	0,03893	- 0,04079	0,01259	0,01073	0,0005151	0,049	0,049	0,359	0,408	0,510	
22	20 - 24	484	0,03893	- 0,04985	0,01880	0,00788	0,0003785	0,042	0,042	0,341	0,383	0,299	
26	24 - 28	676	0,03893	- 0,05892	0,02626	0,00627	0,0003010	0,038	0,038	0,325	0,361	0,285	
30	28 - 32	900	0,03893	- 0,06798	0,03497	0,00601	0,0002885	0,037	0,037	0,305	0,342	0,266	
34	32 - 36	1156	0,03893	- 0,07704	0,04491	0,00680	0,0003284	0,039	0,039	0,286	0,325	0,247	
38	36 - 40	1444	0,03893	- 0,08611	0,05610	0,00892	0,0004282	0,045	0,045	0,268	0,313	0,225	
42	40 - 44	1764	0,03893	- 0,09517	0,06853	0,01229	0,0005899	0,043	0,053	0,250	0,303	0,197	
46	44 - 48	2116	0,03893	- 0,10424	0,08221	0,01690	0,0008112	0,0285	0,062	0,232	0,284	0,178	
50	48 - 52	2500	0,03893	- 0,11330	0,09713	0,02276	0,0010925	0,0331	0,072	0,213	0,285	0,141	
54	52 - 56	2916	0,03893	- 0,12236	0,11329	0,02986	0,0014333	0,0379	0,083	0,195	0,278	0,112	
58	56 - 60	3364	0,03893	- 0,13143	0,13069	0,03819	0,0018332	0,0428	0,093	0,177	0,270	0,084	
62	60 - 64	3844	0,03893	- 0,14049	0,14934	0,04778	0,0022935	0,0478	0,104	0,158	0,262	0,054	
66	64 - 68	4356	0,03893	- 0,14955	0,16921	0,05686	0,0028538	0,0527	0,115	0,141	0,254	0,024	

9. uncu sütun kıymetleri 10. uncu sütun kıymetlerine bir defa ilâve edilmek ve bir defa da bu kıymetlerden çıkılmak suretile 11 ve 12. nci sütun kıymetleri hesaplanmıştır. (1), (11) ve (12). nci sütun kıymetleri, dik açılı bir koordinat sistemine taşınmak suretile, *Grafik No. 1* deki *Emniyet Şeridi* elde olunmuştur.

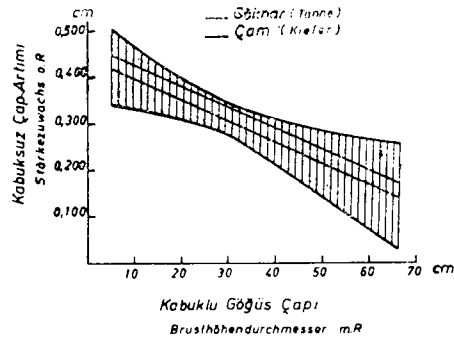
Bu emniyet şeridi içersine, göknarın kabuksuz çap artımına ait (28) numaralı denklemin ifade ettiği *doğru* çizilmiştir. Bu grafikte açıkça görülüyor ki, göknara ait kabuksuz çap artımı doğrusu, bu emniyet şeridinin tamamıyla içersinde kalmaktadır. O halde varılan bu neticeye göre hükümlenabilir ki, *çam ile göknarın kabuksuz çap artımı doğruları arasındaki fark ehemmiyetsizdir ve bu iki ağaç türü, bu bakımdan bir grup ve bir kollektif halinde mutalâa olunabilir.*

Tablo No. 6

D	X	0,0045755.D	0,44206 - 0,0045755.D Z _d =Y cm	Z _d =Y cm
6	6	0,027453	0,414607	0,415
10	10	0,045755	0,396305	0,396
14	14	0,064057	0,378003	0,378
18	18	0,082359	0,359701	0,359
22	22	0,100661	0,341399	0,341
26	26	0,118963	0,323097	0,323
30	30	0,137265	0,304795	0,305
34	34	0,155567	0,286493	0,286
38	38	0,173863	0,268197	0,268
42	42	0,192217	0,249843	0,250
46	46	0,210473	0,231587	0,232
50	50	0,228775	0,213285	0,213
54	54	0,247077	0,194983	0,195
58	58	0,265379	0,176681	0,177
62	62	0,283681	0,158379	0,158
66	66	0,301983	0,140077	0,140

b — Müşterek Fark Kareleri Toplamı Metodu :

Bu metodun tatbikatını açıklamak üzere, çam ve göknarın (27) ve (28) numaralı kabuksuz çap artımı doğrularına göre hesaplanan fark kareleri toplamı alınmış, (19) ve (20) numaralı formüller yardımıyla müşterek ortalama fark kareleri toplamı $(S_y \cdot x)^2$, aşağıdaki şekilde tâyin olunmuştur :



$$\begin{aligned} \text{Çam } \Sigma W \text{ res}^2_1 &= 0,576021 \\ \text{Göknar } \Sigma W \text{ res}^2_2 &= 0,378168 \end{aligned}$$

$$(S_y \cdot x)^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2}{(N_1 - 2) + (N_2 - 2)} = \frac{0,576021 + 0,378168}{(14 - 2) + (14 - 2)} = 0,0397578$$

Bu neticeye göre, çam ve göknarın kabuksuz çap artımı doğrularına ait standard hatâ kareleri, (21) ve (22) numaralı formüller gereğince aşağıdaki kıymetleri alır :

$$\text{Çam } (S_{Y_1})^2 = 0,0397578 (C_{aa} + 2 C_{ab} \cdot X + C_{bb} \cdot X^2)_1 \quad (29)$$

$$\text{Göknar } (S_{Y_2})^2 = 0,0397578 (C_{aa} + 2 C_{ab} \cdot X + C_{bb} \cdot X^2)_2 \quad (30)$$

Bu formüllerdeki C_{aa} , C_{ab} ve C_{bb} emsâllerinin kıymetleri, 15 - 18 numaralı normal denklemler kullanılmak suretile çam ve göknar için hesaplanmış ve aşağıdaki değerler bulunmuştur :

Emsâller	Çam	Göknar
C_{aa}	0,038928	0,03678767
C_{ab}	— 0,001133	— 0,0011382
C_{bb}	0,00003885	0,00004192

(29) ve (30) numaralı denklemleri çözmek ve müteakip hesap işlemlerini yapmak için, *Tablo No. 7* tanzim olunmuştur. Bu tablonun 1 inci sütununa kademe ortası çaplar, 2. nci ve 3. üncü sütuna (27) ve (28) numaralı denklemlere göre bulunan Y_1 ve Y_2 kıymetleri, 4. üncü sütuna bunların $Y_1 - Y_2$ farkları yazılmıştır. (29) ve (30) numaralı denklemler 5 - 8 inci sütunlarda, (23 ve (24) numaralı denklemler de 9 ve 10. uncu sütunlarda yapılan hesap işlemleri ile çözülmüştür.

Serbestlik derece sayısı $n = n_1 - n_2 = (N_1 - 2) + (N_2 - 2) = 24$ olduğundan, % 5 ehemmiyet seviyesi ve dolayısıyla % 95 emniyetle çalışmak üzere, t kıymeti Fisher'in tablosundan 2,064 olarak alınmıştır. t kıymeti, 10. uncu sütun kıymetleriyle çarpılmak suretile 11. inci sütundaki $t \cdot S_{Diff}$ değerleri bulunmuştur.

$Y_1 - Y_2$ farklarını ihtiva eden 4. üncü sütun kıymetleriyle $t \cdot S_{Diff}$ kıymetlerini gösteren 11. inci sütun kıymetleri birbirleriyle mukayese edilirse, açıkça görülür ki, hiçbir çap kademesinde 4. üncü sütun kıymetleri, 11. inci sütun kıymetlerinden büyük değildir. O halde $Y_1 - Y_2$ farkları, ehemmiyetli telâkki edilemezler.

V. Netice

Aynı yetişme muhitinde büyüyen ve aynı bir ormanın iki muhtelif ağaç türünü teşkil eden çam ve göknarın, kabuk kalınlıkları ve kabuksuz çap artımları itibariyle birbirlerinden olan farkları, yukarıda araştırılmıştır. Bu maksatla, her iki ağaç türü için ayrı ayrı kabuk kalınlığı ve kabuksuz çap artımı doğruları elde edilmiştir. Bu doğrular arasındaki farkların ehemmiyet derecesi, matematik - istatistiğe dayanan metodlarla incelenmiş ve neticede çam ve göknarın, kabuk kalınlığı itibariyle aynı bir gruba ithâl edilemeyecekleri ve bunların iki ayrı kollektif halinde mutalâa edilmeleri gerektiği, buna mukabil kabuksuz çap artımları arasındaki farkların ehemmiyetsiz olduğu, bu sebeple de bir gruba sokulabilecekleri ve bir kollektif halinde muamele görebilecekleri meydana çıkmıştır.

X	Gök nar Y ₁ Zd ₁ cm	Çam Y ₂ Zd ₂ cm	Fark Y ₁ -Y ₂ cm	Gök nar (Caa+2Cab.X+ Cbb.X²) ₁	Çam (Caa+2Cab.X+ Cbb.X²) ₂	Gök nar (S _{v1})² (5).0,039758	Çam (S _{v2})² (6).0,039758	(S _{vint})² (7)+(8)	S _{vint} √(9)	t.S _{vint} t.(10)
4 - 8	0,445	0,415	0,028	0,02464	0,02673	0,0009796	0,0010627	0,0020423	0,0452	0,035
6 - 10	0,425	0,396	0,029	0,01822	0,02016	0,0007244	0,0008015	0,0015259	0,0390	0,080
8 - 12	0,407	0,378	0,029	0,01314	0,01462	0,0005224	0,0005892	0,0011116	0,0333	0,069
10 - 14	0,38	0,359	0,029	0,00939	0,01075	0,0003733	0,0004266	0,0007999	0,0282	0,058
12 - 16	0,371	0,341	0,030	0,00700	0,00786	0,0002783	0,0003133	0,0005916	0,0243	0,050
14 - 18	0,353	0,323	0,030	0,00594	0,00627	0,0002362	0,0002493	0,0004855	0,0220	0,045
16 - 20	0,335	0,305	0,030	0,00482	0,00501	0,0002077	0,0002389	0,0004866	0,0221	0,046
18 - 22	0,317	0,286	0,031	0,00375	0,00380	0,0001821	0,0002704	0,0005825	0,0241	0,050
20 - 24	0,299	0,268	0,031	0,00262	0,00282	0,0001302	0,0003546	0,0007848	0,0280	0,058
22 - 26	0,281	0,250	0,031	0,00151	0,00182	0,0000601	0,0004886	0,0010901	0,0330	0,068
24 - 28	0,263	0,232	0,031	0,00077	0,00109	0,0000262	0,0006719	0,0014961	0,0387	0,080
26 - 30	0,245	0,213	0,032	0,00077	0,00276	0,0011041	0,0009049	0,0020090	0,0448	0,092
28 - 32	0,227	0,186	0,032	0,00061	0,00296	0,0014553	0,0011872	0,0026225	0,0512	0,106
30 - 34	0,208	0,177	0,031	0,04578	0,03819	0,0018201	0,0015184	0,0033585	0,0577	0,119
32 - 36	0,190	0,158	0,032	0,05679	0,04778	0,0022579	0,0018996	0,0041575	0,0644	0,133

Son zamanlarda, ormancılığı ilerlemiş memleketlerin orman amejman çalışmalarında sür'at, ucuzluk ve kolaylık sağlamak maksadiyle ağaç servetinin tayıni için, ağaç türleri itibariyle birleştirilmiş ve sadece çapa göre gövde hacmini veren *Hacım Tabloları* veya *Hacım Tarifleri* kullanılmaktadır. Keza bir plân ünitesinde mevcut ağaç servetinin meydana getirdiği hacim artımını tâyin için de, artım burgusu vasıtasıyla çıkarılan nümunelere dayanılarak çap artımı doğruları elde edilmekte ve (9) numaralı çalışmada esaslarını verdiğimiz ve tatbikatını açıkladığımız H. A. Meyer'in metodları veya bunlardan mülhem diğer metodlar yardımı ile ve bu ormana ait yukarda adı geçen hacim tablolarından faydalanılarak, ormanın hacim artımının tâyinine esas olacak çap'a göre bir *gövdedeki hacim artımının mutlak* veya *nisbi* miktarını veren *Artım Tabloları* veya *Artım Tarifleri* meydana getirilmektedir.

Yukarda varılan neticeye göre, Bolu'nun Aladağsuyu ormanların da H. A. Meyer'in hacim artımı tayıni metodlarını tatbik maksadiyle, çam ve göknar için ayrı ayrı kabuksuz çap artımı doğruları elde etmeğe lüzum yoktur. Her iki ağaç türü gövdelerinden alınan burgu nümunesi kıymetlerini birleştirmek ve bir kollektife aitlermiş gibi muameleye tâbi tutmak mümkündür. Bu da şüphesiz, ormanın artımının tâyinine hesap işlerini kolaylaştıracak ve basitleştirecektir. Ancak, orman amejmanı için kabuklu çap artımı mühim olduğundan, bu müşterek *Kabuklu göğüs çapı - Kabuksuz çap artımı doğrusu* kıymetlerini, her iki ağaç türünün kabuk faktörleri ile çarparak, çam ve göknar için kabuklu çap artımı doğrusu kıymetlerini hesaplamak ve bu kıymetlere dayanılarak da, bu orman için *Artım Tabloları* veya *Artım Tarifleri* tanzim etmek lâzımdır.

Matematik - istatistiğe dayanan ve dolayısıyla istatistik metodların bütün faydalarını nefsinde toplayan, ayrıca modern Eta tayıni metodlarının kullanılması için gerekli doneleri mükemmel surette sağlayan H. A. Meyer'in hacim artımı tayıni metodlarının Amejman işlerimiz için ifade ettiği büyük önemi, 9 numaralı etüdümüzde açıklamıştık. Bu metodların amejman işlerimizde tatbikatına başlanmasıyla, pratik sahada çalışan amejnist, muhtelif ağaç türlerinde görülen çap artımı farklarının ehemmiyet derecesini hükümlendirmede ve buna dayanılarak da gruplar teşkil etmede, bazı problemlerle karşılaşacaktır. İşte bu araştırmada verilen esas ve metodlar, amejnistin bu yönden karşılaşacağı problemleri çözmeğe yarayacak, ona tutacağı yol ve istikameti gösterecektir.

1. CHAPMAN and Meyer. 1949. Forest Mensuration. Mc. Grow Hill Book 522 pp.
2. ERASLAN, İ. 1953. Türkiyede Orman Amenajmanının bugünkü ve gelecekteki ana problemleri. Orman Fakültesi Der. Seri B, Sayı 1 - 2, sa. 103 - 130.
Gegenwärtige und zukünftige Probleme der Forsteinrichtung in der Türkei. Zeitschrift forstlicher Fakultät der Unuversität İstanbul, Serie B Heft I und II, S. 103 - 130.
3. ERASLAN, İ. 1954. Yurdumuzda bugüne kadar kullanılan Amenajman Metodları ve kritiği. Orman Fa. Dergisi Seri B, Sayı I sa. 96 - 133. Die bis jetzt in der Türkei verwendeten Forsteinrichtungsmethoden und ihre Kritik. Zeitschrift forstlicher Fakultät der Universität der İstanbul, Serie B Heft I, S. 96-133.
4. ERASLAN, İ. 1954. Trakya ve bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının amenajman esasları hakkında arařtırmalar. Orman Umum Müdürlüğü yayını No. 132 İstanbul 250 sahife.
Untersuchungen über die ertragskundlichen und forsteinrichtungsmässigen Grundlagen der Eichenwälder in Thrakien unter besonderer Berücksichtigung von Demirköy. Publikation der Forstgeneraldirektion No. 132, 250 S.
5. ERASLAN, İ. 1954. Demirköy İlçesi Meşe Ormanlarında bonitet arařtırmaları. Orman Fa. Dergisi, Seri A, Sayı 1-2, Sa. 74-84.
Untersuchungen über die Bonitierung der Eichenwälder des Landkreises Demirköy (Thrakien). Zeitschrift forstlicher Fakultät der Universität İstanbul Serie A, Heft 1 und 2, S. 74-84.
6. ERASLAN, İ. 1955. Demirköy İlçesi Meşe Ormanlarında hacim ve hasılât arařtırmaları. Orman Fa. Dergisi Seri A, Sayı 1 - 2, Sa. 45-73.
Eichenwälder des Landkreises Demirköy (Thrakien). Zeitschrift forstlicher Fakultät der Universität İstanbul Serie A Heft 1 und 2, S. 45-73.
7. ERASLAN, İ. 1955. Umumi ve Türkiye Orman Amenajman Bilgisi. İ. Ü. Orman Fakültesi yayını No. 33 İstanbul 351 Sahife.
Lehrbuch der allgemeinen und türkischen Forsteinrichtung. Veröffentlichung forstlicher Fakultät der Universität İstanbul, Nr. 33, 351 Seiten.
8. ERASLAN, İ. 1956. Türkiyede muhtelif yaşı ormanların optimal kuruluşları hakkında ilk arařtırmalar. Orman Fa. Dergisi. Seri A, Sayı 2, Sa. 159-202.
Die ersten Untersuchungen über den normalen Aufbau ungleichaltriger Wälder in der Türkei. Zeitschrift forstlicher Fakultät der Universität İstanbul, Serie A, Heft 2, S. 159-202.
9. ERASLAN, İ. 1957. Bolu'nun Aladağsuyu Ormanlarında İstatistik Metodlarla artım arařtırmaları ve neticelerin Amenajman İşlerimizde kullanılması. İ. Ü. Orman Fakültesi ya. No.
Zuwächsuuntersuchungen mittels mathematisch-statistischer Methoden in den Wäldern von Bolu und die Anwendung der Ergebnisse in der Forsteinrichtung. Publikation forstlicher Fakultät der Universität İstanbul Nr.
10. FİŞHER and Yates 1953. Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. London. 126 pp.
11. FIRAT, F. 1951. Orman Hasılât Bilgisi Ders Notları. Roto Baskısı.
12. GROSSMANN, H. 1956. Genauigkeitsuntersuchungen über die in der DDR angewandten mathematisch-statistischer Holzvorratsaufnahmen. Archiv für Forstwesen 5. Band Heft 5/6 (402-422).
13. HUMMEL, F. C. 1956. Massengerade als Grundlage von Einheitstarifen für den Aletrsklassenwald. Sonderdruck aus Forstw. zbl. Nr. 3/4 (65-128).
14. KLEPAC, D. 1956. L'accroissement du Sapin dans les différents associations de la Croatie Occidentale. IUFRO 56/25/22.
15. KNUCHEL, H. 1950 Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. H. R. Suaerländer 346 Seiten.
16. KRUTSCH-LOETSCH 1938. Holzvorratzinventur und Leistungsprüfung der naturgemässen Waldwirtschaft. Verlag Neumann-Neudamm 164 Seiten.
17. LOETSCH, F. 1952. Entwicklungsmöglichkeiten mitteleuropäischer Holzvorratzinventuren. Zeitschrift für Weltforstw. 15 (2) : 41-57.
18. LOETSCH, F. 1952. Der Einfluss von Höhenstufen und Holzarten auf einen einheitlichen Massentarif bei mitteleuropäischer Waldvorratinventuren. Zeit. für Weltforstw. Heft 5 : 185-196.
19. LOETSCH, F. 1953. Massenzuwachsermittlung durch Bohrspanproben

- unter Anwendung mathematisch-statistischer Methoden. Zeitfür Weltforstw. 16 (3) : 77-98
20. LOETSCH, F. 1954. Das Tariffdifferenzverfahren zur Massenzuwachsermittlung. Schweiz. für Forstwesen. Nr. 3/4 und 5/47.
 21. LOETSCH, F. 1954. Wesen und Anwendungsmöglichkeit der mathematischer Statistik in der Forstwirtschaft, speziell bei forstlicher Vorrats- und Zuwachsinventuren. Schweiz. für Forstwesen. Nr. 11: 625-643.
 22. MEYER, Recknagel and Stevenson. 1952. Forest Management The Ronald Press Co. New York. 219 pp.
 23. MEYER, H. A. 1942. Methods of Forest Growth Determination. Agri Exp. Sta. Pennsylvania Bull. No. 435.
 24. MEYER, H.A. 1952. Accuracy of Forest Growth Determination Based on the Measurement of Increment Cores. Agr. Exp. Pennsylvania Bull. 547. 27 pp.
 25. MEYER, H. A. 1953. Forest Mensuration. Pennsylvania. Penn. Valley Publishers 357 pp.
 26. PRODAN, M. 1953. Die Bestimmung des Massenzuwachses von Beständen mit Hilfe des Massenzuwachsprozents. Forstw. Centralblatt 68 (5).
 27. PRODAN, M. 1951. Messung der Waldbestände. Frankfurt (Main) Sauerländer.
 28. RİCHTER, A. 1952. Aufgaben und Methodik gegenswartsnaher Forsteinrichtung. Archiv für Forstwesen. Band 1, Heft 1/2 (31-46).
 29. RİCHTER, GROSSMANN und THİELE. 1953. Beiträge zur Methodik der Holzvorratsinventuren auf mathematisch-statistischer Grundlage. Archiv für Forstwesen, Band 2 Heft 2/3 (143-181) Heft 4/5 (289-339), Heft 6 (481-501).
 30. RİCHTER, A. 1953. Gegenwarstprobleme der Forsteinrichtung. Das neue Forsteinrichtungsverfahren (vorläufige Betriebsregelungsanweisung). Berlin Seite 11-23.
 31. RİCHTER, A. 1955. Fragen der Holzvorrats- und Zuwachsinventur. Archiv für Forstwesen 4. Band Heft 5/6 (467-480).
 32. RİCHTER, A. 1956. Zur Frage der Zuwachsermittlung mit Hilfe von Bohrspaltenproben. Archiv für Forstwesen 5. Band Heft 1/2 (104-125).

33. RİCHTER, A. 1956. Erfahrungen auf dem Gebiete mathematisch-statistischer Holzvorratsinventuren Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 40/41 (519-522).
34. RİCHTER, A. 1956. Zur Frage einer standortgerechten Forsteinrichtung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. Heft 4 (80-85).
35. RİCHTER, A. 1957. Zur Durchführung grossräumiger Holzvorratsinventuren Forst- und Jagd Heft 2.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE FESTSTELLUNG DER WICHTIGKEIT DER STÄRKEZUWACHSDIFFERENZEN MITTELS MATHEMATISCH - STATISTISCHER METHODEN

von

Dozent Dr. Ing. İsmail ERASLAN

An dem Institut für Forstpolitik und Forsteinrichtung der forstlichen
Fakultät der Universität İstanbul

I. Zweck der Untersuchung

Die Vorteile der Meyer'schen Massenzuwachsermittlungsmethoden wurden in der Arbeit Nr. 9 erwähnt, welche auf den mathematisch-statistischen Methoden beruhen. Um Schnelligkeit und Billigkeit in der Anwendung dieser Methoden zu schaffen, wurden von denjenigen Holzarten Gruppen gebildet, deren Stärkezuwächse nahe liegen.

Bei der Gruppenbildung von den hinsichtlich ihrer Stärkezuwächse nahe liegenden Holzarten geht folgende Frage hervor :

Nach welchen Methoden die Wichtigkeit der Rindenstärke- und Stärkezuwachsdifferenzen zwischen den zwei Holzarten in einem Walde oder bei einer Holzart auf verschiedenen Standorte untersucht und nach welchem objektiven Kriterium werden die Differenzen als *wichtig* oder *unwichtig* angesehen werden.

Deshalb ist der Zweck dieser Untersuchung die Grundlagen und geeignete Methoden zu zeigen, welche der Auflösung dieser Fragen dienen mögen und damit die Durchführung der Massenzuwachsermittlungsverfahren von H. A. Meyer in der Forsteinrichtungspraxis zu erleichtern.

II. Das Gebiet und Material der Untersuchung

Als Untersuchungsgebiet wurde der Wirtschaftsbezirk Aladağsuyu in der Provinz Bolu ausgewählt. Die Wälder von Aladağsuyu befinden

sich im Westteil des Schwarzmeer-Klimagebietes. Dieser Westteil hat eine geographische Lage zwischen $30^{\circ}04'$ - $35^{\circ}25'$ ö.L. und $39^{\circ}52'$ - $42^{\circ}07'$ n. Br. Sein höchster Punkt ist 2378 m. ü.M.

Der Wirtschaftsbezirk Aladağsuyu hat eine Gesamtfläche von 21936 ha, wovon 16652 ha bewaldet sind. Bei der letzten Revision wurde seine Fläche mit Hilfe von Luftbildern in die Bestandestypen eingeteilt und eine detaillierte Bestandskarte angefertigt. Für die Holzvorratsinventur wurde die Zahl der Probeflächen mittels statistischer Formeln für jeden Bestandestyp berechnet und nach der Zufallsmethode auf das Kollektiv verteilt. In jedem Probekreis wurden ausser anderen Messungen auch an drei Stämmen mit verschiedenem Durchmesser in Brusthöhe Bohrspäne entnommen. Auf den Bohrspänen wurde die Rindenstärke und die Länge der letzten 10 Jahrringe gemessen.

Als Untersuchungsmaterial dienten die Daten von 170 Kiefern 170 Tannen, insgesamt 340 Stämmen aus den zwei stufigen Kiefer-Tannen Mischbeständen mit überwiegender Kiefer.

III. Die mathematischen Grundlagen der Untersuchung

A — Feststellung der Wichtigkeit der Rindenstärkedifferenzen :

In erster Linie interessiert sich die Forsteinrichtung für den Durchmesser mit Rinde und dessen Zuwachs. Der Stärkezuwachs wird von dem Rindenzuwachs und der Rindenstärke stark beeinflusst. Deswegen muss die Wirkung der Rindenstärke bei der Bestimmung des Stärkezuwachses mit Rinde berücksichtigt werden.

Die Rindenstärke schwankt besonders nach der Holzart, dem Alter und dem Standort erheblich. Sie liegt aber manchmal bei zwei Holzarten auf einem Standort nahe und auch manchmal stark entfernt voneinander.

Die Rechenarbeiten werden erheblich vereinfacht und erleichtert, wenn man die Gruppen von den Holzarten bildet, deren Rindenstärkedifferenzen eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Diese Grenze wurde von H. A. Meyer wie folgt festgestellt (23, Seite 26) :

Eine Differenz wird als wichtig angesehen, wenn sie die doppelte Grösse des Standardfehlers erreicht.

Um die Wichtigkeit der Rindenstärkedifferenzen zwischen den zwei Holzarten zu untersuchen, muss man nach H. A. Meyer die Rindenfaktoren dieser Holzarten berechnen und die betreffende Gerade bestimmen,

welche die Beziehung zwischen der Rindenstärke und dem Durchmesser mit Rinde darstellt.

Wenn c_1 und c_2 die Rindenfaktoren der zwei verschiedenen Holzarten beschreiben, so sind die Gleichungen

$$D = c_1 \cdot d \quad (1)$$

$$D = c_2 \cdot d \quad (2)$$

Bezeichnen wir die Summen der Quadrate der Gewichts-differenzen zwischen den ausgeglichenen Werten und den Originalwerten mit dem Ausdruck $\Sigma W \text{ res}_1^2$ und $\Sigma W \text{ res}_2^2$ für zwei Holzarten. Nach der Arbeit Nr. 9 ist der Wert $\Sigma W \text{ res}^2$.

$$\Sigma W \text{ res}^2 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \Sigma W \cdot D \quad (3)$$

Wenn man die Summen der Quadrate der Gewichts-differenzen von diesen Holzarten vereinigt und durch die Zahl der Freiheitsgrade dividiert, so erhält man die mittlere Summe der Quadrate der Gewichts-differenzen

$$(S_{D \cdot d})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}_1^2 + \Sigma W \text{ res}_2^2}{n_1 + n_2} \quad (4)$$

Hier bedeuten $n_1 = N_1 - 1$ und $n_2 = N_2 - 1$, N_1 und N_2 die Zahlen der Stärkestufen. Also erhält man

$$(S_{D \cdot d})^2 = \frac{\Sigma W \text{ res}_1^2 + \Sigma W \text{ res}_2^2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} \quad (5)$$

Danach werden die Quadrate des Standardfehlers $S^2 c_1$ und $S^2 c_2$ von zwei Holzarten mit den folgenden Formeln bestimmt.

$$S^2 c_1 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\Sigma W \cdot d_1} \quad (6)$$

$$S^2 c_2 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\Sigma W \cdot d_2} \quad (7)$$

Nach der Formel Nr. 6 und Nr. 7 bekommt man den Standardfehler der Differenzen zwischen den Rindenfaktoren von zwei Holzarten wie folgt

$$\begin{aligned} S^2 c_1 + c_2 &= \frac{S^2 c_1 + S^2 c_2}{S c_1 + c_2} \\ S c_1 + c_2 &= \sqrt{S^2 c_1 + S^2 c_2} \end{aligned} \quad (8)$$

Dividiert man den Unterschied zwischen den Rindenfaktoren c_1 und c_2 dieser Holzarten durch den Wert $S c_1 + c_2$, so wird der statistische Wert t erhalten

$$t = \frac{c_1 - c_2}{S c_1 + c_2} \quad (9)$$

Wenn man den Wert nach dem vorgenommenen Versuch 2 oder mehr findet, so ist dieser Unterschied als wichtig angesehen. Im Gegenteil werden die beiden Holzarten als ein Kollektiv betrachtet und einer Gruppe zugerechnet.

In den meisten Fällen braucht man nicht die Werte $S c_1$ und $S c_2$ auf oben genannter Weise so genau zu berechnen. Man kann mittels von einzeln berechneten Standardfehlern des Rindenfaktors zweier Holzarten mit Hilfe folgender Formel bestimmen

$$S_{\text{Diff}} = S c_1 + c_2 = \sqrt{S^2 c_1 + S^2 c_2} \quad (10)$$

B — Feststellung der Wichtigkeit der Stärkezuwachsdifferenzen :

Die Untersuchungen über den Stärkezuwachs werden in einem Walde an der Brusthöhe der Stämme angestellt und der Durchschnitt der 5 - 10 jährigen Periode zum Ausgleich der meteorologischen Einwirkungen vorgenommen.

Es entstehen immer Unterschiede zwischen den Stärkezuwachsgeraden oder-kurven ohne Rinde verschiedener Holzarten als Funktion des Durchmessers mit Rinde durch den Einfluss des Alters und des Standortes. Diese Stärkezuwachsunterschiede o.R. können manchmal zwischen den Holzarten in einem Walde nicht zu gross sein. In diesen

Fällen sind diese Holzarten als ein Kollektiv zu betrachten und die erhobenen Daten zu vereinigen. Dadurch die Berechnungen erheblich erleichtert. Deswegen muss versucht werden, innerhalb welcher Grenze können die Stärkezuwachsunterschiede *als unwichtig* betrachtet und danach welche Holzarten *als eine Gruppe* angesehen werden.

Zu diesem Zweck wurden von H. A. Meyer zwei Verfahren auf Grund der mathematischen Statistik angegeben (23, S. 32). Sie werden besser verständlich sein, wenn man eines von diesen *als Verfahren des Vertrauensbandes* und das andere *als Verfahren über gemeinsame Summe der Quadrate der Differenzen* nennt.

a — *Das Verfahren des Vertrauensbandes* :

Wie in der Arbeit Nr. 9 erwähnt, stellt die Beziehung zwischen dem Durchmesser und dem Stärkezuwachs in gleichaltrigen Beständen *eine Gerade* und in den ungleichaltrigen Wäldern *eine Parabel* oder eine Kurve dritten Grades dar. Hier wurde nur mit der Geraden gearbeitet.

Die Formel einer Geraden lautet :

$$Y = a + b \cdot X \quad (11)$$

wobei X den Bsthöhendurchmesser mit Rinde und Y den jährlichen Stärkezuwachs ohne Rinde bedeuten. a und b sind die Koeffizienten, welche die Gerade charakterisieren.

Nach H. A. Meyer wird S_y^2 das Quadrat des Standardfehlers einer Geraden mit folgender Formel bestimmt (23, S. 34) :

$$S_y^2 = (S_y \cdot x)^2 \cdot (Caa + 2 Cab \cdot X + Cbb \cdot X^2) \quad (12)$$

In dieser Gleichung entspricht der Ausdruck $(S_y \cdot x)^2$ dem Durchschnittswert der Summe der Quadrate der Gewichts-differenzen wie folgt

$$(S_y \cdot x)^2 = \frac{\sum W \text{ res}^2}{N - 2} \quad (13)$$

Hier bedeuten N die Anzahl der Stärkestufen. Der Ausdruck $\sum W \text{ res}^2$ gleicht dem folgenden Wert

$$\sum W \text{ res}^2 = \sum W \cdot Y^2 - a \cdot \sum W \cdot Y - b \cdot \sum W \cdot X \cdot Y \quad (14)$$

Die Koeffizienten Caa, Cab und Cbb in der Formel Nr. 12 werden mit den folgenden Normalgleichungen bestimmt :

$$I \quad Caa \cdot \sum W + Cab \cdot \sum W \cdot X = 1 \quad (15)$$

$$II \quad Caa \cdot \sum W \cdot X + Cab \cdot \sum W \cdot X^2 = 0 \quad (16)$$

$$III \quad Cab \cdot \sum W + Cbb \cdot \sum W \cdot X = 0 \quad (17)$$

$$IV \quad Cab \cdot \sum W \cdot X + Cbb \cdot \sum W \cdot X^2 = 1 \quad (18)$$

Nach der Zahl der Freiheitsgrade $n = N - 2$ und der gewünschten Wahrscheinlichkeit (z.B. von 5 %) wird der statistische Wert t aus der Tabelle von Fisher entnommen. Durch Multiplikation dieses Wertes mit den verschiedenen Werten von S_y werden t. S_y Werte gefunden.

Mit Hilfe der Formel Nr. 12 werden nach den verschiedenen Werten X die verschiedene Werte Y berechnet. Die t. S_y Werte werden einmal den Y Werte hinzugefügt und einmal von diesen Werten abgezogen. Dadurch werden die *oberen- und unteren Grenzwerte des Vertrauensbandes* erhalten. An Hand dieser Grenzwerte der Geraden einer Holzart wird das Vertrauensband auf ein Koordinatensystem gezeichnet. Dann wird die Stärkezuwachsgerade der zweiten Holzart auf dieses System übertragen. *Wenn diese Gerade innerhalb des Vertrauensbandes bleibt, so kann man beurteilen, dass die Stärkezuwachsunterschiede zwischen diesen Holzarten unwichtig sind und sie als ein Kollektiv oder eine Gruppe betrachtet werden können.*

b — *Das Verfahren über die gemeinsame Summe der Quadrate der Differenzen* :

Es kann manchmal so geschehen, dass die Stärkezuwachsgerade der zweiten Holzart teils innerhalb teils ausserhalb des Vertrauensbandes bleibt. In diesen Fällen ist es notwendig, die Wichtigkeit der Stärkezuwachsdifferenzen für jede Stärkestufe zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurde das zweite Verfahren von H. A. Meyer entwickelt.

In diesem Verfahren werden die Summen der Quadrate der Gewichts-differenzen von zwei Holzarten vereinigt und eine gemeinsame durchschnittliche Summe der Quadrate der Gewichts-differenzen wie folgt erhalten :

$$(S_{y \cdot x})^2 = \frac{\sum W \text{ res}_1^2 + \sum W \text{ res}_2^2}{n_1 + n_2} \quad (19)$$

Hier bedeuten $n_1 = N_1 - 2$ und $n_2 = N_2 - 2$. Wenn man diese Werte in die Formel Nr. 19 einsetzt, so erhält man

$$(S_{y \cdot x})^2 = \frac{\sum W \text{ res}^2 + W \text{ res}_2^2}{(N_1 - 2) + (N_2 - 2)} \quad (20)$$

Multipliziert man der Wert $(S_{y \cdot x})^2$ mit dem Ausdruck von $(C_{aa} + 2 C_{ab} \cdot X + C_{bb} \cdot X^2)$ jeder Holzart nach der Formel Nr. 12, so bekommt man die folgenden Quadrate des Standardfehlers S_Y^2 und S_Y^2 dieser Holzarten :

$$(S_{Y_1})^2 = (S_{y \cdot x})^2 \cdot (C_{aa} + 2 C_{ab} \cdot X + C_{bb} \cdot X^2)_1 \quad (21)$$

$$(S_{Y_2})^2 = (S_{y \cdot x})^2 \cdot (C_{aa} + 2 C_{ab} \cdot X + C_{bb} \cdot X^2)_2 \quad (22)$$

Mit diesen Werten kann man den Wert S_{Diff} wie folgt bestimmen :

$$(S_{Diff})^2 = S^2 Y_1 + S^2 Y_2 \quad (23)$$

$$S_{Diff} = \sqrt{S^2 Y_1 + S^2 Y_2} \quad (24)$$

Nach der Zahl der Freiheitsgrade $n = n_1 + n_2$ und der Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % wird der dementsprechende Wert aus der Tabelle von Fisher entnommen. Durch Multiplikation dieses Wertes mit dem Wert von S_{Diff} jeder Stufe werden $t \cdot S_{Diff}$ Werte berechnet.

Anschliessend werden mit Hilfe der Funktionen von Y_1 und Y_2 die Stärkezuwächse einzelner Stufen bestimmt und die Differenzen von $Y_1 - Y_2$ berechnet. Wenn die Differenzen einer Stärkestufe grösser ist als der Wert $t \cdot S_{Diff}$ so wird sie als wichtig und im Gegenteil als unwichtig angesehen.

IV. Die Durchführung der erwähnten Methoden :

A — Feststellung der Wichtigkeit der Rindenstärkedifferenzen zwischen der Kiefer und der Tanne :

Zu diesem Zweck wurden die Tabellen Nr. 1 und 2 in der Arbeit Nr. 9 benutzt. Nach den Formeln Nr. 1 und 2 sind die Geraden des Rindenfaktors dieser Holzarten

$$\text{für Kiefer } D = 1,13350 \cdot d \quad (25)$$

$$\text{für Tanne } D = 1,07099 \cdot d \quad (26)$$

Nach der Formel Nr. 3 wurde die Summe der Quadrate der Gewichtsdifferenzen zwischen den ausgeglichenen Werten der Funktion D und den Originalwerten wie folgt berechnet :

$$\text{Kiefer } \sum W \text{ res}_1^2 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \sum W \cdot D = \frac{5620,903}{4958,23} - 1,13350 = 0,749$$

$$\text{Tanne } \sum W \text{ res}_2^2 = \sum \frac{W \cdot D^2}{d} - c \cdot \sum W \cdot D = \frac{4943,895}{4615,98} - 1,07099 = 0,227$$

Da $N_1 = 14$ und $N_2 = 14$ sind, wird der Wert $(S_{D \cdot d})^2$

$$(S_{D \cdot d})^2 = \frac{\sum W \text{ res}_1^2 + \sum W \text{ res}_2^2}{(N_1 - 1) + (N_2 - 1)} = \frac{0,749 + 0,227}{(14 - 1) + (14 - 1)} = 0,0375$$

Die Quadrate des Standardfehlers des Rindenfaktors dieser Holzarten sind nach den Formeln Nr. 6 und 7.

$$\text{Kiefer } S^2 c_1 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\sum W \cdot d_1} = \frac{0,0375}{4374,25} = 0,000008573$$

$$\text{Tanne } S^2 c_2 = \frac{(S_{D \cdot d})^2}{\sum W \cdot d_2} = \frac{0,0375}{4310,00} = 0,000008701$$

Nach der Formel Nr. 8 ist der Standardfehler

$$S_{c_1} + c_2 = \sqrt{S^2 c_1 + S^2 c_2} = \sqrt{0,000008573 + 0,000008701} = \pm 0,00415$$

Dasselbe Resultat ist mit Hilfe der Formel Nr. 10 zu erreichen. In der Arbeit Nr. 9 wurden $S_{c_1} = 0,00001317$ für Kiefer und $S_{c_2} = 0,00000405$ für Tanne angegeben. Dadurch wird $S_{c_1} + c_2$

TABELLE Nr. 1

Die Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers mit Rinde von dem ohne Rinde bei Kiefer

Stärke- stufe	Durch- messer m.R.	Durch- messer o.R.	W	W.D	W.D ²	W.d	W.D ² d
cm 1	cm 2	cm 3	4	5	6	7	8
8-12	10,50	8,87	6	63,00	661,5000	53,22	74,577
12-16	13,42	11,68	19	254,98	3421,8316	221,92	292,965
16-20	17,41	15,43	22	383,02	6668,3782	339,46	432,450
20-24	21,44	19,02	16	343,04	7354,7776	304,32	386,687
24-28	24,91	21,95	22	548,02	13651,1782	482,90	621,922
28-32	29,28	25,73	11	322,08	9430,5024	283,03	366,518
32-36	33,29	29,45	21	699,09	23272,7061	618,45	790,245
36-40	37,10	32,69	10	371,00	13764,1000	326,90	421,049
40-44	41,50	36,41	20	830,00	34445,0000	728,20	946,031
44-48	45,25	40,12	12	543,00	24570,7500	481,44	612,431
48-52	49,00	43,60	4	196,00	9604,0000	174,40	220,275
52-56	53,50	46,70	2	107,00	5724,5000	93,40	122,580
56-60	57,00	51,90	2	114,00	6498,0000	103,80	125,202
60-64	61,34	54,27	3	184,00	11286,5600	162,81	207,971
			170	4958,23		4374,25	5620,903

TABELLE Nr. 2

Die Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers mit Rinde von dem ohne Rinde bei Tanne

Stärke- stufe	Durch- messer m.R.	Durch- messer o.R.	W	W.D	W.D ²	W.d	W.D ² d
cm 1	cm 2	cm 3	4	5	6	7	8
8-12	10,63	9,88	8	85,04	903,9704	79,04	91,495
12-16	13,78	12,78	18	248,04	3417,9912	230,04	267,448
16-20	17,82	16,48	33	588,06	10479,2292	543,84	635,876
20-24	21,42	20,07	19	406,98	8717,5116	381,33	434,355
24-28	25,46	24,00	13	330,98	8426,7508	312,00	351,115
28-32	28,95	26,98	21	607,95	17600,1525	566,58	652,341
32-36	33,00	30,79	21	693,00	22869,0000	646,59	742,741
36-40	38,15	35,52	13	495,95	18920,4925	461,76	532,672
40-44	41,00	38,62	11	451,00	18491,0000	424,82	478,793
44-48	44,33	42,07	3	132,99	5895,4467	126,21	140,134
48-52							
52-56	52,80	49,40	5	264,00	13939,2000	247,00	282,170
56-60	58,00	54,60	2	116,00	6728,0000	109,20	123,223
60+	65,33	60,53	3	195,99	12804,0267	181,59	211,532
			170	4615,98		4310,00	4943,895

$Sc_1 + c_2 = \sqrt{0,00000405 + 0,00001317} = \pm 0,00415$
 Da der Rindenfaktor der Kiefer $c_1 = 1,13350$ und der Tanne $c_2 = 1,07099$ ist, wird die Differenz $c_1 - c_2 = 1,13350 - 1,07099 = 0,06251$ gefunden. Nach der Formel Nr. 9 wird der folgende Wert erhalten

$$t = \frac{c_1 - c_2}{Sc_1 + c_2} = \frac{0,06251}{0,00415} = 15,06$$

Nach diesem Ergebnis ist die Differenz 15,06 mal grösser als der Standardfehler. Deswegen ist die Differenz zwischen den Rindenfaktoren dieser Holzarten *sehr wichtig*, welche niemals als ein Kollektiv betrachtet und zu einer Gruppe zugerechnet werden können.

B — Feststellung der Wichtigkeit der Differenzen zwischen den Stärkezuwachsgeraden ohne Rinde der Kiefer und der Tanne:

Zu diesem Zwecke wurden die Tabellen Nr. 3 und 4 aufgestellt. Die Koeffizienten a und b in der Gleichung Nr. 11 wurden mit Hilfe der Rechenarten von Doolittle, Chapman-Meyer und Loetsch zur Kontrolle bestimmt und folgende Geraden des Stärkezuwachses o.R. erhalten :

$$\text{Kiefer } Y_1 = a_1 + b_1 \cdot X = Zd = a_1 + b_1 \cdot D = 0,44206 - 0,0045755 \cdot D \quad (27)$$

$$\text{Tanne } Y_2 = a_2 + b_2 \cdot X = Zd = a_2 + b_2 \cdot D = 0,47055 - 0,004519 \cdot D \quad (28)$$

Zur Untersuchung der Wichtigkeit der Differenzen zwischen diesen Geraden wurden die oben genannten zwei Verfahren verwendet.

a — Das Verfahren des Vertrauensbandes :

Zur Durchführung dieser Methode wurde die Stärkezuwachsgerade der Kiefer zur Hand genommen. Der Ausdruck $(S_{y \cdot x})^2$ in der Formel Nr. 12 wurde mittels der Formeln Nr. 13 und 14 wie folgt berechnet :

$$S_{y \cdot x}^2 = \frac{17,305898 - (0,44206 \cdot 52,464) - (-0,0045755 \cdot 1412,3820)}{14 - 2} = 0,048002$$

TABELLE Nr. 3

Die Abhängigkeit des Bruthöhendurchmessers mit Rinde von dem Stärkezuwachs ohne Rinde bei der Kiefer

Stärke- stufe	X	Y	W	W.X	W.X ²	W.Y	W.X.Y	W.Y ²
cm	D	Z _n	W.D	W.D ²	W.Z _n	W.D.Z _n	W.Z _n ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-12	10,50	0,390	6	63,00	661,5000	2,340	24,57000	0,912600
12-16	13,42	0,365	19	254,98	3421,8316	6,935	93,06770	2,531275
16-20	17,41	0,402	22	383,02	6668,3782	8,844	153,97404	3,535288
20-24	21,44	0,303	16	343,04	7354,7776	4,848	103,94112	1,468944
24-28	24,91	0,402	22	548,02	13651,1782	8,844	220,30404	3,555288
28-32	29,28	0,273	11	322,08	9430,5024	3,003	87,92784	0,819819
32-36	33,29	0,234	21	699,09	23272,7061	4,914	163,58706	1,149876
36-40	37,10	0,284	10	371,00	13764,1000	2,840	105,36400	0,806560
40-44	41,50	0,260	20	830,00	34445,0000	5,200	215,80000	1,352000
44-48	45,25	0,173	12	543,00	24570,7500	2,076	93,93900	0,359148
48-52	49,00	0,105	4	196,00	9604,0000	0,420	20,58000	0,044100
52-56	53,50	0,220	2	107,00	5724,5000	0,440	23,54000	0,096800
56-60	57,00	0,250	2	114,00	6498,0000	0,500	28,50000	0,125000
60 +	61,34	0,420	3	184,00	11287,7868	1,260	77,28840	0,529200
			170	4958,23	170355,0109	52,464	1412,38320	17,305898

TABELLE Nr. 4

Die Abhängigkeit des Bruthöhendurchmessers m. R. von Stärkezuwachs o.R. bei der Tanne

Stärke- stufe	X	Y	W	W.X	W.X ²	W.Y	W.X.Y	W.Y ²
cm	D	Z _n	W.D	W.D ²	W.Z _n	W.D.Z _n	W.Z _n ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-12	10,63	0,350	8	85,04	903,9752	2,800	29,76400	0,980000
12-16	13,78	0,476	18	248,04	3417,9912	8,568	118,06704	4,078368
16-20	17,82	0,384	33	588,06	10479,2292	12,672	225,81504	4,866048
20-24	21,42	0,375	19	406,98	8717,5116	7,125	152,61750	2,671875
24-28	25,46	0,426	13	330,98	8426,7508	5,538	140,99748	2,359188
28-32	28,95	0,295	21	607,95	17600,1525	6,195	179,34525	1,827525
32-36	33,00	0,260	21	693,00	22869,0000	5,460	180,18000	1,419600
36-40	38,15	0,293	13	495,95	18920,4925	3,809	145,31335	1,116037
40-44	41,00	0,337	11	451,00	18491,0000	3,707	151,98700	1,249259
44-48	44,33	0,267	3	132,99	5895,4467	0,801	35,50833	0,213867
48-52	-	-	-	-	-	-	-	-
52-56	52,80	0,288	5	264,00	13939,2000	1,440	76,03200	0,414720
56-60	58,00	0,300	2	116,00	6728,0000	0,600	34,80000	0,180000
60 +	65,33	0,140	3	195,99	12804,0267	0,420	27,43860	0,058800
			170	4615,98	149192,7764	59,135	1497,86559	21,435287

Die Koeffizienten Caa, Cab und Cbb wurden mit Hilfe der Normalgleichungen Nr. 15 - 18 bestimmt und folgende Werte gefunden :

$$Caa = + 0,038928$$

$$Cab = - 0,001133$$

$$Cbb = + 0,00003885$$

Dadurch wurden alle Werte der Gleichung Nr. 12 bekannt. Die Stärkestufen von 4 Zentimetern wie 8 - 12, 12, - 16, gebildet. Nach dem Durchmesser X der Stufenmitte wurden die Werte S_Y auf der Tabelle Nr. 5 berechnet.

Wie aus der Tabelle Nr. 3 ersichtlich ist, wird die Zahl der Freiheitsgarde $n = N - 2 = 14 - 2 = 12$. Nach dieser Zahl und der Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % wurde der Wert t als 2,179 aus der Tabelle von Fisher entnommen. Durch Multiplikation dieses Wertes mit dem S_Y wurden t . S_Y Werte gefunden. Nach der Gleichung Nr. 27 wurden die Y Werte auf der Tabelle Nr. 6 bestimmt. Nach diesen Angaben wurden schliesslich $Y + t . S_Y$ und $Y - t . S_Y$ Werte berechnet.

Mit Hilfe der Werte auf den Spalten Nr. 11 und 12 der Tabelle Nr. 5 wurde das Vertrauensband auf der Graphik Nr. 1 gezeichnet. Die Stärkezuwachsgerade der Tanne auf diese Graphik übertragen.

Aus dieser Graphik ist deutlich ersichtlich, dass die Stärkezuwachsgerade vollkommen innerhalb des Vertrauensbandes bleibt. Dadurch kann man beurteilen, dass die Differenz zwischen den Stärkezuwachsgeraden ohne Rinde der Kiefer und der Tanne unwichtig ist und beide Holzarten als ein Kollektiv betrachtet werden können.

b — Das Verfahren über die gemeinsame Summe der Quadrate der Differenzen :

Zur Anwendung dieses Verfahrens wurden die Quadrate der Differenzen zwischen den Stärkezuwachsgeraden der Kiefer und der Tanne summiert und nach der Formeln Nr. 19 und 20 der Wert $(S_y . x)^2$ wie folgt berechnet :

$$\text{Kiefer } \Sigma W \text{ res}^2_1 = 0,576021$$

$$\text{Tanne } \Sigma W \text{ res}^2_2 = 0,378168$$

TABELLE Nr. 6

D	0,0045755.D	0,44206 - 0,0045755.D	Z _d =Y
X			
cm		cm	cm
6	0,027453	0,414607	0,415
10	0,045755	0,396305	0,396
14	0,064057	0,378003	0,378
18	0,082359	0,359701	0,359
22	0,100661	0,341399	0,341
26	0,118963	0,323097	0,323
30	0,137265	0,304795	0,305
34	0,155567	0,286493	0,286
38	0,173863	0,268197	0,268
42	0,192217	0,249843	0,250
46	0,210473	0,231587	0,232
50	0,228775	0,213285	0,213
54	0,247077	0,194983	0,195
58	0,265379	0,176681	0,177
62	0,283681	0,158379	0,158
66	0,301983	0,140077	0,140

$$\Sigma W \text{ res}^2_1 + \Sigma W \text{ res}^2_2 = 0,576021 + 0,378168 = 0,0397578$$

$$(\Sigma y \cdot x)^2 = \frac{(N_1 - 2) + (N_2 - 2) (14 - 2) + (14 - 2)}{(N_1 - 2) + (N_2 - 2)} = 0,0397578$$

Nach diesem Resultat wurden die folgenden Gleichungen über die Quadrate des Standardfehlers der Kiefer und der Tanne mittels der Formeln Nr. 21 und 22 erhalten :

$$\text{Kiefer } (\Sigma Y_1)^2 = 0,0397578 (Caa + 2 Cab \cdot X + Cbb \cdot X^2) \quad (30)$$

$$\text{Tanne } (\Sigma Y_2)^2 = 0,0397578 (Caa + 2 Cab \cdot X + Cbb \cdot X^2) \quad (29)$$

Die Koeffizienten in diesen Gleichungen wurden mit Hilfe der Normalgleichungen Nr. 15-18 ermittelt und folgende Werte gefunden :

D	X	Caa	2Cab.X	Cbb.X ²	(3+4+5)	(S _y) ²	(6).(S _x) ²	S _y	f.S _y	Y	Z _d	Y+f.S _y	Y-f.S _y
4-8	56	0,03895	-0,01360	0,00140	0,02673	0,0012881	0,0558	0,078	0,415	0,495	0,415	0,495	0,557
8-12	100	0,05895	-0,02266	0,00389	0,02016	0,0009677	0,0311	0,068	0,396	0,464	0,396	0,464	0,528
12-16	196	0,05895	-0,05172	0,00761	0,01482	0,0007114	0,0267	0,058	0,378	0,456	0,378	0,456	0,520
16-20	324	0,05895	-0,04079	0,01259	0,01073	0,0005151	0,0227	0,049	0,359	0,408	0,359	0,408	0,510
20-24	484	0,03895	-0,04985	0,01880	0,00788	0,0003785	0,0194	0,042	0,341	0,385	0,341	0,385	0,299
24-28	676	0,03895	-0,05892	0,02626	0,00627	0,0003010	0,0176	0,038	0,323	0,361	0,323	0,361	0,285
28-32	900	0,03895	-0,06798	0,03497	0,00601	0,0002885	0,0169	0,037	0,305	0,342	0,305	0,342	0,268
32-36	1156	0,03895	-0,07704	0,04491	0,00680	0,0003264	0,0180	0,039	0,286	0,325	0,286	0,325	0,247
36-40	1444	0,03895	-0,08611	0,05610	0,00892	0,0004282	0,0207	0,045	0,268	0,313	0,268	0,313	0,223
40-44	1764	0,03895	-0,09517	0,06853	0,01229	0,0005899	0,0243	0,053	0,250	0,303	0,250	0,303	0,197
44-48	2116	0,03895	-0,10424	0,08221	0,01690	0,0008112	0,0285	0,062	0,232	0,294	0,232	0,294	0,176
48-52	2500	0,03895	-0,11330	0,09713	0,02276	0,0010925	0,0331	0,072	0,213	0,285	0,213	0,285	0,141
52-56	2916	0,03895	-0,12236	0,11329	0,02986	0,0014333	0,0379	0,083	0,195	0,278	0,195	0,278	0,112
56-60	3364	0,03895	-0,13143	0,13069	0,03819	0,0018332	0,0428	0,093	0,177	0,270	0,177	0,270	0,084
60-64	3844	0,03895	-0,14049	0,14934	0,04778	0,0022935	0,0478	0,104	0,158	0,262	0,158	0,262	0,054

t = 2,179 (S_x.y)² = 0,48002
 Cab = -0,001133 Cbb = 0,00003885
 Cab = -0,002266 Y = 0,44206 - 0,0045755 . X

Koeffizienten	Kiefer	Tanne
Caa	0,038928	0,03678767
Cab	— 0,001133	— 0,0011382
Cbb	0,00003885	0,00004192

Zur Auflösung der Gleichungen Nr. 29 und 30 wurde die Tabelle Nr. 7 aufgestellt. In dieser Tabelle wurden auch die Werte von Y_1 und Y_2 und deren Unterschiede $Y_1 - Y_2$ bestimmt.

Die Zahl der Freiheitsgrade ist hier $n = n_1 + n_2 = (N_1 - 2) + (N_2 - 2) = 24$. Nach dieser Zahl und einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % wurde der statistische Wert t aus der Tabelle von Fisher als 2,064 entnommen. Durch Multiplikation dieses Wertes mit dem S_{Diff} wurden die Werte von $t \cdot S_{Diff}$ gefunden.

Vergleicht man die Differenzen $Y_1 - Y_2$ auf der Spalte 4 mit den Werten $t \cdot S_{Diff}$ auf der Spalte 11, so sieht man sehr deutlich, dass die Werte der 4. Spalte nirgendwo grösser als die Werte der 11. Spalte sind und deswegen die Differenzen von $Y_1 - Y_2$ niemals als wichtig betrachtet werden dürfen.

V. Schlussergebnisse

Mit vorliegender Arbeit wurden die Differenzen der zwei Holzarten Kiefer und Tanne in einem Walde hinsichtlich ihrer Rindenstärke und Stärkezuwächse untersucht. Zu diesem Zwecke werden die Stärkezuwachsgeraden dieser Holzarten bestimmt und die Wichtigkeit der Differenzen zwischen diesen Geraden durch Anwendung mathematisch-statistischer Methoden analysiert. Als Schlussergebnis dieser Arbeit wurde festgestellt, dass diese Holzarten eines Waldes hinsichtlich ihrer Rindenstärke unter einer Gruppe nicht gesammelt werden können und deshalb als zwei getrennte Kollektive betrachtet werden müssen, dagegen die Differenzen zwischen den Stärkezuwächse ohne Rinde unwichtig sind und dadurch wie ein Kollektiv behandelt werden können.

Nach diesem Resultat ist es nicht erforderlich, zur Anwendung der Meyer'schen Massenzuwachsermittlungsmethoden zwei andere Stärkezuwachsgeraden ohne Rinde für zwei Holzarten zu bestimmen. Die Daten der Bohrspanproben aus den beiden Holzarten kann man vereinigen. Zweifellos werden dadurch die weiteren Rechenarbeiten erleichtert. Wei!

Die Durchführung des Verfahrens über die gemeinsame Summe der Quadrate der Gewichtsunterschiede mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit = 5 %

X	Tanne	Kiefer	Diff.	Tanne	Kiefer	Tanne	Kiefer	(S_{Dif}) ²	S_{Dif}	$t \cdot S_{Dif}$
D	Y_1	Y_2	$Y_1 - Y_2$	$(Caa + 2Cab \cdot X + Cbb \cdot X^2)_1$	$(Caa + 2Cab \cdot X + Cbb \cdot X^2)_2$	$(S_{Y_1})^2$	$(S_{Y_2})^2$	(7)+(8)	$\sqrt{(9)}$	$t \cdot (10)$
cm	cm	cm	cm	5	6	7	8	9	10	11
6	0,443	0,415	0,028	0,02464	0,02675	0,0009796	0,0010627	0,0020423	0,0452	0,095
8	0,425	0,396	0,029	0,01822	0,02016	0,0007244	0,0008015	0,0015259	0,0390	0,080
10	0,407	0,378	0,029	0,01314	0,01482	0,0005224	0,0005892	0,0011116	0,0333	0,069
12	0,399	0,359	0,040	0,00939	0,01075	0,0003735	0,0004266	0,0007999	0,0282	0,058
14	0,371	0,341	0,030	0,00700	0,00700	0,0002783	0,0003135	0,0005916	0,0243	0,050
16	0,355	0,323	0,030	0,00594	0,00627	0,0002362	0,0002493	0,0004855	0,0220	0,045
18	0,335	0,305	0,030	0,00623	0,00601	0,0002477	0,0002389	0,0004866	0,0221	0,046
20	0,317	0,286	0,031	0,00785	0,00680	0,0003121	0,0002704	0,0005825	0,0241	0,050
22	0,299	0,268	0,031	0,01062	0,00882	0,0004302	0,0003546	0,0007848	0,0280	0,058
24	0,281	0,250	0,031	0,01513	0,01229	0,0006015	0,0004886	0,0010901	0,0330	0,068
26	0,263	0,232	0,031	0,02078	0,01690	0,0008262	0,0006719	0,0014981	0,0387	0,080
28	0,245	0,213	0,032	0,02777	0,02276	0,0011041	0,0009049	0,0020090	0,0448	0,092
30	0,227	0,195	0,032	0,03610	0,02986	0,0014355	0,0011872	0,0026225	0,0512	0,106
32	0,208	0,177	0,031	0,04578	0,03819	0,0018201	0,0015164	0,0033385	0,0577	0,119
34	0,190	0,158	0,032	0,05679	0,04778	0,0022579	0,0018996	0,0041575	0,0644	0,133

$n = 24$
 $t = 2,064$
 $(S_{x \cdot y})^2 = 0,039758$

die Forsteinrichtung mit dem Stärkezuwachs mit Rinde zu tun hat, müssen die Stärkezuwachsgrossen ohne Rinde mit Hilfe des Rindenfaktors in die Grössen mit Rinde umwandelt und danach *Massenzuwachstarife* aufgestellt werden.

(Graphik Nr. 1 und die Literatur befinden sich im türkischen Text).