

# Dokuma Kumaşların Yapısal Tasarımı İçin Kumaş Çekmelerinin Tahminlenmesi

Güngör BAŞER  
Prof.Dr.

Ege Üni. Mühendislik Fak. Tekstil Müh.Böl. İZMİR

*Bu yazıda, dokuma kumaşların yapısal tasarımı için kumaş çekmelerinin tahminlenmesine ilişkin var olan literatür gözden geçirilmiş, pratikte kullanılabilecek bazı yöntemler açıklanmıştır. Bu yöntemlerin örnek uygulamalarla ve deneysel bulgularla irdelemeleri yapılarak kullanılabilirlikleri araştırılmış, konuya ışık tutacak önemli noktalar vurgulanmıştır.*

## THE PREDICTION OF FABRIC CONTRACTIONS FOR THE STRUCTURAL DESIGN OF WOVEN FABRICS

*In this article, the existing literature relating thi prediction of fabric contractions for the structural design of woven fabrics has been reviewed and certain methods that can be applied in practice have been explained. The practical merit of these methods has been examined by testing them through exemplary applications and certain experimental findings, and important points that will throw light on the subject have been noted.*

### 1.GİRİŞ

Dokuma kumaşların oluşumu, atkı ve çözgü ipliklerinin birbirlerine dik yönde kesişirken birbirlerinin altından ve üstünden geçerek bir "örgü" yapısı içinde bağlanmaları ile gerçekleşir. Bunun sonucu, kumaş düzlemine dik düzlemde kıvrım olan iplikler serbest uzunluklarından daha kısa bir kumaş uzunluğu içine yerleşirler. Bu işlem tezgah üzerinde gergin durumdaki çözgü iplikleri arasına örgü düzenine uygun biçimde yerleştirilen atkı ipliğinin bu iplikler arasına daha önce yerleştirilmiş bulunan atkı ipliğine doğru sıkıştırılması ile uygulanır. Sıkıştırma işlemi sırasında çözgü iplikleri etrafında kıvrılarak serbest uzunluğuna oranla daha uzun bir eğri oluşturmaya zorlanan atkı da gerildiğinden, tezgah üzerinde oluşan kumaş kendi düzleminde atkı ve çözgü yönündeki temel kuvvetlerin etkisi altında bulunan bir yapı durumundadır. Bu yüzden kumaş tezgahattan çıkarıldıktan sonra gerilmeler büyük ölçüde ortadan kalktığından, kumaş enden ve boydan çekerek

daha yoğunlaşır.

Ancak yapılan bu açıklama kumaş yapısını oluşturmak için ipliklerin nasıl kıvrım aldıklarını tam açıklamamaktadır. Atkı ipliği ağızlığa kumaşın taraktaki enine eşit uzunlukta girdikten sonra kıvrım alıp gerildiği halde, çözgü ipliği çözgü bırakma hareketi ile sürekli olarak tezgaha beslenmektedir. Tarağın ileri hareketi sonunda tefe vuruşu ile en yüksek değerine ulaşan çözgü gerilimi, gerek tezgahın geri hareketi, gerekse çözgü bırakma sırasında düştüğünden beslenen çözgü uzunluğu ile tezgah üzerindeki kumaşın yapısına girmiş bulunan çözgü uzunluğu arasında önemli bir fark oluşamaz. Bir başka deyişle, kumaş uzunluğuna oranla gereken artık uzunluk, çözgü bırakma ve kumaş çekme hareketlerinin hızları arasındaki farkla önemli ölçüde sağlanmaktadır. Ancak yine de kumaş yapısı içinde çözgü iplikleri üzerinde kumaşı gergin tutan kuvvetler vardır. Kumaş tezgah üzerindeyken bile cimbarların etki alanı dışına çıkan bölümde bu kuvvet etkisini göstererek serbest kalan atkı ipliklerinin kıvrım genliklerini arttırarak kumaşın enden büzülmesine yol açar. Diğer yandan, kumaş tezgahattan çıkarıldıktan sonra çözgü yönündeki gerilim de ortadan kalktığından çözgü iplikleri de kıvrım genliklerini arttırırlar ve kumaşın ikinci kez enden çekmesine yol açarlar.

İplikler üzerindeki gerginlikler dokunan kumaş tezgahattan çıkarıldıktan sonra hemen ortadan kalkmazlar. Bu gerilme kuvvetleri ipliklerin kıvrımlı oluşlarından dolayı karşıt ipliklerin kesişme noktasında ya da kesişim alanında kumaş düzlemine dik basınç kuvvetleri oluşturacaklardır. Bu kuvvetlerin yol açtığı iplikler arası sürtünme kuvvetleri kumaşı oluşturan ipliklerin serbestçe kısalmalarını engeller. Bu nedenle tezgahattan çıkan ham kumaşın belirli bir süre bekletilmesinden sonra yapılacak olan yeni bir ölçüm, kumaşın enden ve boydan çok kez biraz daha kısalacağını gösterecektir.

Tezgahattan çıkarıldığı biçimde ham kumaş kullanıma uygun değildir. Bunun önemli nedenleri vardır. Birincisi kumaş kirlidir, ya da üzerinde haşıl maddeleri vardır. İkincisi liflerin saflaştırılması (pamuk ve benzeri liflerde), boyanması, kimyasal maddelerle işlem görmesi gibi gereksinimler duyulmaktadır. Üçüncü olarak kumaş yüzeyi pürüzlüdür ve düzgün bir yüzey elde edilmesi gerekir, ya da kumaş yüzeyinde özel efektler oluşturulmak istenmektedir. Son olarak kumaşa uygun bir tutum, yumuşak bir tuşe istenebilir. Bu amaçları sağlamak için uygulanan apre ya da terbiye işlemleri kumaşı yeniden enden ve boydan çekmesine yol açtığı gibi, atkı ve çözgü ipliklerinde madde kayıplarına da yol açabilir.

Apre işlemleri sırasındaki çekmelerin bir nedeni dokuma sırasında oluşan gerilmelerin tümüyle ortadan kalkması olmakla birlikte, bir başka nedeni yaş işlem-

ler sırasında liflerin şişerek iplik çaplarındaki artışın kıvrım genliklerini artırarak çekmelere yol açmasıdır. Diğer yandan, özellikle pamuklu kumaşlarda terbiye makinalarının kumaşı çözgü yönünde gererek hareket ettirmesi nedeniyle, çözgü yönünde uzamalar da olabilir. Ağırlık kayıpları da ipliklerin özelliklerini değiştirdiğinden çekmeleri dolaylı olarak etkileyebilir.

O halde çekmeler ipliklerin kıvrım almasının bir sonucu olup, bu kıvrım kazanma olayı çeşitli geometrik ve mekanik etkiler altında, çeşitli aşamalarda gerçekleşmektedir. Geometrik etkiler, birbirlerinin üzerinde kıvrılırken ipliği etkileyen karşıt iplik çapları ve karşıt iplikler arası uzaklıklar ile kesişme düzeni bir başka deyişle kumaş örgüsü yoluyla oluşurlar. Mekanik etkiler ise çözgü gerilimi ile ipliklerin eğilme ve uzamaya karşı gösterdikleri dirençler ya da ipliklerin eğilme ve uzama modülleridir. Geometrik ve mekanik etkenlerin karmaşık etkilerini tahminleyebilmek açısından bunları üç grupta ele alabiliriz.

a. İpliklerin geometrik ve mekanik özellikleri

b. Kumaşın geometrik yapısı

c. Dokuma tezgahının zorladığı geometrik ve mekanik koşullar

İpliklerin önemli geometrik özelliği olan çap parametresi ipliğin lineer yoğunluğuna (numarasına), bükümüne ve lif türüne bağlıdır. Eğilme ve uzama modülleri ise lif türüne ve iplik numarasına bağlı oldukları kadar iplik bükümüne de bağlıdır. Diğer yandan gerek tezgahta oluşan kumaştaki iplik kesitleri, gerekse bitmiş kumaş içindeki iplik kesitleri dairesel değildir. İplikler arası basınç iplik yassılması olarak bilinen bir kesit değişimine yol açar ki bu da ipliğin kumaş yapısı içindeki etkin çapını basınç kuvveti doğrultusunda etkiler.

Kumaşın geometrik yapısı olarak atkı aralıkları ya da atkı sıklığı ile örgü düzeni etken parametrelerdir. Dokuma tezgahının zorladığı geometrik koşullar dokuma tarağının belirlediği çözgü aralığı ve tarakla cimbarların birlikte belirledikleri kumaşın tezgahdaki eni ve atkının serbest uzunluğu ile tefe vuruşu sırasındaki ağızlık açısıdır. Mekanik koşullar ise çözgü gerilimi ile atkı sıkıştırma işlemi sırasında atkı ve çözgü iplikleri arasında oluşan sürtünme kuvvetlerine bağlıdır.

Görülüyor ki dokuma kumaşı tezgah üzerinde oluşturan iplik uzunlukları dokuma işleminin mekanik koşulları altında tezgah üzerinde oluşan kumaşın geometrisine ve bu geometrinin gerek kumaş tezgahtan çıkarıldıktan sonra, gerekse daha sonraki bitirme işlemleri sırasında ortaya çıkan değişimlerine bağlıdır. Bu nedenle kumaş çekmelerini öncelikle dokuma kumaş geometrisi ve bu geometriyi oluşturan etkenler çerçevesinde ele almak gerekmektedir.

## 2. DOKUMA KUMAŞ GEOMETRİLERİ

Dokuma kumaş geometrisini oluşturmak için birçok model önerilmiştir. Bunlardan bir bölümü salt geometrik parametrelere dayanan modellerdir. Diğer bir bölümü ise geometrik parametrelerden en az ölçüde yararlanarak daha çok mekanik parametrelere dayanan fiziksel ya da geometrik-mekanik modellerdir. Burada kumaş çekmeleri açısından önemli olan modeller kısaca açıklanacaktır.

### 2.1. Geometrik Modeller

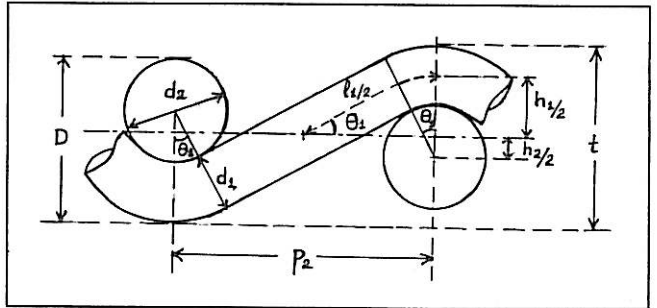
#### 2.1.1. Pierce'in Bezayağı Kumaş Geometrisi

Pierce (1937) bezayağı örgüdeki kumaşlar için ipliklerin kumaş kesitinde yuvarlak oldukları ve eğilmeye karşı direnç göstermedikleri varsayımlarına dayalı Şekil 1'de gösterilen geometriyi önermiştir. İplikler rijitlikten yoksun oldukları için kesit düzleminde yer alan iplik karşıt yöndeki ipliklerle temas alanında çember parçaları oluşturmakta, serbest bölümünde düz kalmaktadır. Bu ipliğin kıvrım genliği  $h$ , karşıt iki iplik arası uzaklık  $p$ , ipliğin bu aralıktaki uzunluğu  $l$ , kumaş düzlemiyle yaptığı açı  $\theta$  ile gösterildiğinde ve  $\theta$  küçük bir açı olarak kabul edildiğinde bu temel parametreler arasındaki ilişkileri Peirce yaklaşık olarak,

$$h/p = 4/3 \sqrt{(l/p) - 1} = 4/3 \sqrt{c} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\theta = \sqrt{2c} \quad \dots \dots \dots (2)$$

formülleriyle göstermiştir. Burada  $c = (l/p) - 1$  kıvrım oranı ya da çekme oranıdır. Verilen ya da dokunmak istenen kumaşta sıklık değerlerinden  $p$  bilinmekle birlikte bilinmeyen  $h, l, c$  ve  $\theta$  parametrelerine karşın yalnızca üç denklem bulunduğundan bu dört parametreden birinin daha bilinmesi gerekmektedir. Verilen bir kumaştan iplik çekerek gergin uzunluğun kıvrımlı uzunluğa bölümü ile kıvrım oranı bulunabilir. Eğer salt teorik olarak  $l$  iplik uzunluğu tahminlenmek istenirse  $\theta$  için bir varsayım yapmak gerekecektir.



Şekil 1. Pierce'in Bezayağı Kumaş Geometrisi

Çözgü yönünde bir kesit resmi olarak verilen Şekil 1'den ayrıca,

$$d_1 + d_2 = h_1 + h_2 \quad \dots \dots \dots (3)$$

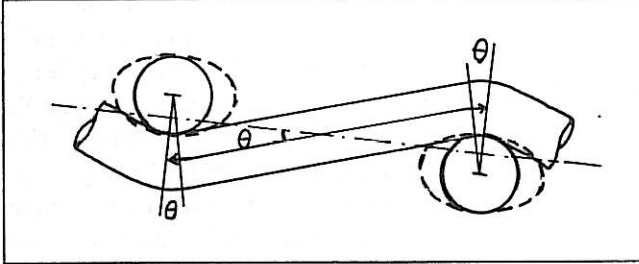
$$t = d_1 + h_1 \quad \dots \dots \dots (4)$$

bağıntıları da yazılabilir. Burada  $d_1, d_2$  sırasıyla atkı ve çözgü iplik çapları,  $h_1, h_2$  kıvrım genlikleri  $t$  ise kumaş

kalınlığıdır. Ancak (4) eşitliği atkı yönündeki bir kesit için de

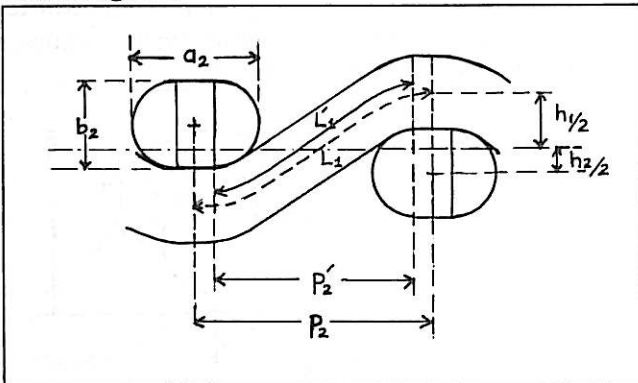
$$t = d_2 + h_2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

şeklinde yazılabilecektir. O halde kumaş kalınlığı bu iki değerden büyük olanına eşittir. Dolayısıyla atkıda ve çözgüde farklı numara ipliklerin ve farklı sıklıkların kullanıldığı yapılarda bu durum belirsizliğe yol açmaktadır. Bunun nedeni ipliklerin mekanik koşulların etkisi altında kıvrım alarak kumaş düzlemine dik yönde uygun bir konuma yerleşmeleridir.



Şekil 2. Peirce'nin Eliptik İplik Kesitli Bezayağı Kumaş Geometrisi

Peirce geometrisinin gerçek kumaş yapısına uymayan bir yönü de iplik kesit biçimiyle ilgilidir. Atkı ve çözgü arasındaki basınç nedeniyle iplik yassılmaktadır. Bunu dikkate alarak Pierce eliptik kesitli iplik varsayan bir başka geometri önermiştir. Burada Şekil 2'de gösterildiği gibi elipsin küçük çapı etkin iplik çapıdır. Peirce bu çapa eşdeğer bir dairesel iplik çapını temel olarak eliptik kesite dayalı karmaşık geometrik ilişkiler yerine (1), (2) ve (3) formüllerinin büyük hataya yol açmaksızın uygulanmasını önermiştir. Ancak bu durumda genelde kesit düzlemindeki iplik yüzeyi ile şekilde eliptik kesitleri görülen karşıt iplik yüzeyleri kesişeceğinden model hem geometrik, hem de mekanik açıdan tutarlı değildir.



Şekil 3. Kemp'in Bezayağı Kumaş Geometrisi

### 2.1.2. Hamilton'un Genelleştirilmiş Kumaş Geometrisi

Peirce'in geometrik analizi ile iplik kesitleri için Kemp [1958]'in koşu pisti biçimini temel alan Hamilton [1964] hem bezayağı örgüye hem de diğer örgülere uygulanabilecek genelleştirilmiş bir dokuma kumaş geometrisi geliştirmiştir. Şekil 3'de gösterilen Kemp'in

kumaş geometrisinde Peirce'in verdiği (1) eşitliği,  $h = 4/3p' \sqrt{c'} = 4/3 \sqrt{p'cp/[p-(a-b)]}$  .....(6)

eşitliğine dönüşmektedir. Burada b ve a iki yarım daire ve bir dikdörtgenin bileşiminden oluşan koşu pisti kesitli ipliklerin sırasıyla küçük ve büyük çaplarını göstermekte ve kesit düzlemindeki ipliğin l' uzunluğu ile birim örgüsünün p' uzunluğuna Peirce'in (1) formülü,  $c' = (l'/p') - 1$  .....(7)

$$p-p' = a-b \quad \dots\dots\dots(8)$$

bağıntıları dikkate alarak uygulanmaktadır. Çözgü ve atkı ipliklerinin yassılmış küçük çapları sırasıyla b<sub>1</sub> ve b<sub>2</sub> ile gösterildiğinde de (3) eşitliği  $b_1 + b_2 = h_1 + h_2$  .....(9)

eşitliğine dönüşmektedir.

Bezayağı dışındaki örgüler için Hamilton kumaş kesitini kesişme birimleri ve atlama birimleri olarak bölümlere ayırmakta, Şekil 4'de görüldüğü gibi, kesişme birimlerindeki p<sub>i</sub> iplik aralıkları ile atlama birimlerindeki p<sub>f</sub> iplik aralıkları arasında bağıntıyı değişik sıklık koşullarına göre belirlemeye çalışmaktadır.

Eğer bir örgü birimindeki kesişme sayısı n<sub>i</sub>, atlama sayısı n<sub>f</sub> örgü biriminin kumaşta yer aldığı uzunluk p<sub>f</sub> ise,

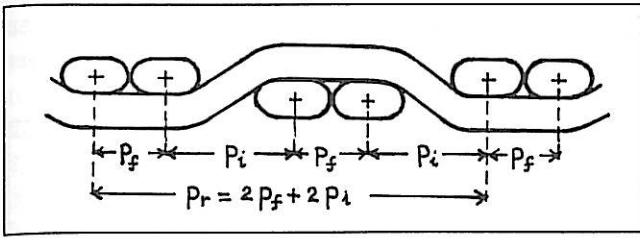
$$p_i = (p_f - \sum_i^{n_f} p_i) / n_i \quad \dots\dots\dots(10)$$

bağıntısı yazılabilir. Dolayısıyla eğer P<sub>f</sub> aralıkları belli ise P<sub>f</sub> bilindiğinden P<sub>i</sub> (10) bağıntısı ile belirlenebilecek ve böylece Peirce geometrisi kolaylıkla uygulanabilecektir. Şekil 4'de verilen 2/2 dimi örgünün kesit geometrisinde P<sub>f</sub> sembolüyle gösterilen atlama birimine ait iplik aralığı, kesiti görülen ipliğin büyük çapı olan a'ya eşittir. Ancak atlama biriminde yan yana bulunan iplikler arasında yüksek sıklıklarda yatay yönde oluşabilecek basınç nedeniyle P<sub>f</sub> ve P<sub>i</sub> aynı anda küçülerek P<sub>f</sub> < a koşulu ortaya çıkabilir. Diğer yandan çok gevşek konstrüksiyonlarda P<sub>f</sub> > a koşulu da söz konusu olabilir. O halde iplik çaplarına oranla uygulanan sıklık düzeyine bağlı olarak Hamilton kesit geometrilerinde var olan bu belirsizliğin P<sub>f</sub> için ya da yassılan iplik kesitleri için yapılacak bir varsayım ile giderilmesi gerekecektir.

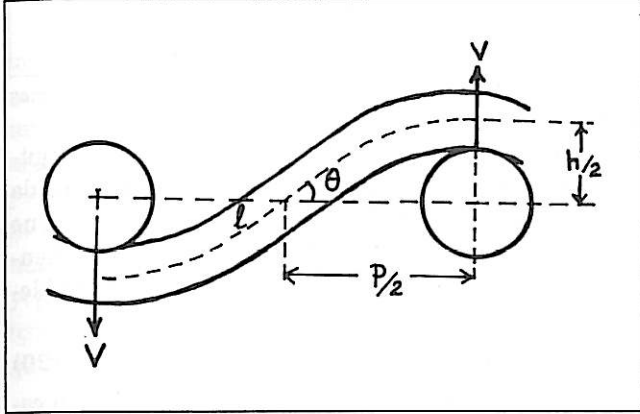
## 2.2. Geometrik Mekanik Modeller

### 2.2.1. Peirce'in Elastik İplikli Dokuma Kumaş Modeli

Geometrik modellerin fiziksel açıdan gerçekçi olmadıklarını ilk çalışmalarında gören Peirce [1937] iplik rijitliğini dikkate alan bir elastik iplik varsayımına dayalı yeni bir kumaş geometrisi ileri sürmüştür. Böylece ipliklerin birbirlerine değdiği noktada düz olan ipliğin aniden eğrilik kazanması biçimindeki fiziksel olumsuzluk sorunu ile iplik yassılmasının kesit geometrisine etkisi sorunu ortadan kalkmış olmaktadır.



Şekil 4. Hamilton'un 2/2 Dimi Kumaş Geometrisi



Şekil 5. Peirce'in Elastik İplikli Bezayağı Kumaş Geometrisi

Peirce'in Şekil 5'te gösterilen elastik iplikli kumaş modelinde kesit düzlemindeki iplik, kesişme noktalarında kumaş düzlemine dik yönde etkiyen V basınç kuvvetlerinin etkisi altında eğilerek bir elastika eğrisi oluşturmaktadır. Bu eğrinin denklemi l, p, h, ve  $\theta$  değişken parametreleri arasında eliptik integralleri içeren

$$1/2 \sqrt{\bar{V}/m \cdot \bar{l}} = \bar{F} \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$h/p = (\bar{F} - 2\bar{E}) / \sqrt{2 \sin \theta} \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$l/p = \bar{F} / \sqrt{2 \sin \theta} \quad \dots \dots \dots (13)$$

bağıntıları olarak verilmektedir. Burada  $\bar{E}$  ve  $\bar{F}$ ,

$$\bar{E} = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2 \phi} \cdot d\phi, \quad \bar{F} = \int_0^{\pi/2} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2 \phi}}$$

$$k = \sin[(\theta/2) + (\pi/4)], \quad \phi_0 = \sin^{-1}(1/\sqrt{2} k)$$

eşitlikleriyle tanımlanan tam olmayan I. ve II tip eliptik integraller, m ipliğin eğilme rijitliğidir. Bu bağıntılar yardımıyla çeşitli  $\theta$  açıları için hesaplanan h/p ve %c değerleri ile (1) eşitliğinden ( $h/p = 4/3 \sqrt{c}$ ) ve derece cinsinden  $\theta$  açısı için önerilen,

$$\theta = 106 \sqrt{c} \quad \dots \dots \dots (14)$$

formülünden hesaplanan yaklaşık değerler Tablo 1'de beraberce verilmişlerdir. Bu tabloda yapılan karşılaştırmaya dayanarak Grosberg [1969], (1) ve (14) eşitliklerinin bezayağı kumaş geometrisini belirlemek için güvenle kullanılabilceğini belirtmiştir.

### 2.2.2. Olofsson'un Bezayağı Kumaş Geometrisi

Olofsson [1964]'un Şekil 6'da gösterilen geometrik mekanik modeli, atkı ve çözgü iplikleri arasındaki V basıncı

sinç kuvveti yanında kumaş düzleminde yer alan ve ham kumaşta kumaşın çekmesine direnç gösteren sürtünme kuvvetinin neden olduğu U gerilme kuvvetini de dikkate alan bir fiziksel modeldir. Olofsson h/p ile c ve  $\theta$  ile c arasında U ve V arasındaki orana (U/V) bağlı olmayan tek bir bağıntı olduğunu göstermiştir.  $\theta$  örgü açısı ile  $c = 1/p - 1$  arasındaki bağıntı Şekil 7'de verilmektedir. U=0 olduğunda Olofsson'un h/p ve l/p için verdiği formüller, Peirce'in (12) e (13) formüllerine dönüşmektedir.

Tablo 1. Peirce'in Geometrik ve Fiziksel Bezayağı Kumaş Modellerinin Karşılaştırılması

$\theta$	10°	20°	30°	40°	45°
h/p	0.1174	0.2376	0.3668	0.5111	0.5946
C(%)	0.83	3.35	7.82	14.73	19.58
$4/3 \sqrt{c}$	0.121	0.244	0.3730	0.5111	0.587
$106 \sqrt{c}$	9.70	19.50	29.40	40.50	46.30

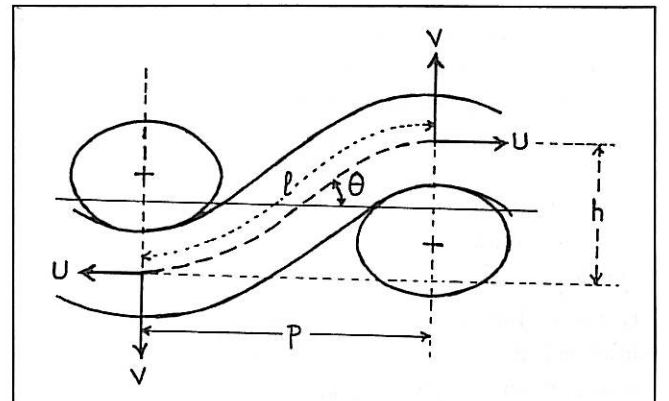
[Hearle, Grosberg, Backer; 1969]

### 3. DENGELİ KUMAŞ YAPILARI

Geliştirilen çeşitli kumaş geometrileri, yalnızca iplik çapları, atkı ve çözgü sıklıkları ve örgü yapısı gibi bilinen geometrik parametrelere bağlı olarak kumaş çekmelerinin hesaplanmasına uygun değildirler. Salt geometrik modellerde kesin çözüm için  $\theta$  örgü açısının bilinmesi yanında ipliklerin kumaş kesitindeki etkin ya da yassılmış çapların bilinmesi de gerekmektedir. Fiziksel (Geometrik-mekanik) modeller için de durum aynıdır. Eğer atkı ve çözgü iplikleri arasında V basınç kuvveti bilinirse, Peirce'in

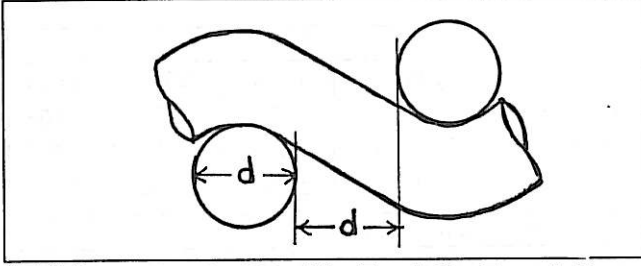
$$V = 8m \sin \theta / p^2 \quad \dots \dots \dots (15)$$

formülü yardımıyla  $\theta$  örgü açısı hesaplanabilir. Ancak V basınç kuvveti de dokuma sırasındaki çözgü gerilimi yanında tezgahta dokunmakta olan kumaş geometrisine bağlıdır. Dolayısıyla bu kuvvetin hesaplanabilmesi için, tezgah üzerinde deforme olarak kıvrım kazanan atkı ve çözgü ipliklerinin birbirlerine olan etkilerini de dikkate alan tam bir mekanik analiz gereklidir [Başer, 1989].



Şekil 6. Olofsson'un Bezayağı Kumaş Geometrisi

Diğer yandan  $\theta$  açısı için bir varsayım yapılabilir ya da atkı ve çözgü ipliklerinin kıvrım genlikleri arasında bir ilişki (örneğin  $h_1 = h_2$  gibi) varsayılırsa, o zaman dokuma kumaş geometrileri kumaş çekmelerini hesaplamada kullanılabilir. Bu bakımdan Walz [1948], Satlow [1950] gibi araştırmacılar, normal kabul edilen sıklıklarda ipliklerin atkı ve çözgüde aynı kesişmeyi yaptıkları kare örgülerde dokunan Dengeli kumaş yapıları'ni temel alarak kumaş çekmelerini hesaplama yoluna gitmişler, dengesiz yapılar için buna dayalı pratik yaklaşımlar yapmışlardır.



Şekil 7. Ashenhurst'un I. Teorisine Temel Olan Bezayağı Kumaş Kesiti

### 3.1. Ashenhurst'un Çap Kesişim Teorisi

Ashenhurst [1890]'ün çap kesişim teorisinde ideal dokuma yapısı atkı ve çözgü iplik çaplarının eşit olduğu ve iplikler arasındaki aralığın iplik çapına eşit olduğu bir yapı olarak tanımlanmaktadır. Buna göre Ashenhurst bezayağı kumaş kesitini önce Şekil 7'de gösterildiği gibi belirlemiş ve kumaş kesitinin birim uzunluğuna giren çap sayısı olarak tanımlanan limit sıklığa oranla normal sıklığı veren bir örgü faktörünü,

$$\text{Örgü Faktörü} = w/(w+i) \quad \dots\dots\dots (16)$$

olarak vermiştir. Burada  $w$  birim örgüde yer alan iplik sayısı,  $i$  kesişme sayısıdır. Buna göre bezayağı örgü için örgü faktörü  $2/(2+2)=1/2$ ,  $2/2$  dimi örgü için  $4/(4+2)=2/3$ 'dür. Daha sonra (16) formülüyle hesaplanan örgü faktörlerinin yeterli sıklığı vermediğini düşünen Ashenhurst kesitteki iki iplik arasındaki aralığın karşıt ipliğin geçişine yeterli olacağı Şekil 8'deki geometriyi önererek, sıklık için,

$$T = DxF/(F+0.732) \quad \dots\dots\dots (17)$$

formülünü önermiştir. Bu geometride kesitteki, yan yana bulunan iki ipliğin kesit merkezlerini birleştiren doğrunun yatayla yaptığı açı  $60^\circ$ 'dir ve formülde  $D$  birim uzunluktaki çap sayısı,  $F$  ise,

$$F = w/i \quad \dots\dots\dots (18)$$

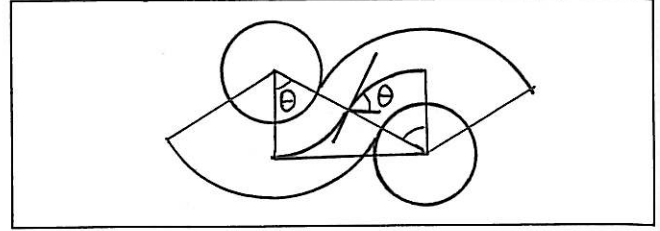
olarak hesaplanan ortalama atlama uzunluğudur.

Ashenhurst iplik çapları için;

$$d = (1/K \sqrt{\text{Yarda}/\text{Libre}}) \text{ inç} \quad \dots\dots\dots (19)$$

formülü ile bu formülde değişik cins iplikler için kullanılacak deneylere dayalı olarak saptadığı çeşitli  $K$  katsayıları önermiştir. Yarda /Libre yerine metrik iplik numarası kullanıldığında kamgarn iplikler için

$K=7,9$ , strayhgarn iplikler için  $K=7,3$  pamuklu iplikler için  $K=8,3$  katsayıları iplik çapını cm cinsinden vermektedir.



Şekil 8. Ashenhurst'un II. Teorisine Temel Olan Bezayağı Kumaş Kesiti

Ashenhurst'un çap kesişim teorisini atkıda ve çözgüde farklı numara ipliklerin kullanıldığı kumaşlara da uygulayan ve bu teorisin endüstriyel uygulamalara ne ölçüde yaklaştığını araştıran Von Bergen [1969], Ashenhurst formülünü genelleştirmiştir. Buna göre A ipliklerinin sıklığı  $S_A$ ,

$$S_A = (1/d_A) \cdot w_A \cdot d_A / (w_A d_A + i_B d_B) \quad \dots\dots\dots (20)$$

olarak gösterilebilir. Burada  $d_A$ , A grubu ipliklerin çapı  $d_B$  karşıt ipliklerin çapı,  $w_A$  örgü biriminde A ipliklerinin sayısı,  $i_B$  B ipliğinin yaptığı kesişme sayısıdır. Ayrıca Von Bergen, Ashenhurst'un kamgarn iplikler için verdiği katsayının, kamgarn sisteminde üretilen orlon ve polyester ipliklere, pamuklu iplikler için verdiği katsayının diğer selülozik lif ipliklerine de uygulanabileceğini belirtmiştir.

Çap kesişim teorisinin belirlediği geometri bize örgü açısını  $60^\circ$  olarak verdiği gibi, kıvrım genliklerini de iplik çapları cinsinden verecektir. Kumaş kalınlığı her zaman atkı ve çözgü ipliklerinin çapları toplamına eşit olduğundan, Şekil 8'den de görüleceği gib, bu durumda,

$$h_A = d_B \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$h_B = d_A$$

olur.

### 3.2. Hamilton'un Dengeli Kumaş Yapıları

Hamilton [1964] genelleştirilmiş kumaş geometrisinin çeşitli örgülere uygulanışında kumaşın yoğunluk düzeyine ya da dokunmasında uygulanan sıklık derecesine göre  $P_i$  kesişme bölgesi uzunluğunun ve  $P_f$  atlama uzunluğunun ne gibi değerler alabileceğine ilişkin bazı öneriler getirmiştir. Maksimum yoğunlukta  $P_i =$  minimum koşulunu tüm örgüler için önerirken,  $2/2$  dimi için  $P_f = a-0,215b$  koşulunu önermiştir. Diğer yandan iplik aralıklarını saptarken yalnızca kesitte görülen ipliğin değil, bu ipliğin her iki yanındaki ipliklerin yaptıkları kesişmelerin de dikkate alınması gerektiğini belirterek çap kesişim teorisi açısından aynı değerde olan  $2/2$  dimi,  $3/1$  dimi ve  $2/2$  panama örgülerin normal sıklıkta alacağı kesit biçimlerini Şekil 9'daki gibi tanımlamıştır. Atlama yapan ipliğin üzerlerinden geçtiği iplikleri birbirlerine yaklaştırdığı, kesişme yapan ipliğin

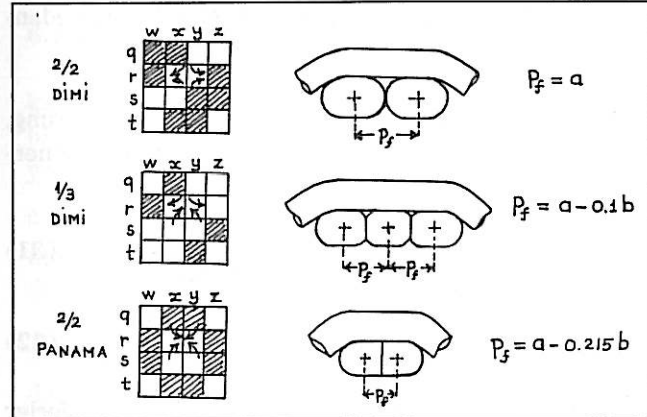
arasına girdiği iki ipliğin arasını açtığı fikrine dayanarak şekilde gösterilen r atkısının s ve q atkuları ile birlikte x, y ve z çözgülerine olan etkisinden, normal sıklıklarda,

$$\left. \begin{array}{l} 2/2 \text{ dimi için,} \\ 3/1 \text{ dimi için,} \\ 2/2 \text{ panama için,} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_f = a \\ P_f = a - 0.1b \\ P_f = a - 0.215b \end{array} \quad \dots\dots\dots(22)$$

bağıntılarını vermiştir. Hamilton önerdiği geometrinin çözümünde kullanılacak koşu pisti kesitli ipliğin büyük ve küçük çaplarının belirlenmesinde daha önceki bir çalışmasında [Hamilton, 1959] yapmış olduğu "Bocking" iplik çap ölçme aracında dokuma koşullarını taklit ederek yapılacak büyük ve küçük çap ölçme değerlerinin kullanılabilirliğini belirtmektedir. Diğer yandan Grosberg [1969] normal konstrüksiyonlardaki kumaşlardaki iplik materyal yoğunluğu (porosite=lif materyal hacmi/ iplik hacmi) için kabul edilebilecek olan 0,65 değerine dayanan

$$d = 4.44 \times 10^{-3} \sqrt{\text{tex/lif yoğunluğu cm}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

çap formülünün büyük ve küçük çapın geometrik ortalamasını verebileceğini belirtmektedir. Bu formülde lif yoğunluğu g/cm<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Bu durumda eğer yassılma için büyük ve küçük çaplar arasında belirli bir oran varsayılabilirse, o zaman sabit alanlı kesit değişimi varsayımı ile (23) formülü yardımıyla her iki çap da hesaplanabilir. Grosberg bu oranın kıvrım derecesine bağlı olduğunu belirtmiş ve kamgarn iplikler için %10 kıvrımda 1.6, %20 kıvrımda 1.25 gibi deneysel değerler vermiştir.

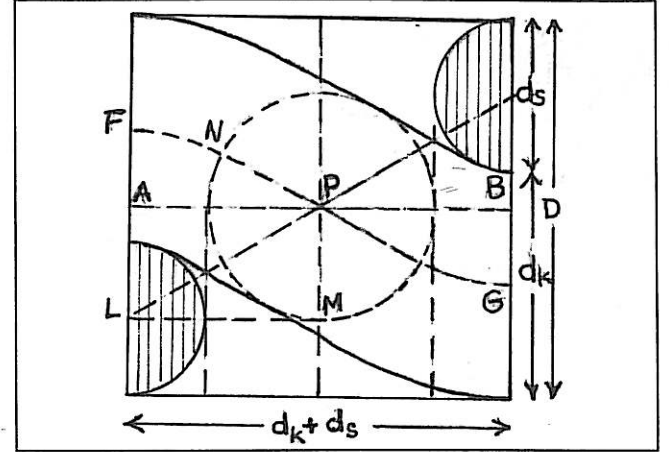


Şekil 9. Hamilton'un 2/2 Dimi, 3/1 Dimi ve 2/2 Panama Örgülü Kumaş Kesitleri

#### 4. KUMAŞ ÇEKMELEİNİN HESAPLANMASI İÇİN ÖNERİLEN GEOMETRİK YAKLAŞIMLAR

Kumaş geometrisi üzerinde uğraşan araştırmacılar geliştirdikleri geometrik modellerin kumaş çekmelerinin tahminlenmesinde uygulanması yönünde herhangisi bir direkt öneride ya da yaklaşımda bulunmuşlar, daha çok kumaş mekaniği problemlerinde gerekli olan geometrik parametrelerin, kumaştan iplik çekerek bu-

lunacak kıvrım oranlarına dayanarak saptanması üzerinde durmuşlardır. Ancak Walz [1948] ve Satlow [1950] çap kesişim teorisine ve dengeli yapı kavramına dayanarak dokuma çekmelerini hesaplamaya çalışmışlardır.



Şekil 10. Walz'in Dengeli Bezayağı Kumaş Kesit Geometrisi

#### 3.1. Walz'in Teorisi

Walz [1948] kıvrımsız iplik uzunluğu ile kıvrımlı iplik uzunluğu arasındaki farkın kıvrımsız uzunluğa oranı olarak tanımladığı "kısalma"ları, "dengeli", "tek yönlü" ve "dengesiz" olarak üç farklı biçimde tanımlamış, dengeli kısalmayı veren formüller ileri sürmüştür. Walz dengeli kısalmayı Peirce bezayağı kumaş geometrisine dayanan Şekil 10'a dayandırmaktadır. Burada ayrıca kesit resminde görülen iki iplik kesiti arasındaki uzaklığın zıt yöndeki ipliğin çapına eşit olduğu varsayılmaktadır. Walz Şekil 10 yardımıyla analitik olarak,

$$\frac{(\bar{F}P - \bar{A}P)}{\bar{A}P} = 0.57 [d_k / (d_k + d_s)]^2 \quad \dots\dots\dots(24)$$

bağıntısının elde edileceğini belirterek, atkı ve çözgü yönünde sırasıyla e<sub>s</sub> ve e<sub>k</sub> olarak gösterdiği kısalma yüzdeleri arasında

$$e_s / e_k = (d_s / d_k)^2 \quad \dots\dots\dots(25)$$

ve kısalmalar % olarak gösterildiğinde

$$\sqrt{e_k} + \sqrt{e_s} = \sqrt{57} \quad \dots\dots\dots(26)$$

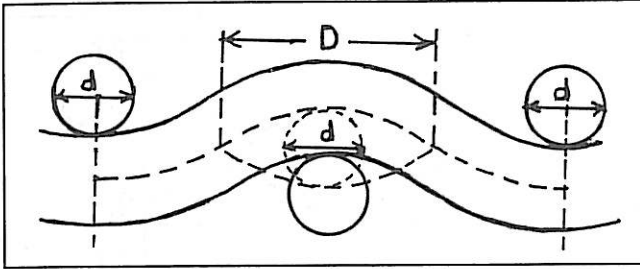
bağıntıları olduğunu göstermiştir. Bu durumda eşit atkı ve çözgü kısılması durumunda, e<sub>k</sub> = e<sub>s</sub> = %14.25 elde edilecektir.

Tek yönlü kısalma ise atkı ya da çözgü ipliklerinden birinin kıvrım almayıp tüm kıvrılmayı diğerinin yaptığı durum olarak tanımlanmıştır. Bu durumda e<sub>k</sub> ya da e<sub>s</sub>'den biri sıfır olacak ve kısalma (26) eşitliğinden %57 olarak bulunacaktır. Diğer yandan bu durumda,

$$\bar{F}P = 1/4\pi(d_k + d_s)/2 \quad \text{olduğundan}$$

$$\frac{(\bar{F}P - \bar{A}P)}{\bar{A}P} = (\pi/2) - 1 = 0.57 \quad \dots\dots\dots(27)$$

bulunur ki böylece aynı sonuç elde edilmiş olur. Diğer yandan Walz "dengesiz" kısalmayı bu iki durum arasındaki durumların belirlediği kısaltmalar olarak tanımlamış ve formülünün bu durumlarda sonuç vermediğini belirtmiştir.



Şekil 11. Satlow'un Bezayağı Kumaş Kesiti

#### 4.2. Satlow'un Teorisi

Satlow [1950] bezayağı kumaş kesitinde yer alan ipliğin Şekil 11'de görüldüğü gibi karşıt iplik kesitlerinin üstünde ve altında yer alan elipslerin çevrelerini izleyen bir eğri oluşturacağını varsayarsak kısalma oranının bu elipslerin yarı çevresinin büyük eksenine oranından hesaplanabileceğini ileri sürmüştür. Bu varsayım dokuma kumaş yapısında yassılan ipliklerin elips kesiti oluşturacağı düşüncesine de uygundur ve bu nedenle oluşan eğrinin küçük ekseninin karşıt ipliğin çapına eşit olacağı varsayılmaktadır.

Bu durumda elipsin büyük ekseninin uzunluğu, karşıt iplik sıklığı A ile gösterildiğinde  $D = 1/A$  olarak bulunur. Satlow, bir elipsin çevresini yaklaşık olarak veren  $U = (8d^2/7D) + 2D$  .....(28)

Friedrich formülünden yararlanarak, elips çevresinin yarı uzunluğunun D elips eksenine bölünmesi ile elde edilen E kısalma derecesini

$$E = (4/7)A^2d^2 + 1 \quad \text{.....(29)}$$

olarak vermektedir.

#### 5. DOKUMA ÇEKMELEİNİN HESAPLANMASI İÇİN VERİLEN PRATİK FORMÜLLER

Strong [1954] kumaşların üretiminde karşılaşılan hiçbir problemin dokuma sırasında kumaşın enden ve boydan çekmesinden daha şaşırtıcı olmadığını söylemiş, diğer yandan tüm kumaşlara uygulanabilecek kesin kuralların ve formüllerin bulunamayacağına karşın bazı faktörlerin tahminlemede kullanılabileceğini belirtmiştir. En çekmesini tahminlerken Strong şu noktalara dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Eğer ince (sık) bir tarakla kalın atkı kullanılırsa çok az en çekmesi olur; bunun tersi seyrek bir tarakla ince atkı kullanılırsa enden çekme çok olur. Bunun nedeni ise tarakta çözgülerin birbirlerine çok yakın olmaları nedeniyle atkının kıvrım alamaması, tersi durumda ince atkının kolay kıvrım almasıdır.

Kumaş yüksek atkı sıklığıyla dokunduğunda enden

çekme yüksek olur. Bu durumda atkı ile çözgü kesişmesi çok fazla olacağından atkılarının çözgüleri birbirlerine doğru itmeleri güçlü olur.

Sıkıştırma yapılmış ve geniş kenarlar enden çekmeyi azaltırlar.

Boy çekmesi tahminlenirken şu noktalar önemlidir:

- Ağır bir tarak daha fazla boy çekmesine neden olur.
- Güçlü atkı atımı daha fazla boy çekmesine yol açar,
- Atkı kalınlaştıkça boydan çekme artar,
- Güçlü ve geniş kenar daha yüksek boy çekmesine yolaçar

-Bezayağından farklı öngülerde çekme, bezayağı örgünün çözgü sayısı ile kesişme sayısı t oplamına oranla söz konusu örgünün çözgü sayısı ile kesişme sayısı toplamı ölçüsünde değişir.

#### 5.1. Neville Kuralı

Neville [Strong, 1954] 24-50 Ne pamuk iplikleriyle 10-20 atkı/inç sıklıklarda dokunan kumaşlarda beklenen çözgü çekmesi için şu formüllü önermiştir:

$$\text{Çözgü Çekmesi}(\%) = \frac{1/4 \text{ inçte atkı sayısı} \times 12}{\text{Atkı Numarası}} \quad \text{.....(30)}$$

Daha yüksek atkı sıklıkları için 12 katsayısı yerine 13 katsayısının kullanılmasını öneren Neville, pratikte formülün genelde iyi sonuç verdiğini, ancak atkı sıklığı arttıkça gerçekte karşılaşılan çekmelerden daha yüksek değerler verdiğini de belirtmiştir. Atkı ve çözgü arasındaki kumaş konstrüksiyonuna ve dokuma koşullarına bağlı denge sonucu atkı ya da çözgülerin hiç kıvrım almadıkları durumlar bile oluşabilmektedir. Bu nedenle bu tür formüller her zaman sonuç vermez.

#### 5.2. Staub Kuralı

Konuya daha geniş bir açıdan bakan Staub [Strong, 1954] çözgü ve atkı çekmeleri için şu formülleri önermiştir:

$$\text{Çözgü Çek.}(\%) = \frac{(1/4 \text{ inçte atkı sayısı})^2 \times \text{katsayı}}{\text{Atkı Numarası}} \quad \text{..(31)}$$

$$\text{Atkı Çek.}(\%) = \frac{(1/4 \text{ inçte çözgü sayısı})^2 \times \text{katsayı}}{\text{Çözgü Numarası}} \quad \text{..(32)}$$

Staub "çekme katsayısı" adını verdiği sabit değerler olarak pamuk ve ipek için 0.567, yün için 0.88, keten için 1.6 değerlerini önermiştir. Diğer yandan Staub, atkı sıklığının artışıyla ortaya çıkan yüksek çözgü çekmesi problemi çözmek için çözgü kıvrım genliğinin iki ipliğin yarıçapları toplamından büyük olamayacağı düşüncesine dayalı bazı çözümler önermiş, ipliklerden bir grubun kıvrım yapıp diğerinin yapmadığı "anormal" ya da "tek yönlü" çekmeler için şu ek kuralları önermiştir:

Atkının düz olduğu durumda çözgü çekmesi için formüldeki çözgü numarası yerine her iki ipliğin çapları

toplamına eşit çaptaki ipliğin numarası kullanılacaktır.

Çözüğünün düz olduğu durumda atkı çekmesi için atkı numarası yerine her iki ipliğin çapları toplamına eşit çaptaki ipliğin numarası kullanılacaktır.

Staub ayrıca bezayağından farklı kumaşlardaki çekmelerin hesaplanmasında, bezayağı için bulunan değerlerin örgü birimlerindeki kesişme sayısının iplik sayısına bölümüyle elde edilen oranla çarpılmasını önermiştir. Bu Strong'un önerisinden biraz farklıdır. Örneğin bir 3-2-1-2 kesişmeli fantazi örgü için örgü birimindeki kesişme sayısı 4, iplik sayısı 8'dir. Bu durumda Strong'un önerdiği çarpan  $(4+8)/(8+8)=0.75$ , Staub'un önerdiği çarpan  $4/8=0.5$  olmaktadır.

## 6. UYGULAMA VE İRDELEME

Dokuma kumaş çekmelerinin tahminlenmesi açısından bu yazıda ele alarak incelediğimiz geometrik yaklaşımlardan pratikte ne ölçüde ve nasıl yararlanılabileceğini irdelemek için bazı örnekler üzerinde karşılaştırmalı bir analiz yapılabilir. Diğer yandan dokuma çekmelerini veren pratik formüllerin ne ölçüde uygulanabileceğini ortaya koymak için kapsamlı deneysel çalışmaya gerek vardır. Burada yalnızca Keçecioğlu [1982]'nin sınırlı çalışmasından elde edilecek sonuçlar üzerinde bazı yorumlar yapılmaya çalışılacaktır. Diğer yandan geometrik yaklaşımların kumaşın toplam çekmesine ilişkin bilgiler vermesine karşın Neville ve Staub'un formüllerinin yalnızca dokuma çekmelerini verdiğini de vurgulayalım.

### 6.1. Toplam Çekmenin Tahminlenmesi

Peirce'in (14) ve (13) eşitlikleri yardımıyla  $c=1/p-1$  kısalma oranının hesaplanabilmesi,  $\theta$  açısı için geçerli bir varsayımın yapılmasını gerektirmektedir. Diğer yandan uygulamada toplam çekme olarak  $1/p-1$  yerine,  $c'=(1-p)/1=1-(p/1)$  ..... (33) eşitliğiyle tanımlanan çekme oranları kullanılmaktadır.

Tablo 2'de çeşitli  $\theta$  açıları için Peirce'in geometrik ve fiziksel modellerinden elde edilen  $c'=c/(c+1)$  çekme değerleri gösterilmektedir.

Tablodaki değerler karşılaştırıldığında her iki modelin  $40^\circ$  örgü açısına kadar birbirlerine oldukça yakın değerler verdiği ve bu yaklaşımın  $35^\circ$  örgü açısından en iyi olduğu görülmektedir. Diğer yandan yapılan hesap-

lamalar  $\theta=\sqrt{2c}$  (veya  $c=\theta^2/2$ ) yaklaşımının hiç de iyi olmadığını ve çok yüksek değerler verdiğini göstermiştir. Örneğin  $\theta=35^\circ$  için  $\theta^2/2=0.1866$  değeri bulunmaktadır ki bu da  $c'=0.1572$  değerini vermektedir.

Şimdi bezayağı örgülü ve kare yapılı bir kumaşın Walz'in formülüne uygun sıklıkta dokunduğunu varsayalım. Her iki iplik çapı eşit olduğundan, Şekil 10'dan

$$\frac{\overline{FP}-\overline{AP}}{\overline{AP}} = \frac{\overline{FN}+\overline{NP}-\overline{AP}}{\overline{AP}} = \frac{d\theta+(d/2)-d}{d} = \theta-(1/2) = 0.1425$$

elde edilir. Buradan  $\theta$  açısının değeri derece cinsinden  $36.81^\circ$  olarak hesaplanmıştır.  $\theta$ 'ın bu değeri için Peirce'in geometrik ve fiziksel modelleri sırasıyla 0.1075 ve 0.1089 değerlerini vermektedir. Walz'in önerdiği çekme değeri ise  $c'=0.1247$  olmaktadır. Diğer yandan Walz'in önerdiği geometrik model Ashenhurst'un orijinal teorisine temel olan geometrik modelle aynıdır, çünkü kesitteki iki iplik arasından geçen karşıt ipliğin kumaş düzleminde kendi çapı kadar bir aralıktan geçtiği varsayılmaktadır. Şekil 8'de gösterilen Ashenhurst'un ikinci teorisine göre toplam çekme kesit düzlemindeki iki  $60^\circ$ lik açı gören yay uzunluğundan, S, sıklık ve D, birim uzunluktaki çap sayısı olmak üzere,

$$l=2x(60\pi/180).d$$

$$p=1/S=1/Dx0.577=d/0.577$$

$$c'=(1-p)/1=1-(p/1)=1-(3/2\pi x0.577)=0.1725$$

olarak elde edilir. Ashenhurst'un ikinci teorisine temel olan Şekil 8'den örgü açısının  $60^\circ$  olduğu görülmektedir. Ancak  $60^\circ$ lik bir örgü açısının oluşması oldukça güçtür. Peirce'in fiziksel modeline  $60^\circ$  örgü açısı uygulandığında  $c'=0.2868$  toplam çekme oranı elde edilmektedir ve bu da oldukça yüksek bir değer olup ancak sıkıştırılmış yapılarda elde edilir. Eğer ipliklerin yassıldığı dikkate alınır, o zaman Ashenhurst'un ikinci teorisinin vereceği sıklıkların daha küçük örgü açıları elde edilmesi olasıdır. Ancak bu durumda çekme oranı daha küçük olacak ve Şekil 8'e dayalı hesap sonucu elde edilen değer mantıklı görülecektir.

Satlow'un teorisinin uygulanabilmesi için de bazı varsayımlar yapmak zorunlu olmaktadır. İplik kesitinde büyük çapın küçük çapa oranı olarak verilen yassıma için Grosberg [Hearle, Grosberg, Backer, 1969]'in verdiği 1.25 ve 1.6 minimum ve maksimum değerler kullanılarak iplik küçük çapı, iplik aralığı, (D) ile ilişkili olarak hesaplanabilir. Bu durumda eğer elipsin küçük ek-seni d etkin iplik çapı olarak düşünülürse, p iplik aralı-

Tablo 2. Peirce'in Geometrik ve Fiziksel Modellerine Göre Örgü Açısına Bağlı Toplam Çekme Değerleri

Örgü	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	60°
Geometrik Model	0.0088	0.0196	0.0344	0.0527	0.0742	0.0983	0.1246	0.1525	0.1820	0.2424
Fiziksel Model	0.0082	0.0183	0.0324	0.0505	0.0725	0.0985	0.1284	0.1621	0.1997	0.2868



ğ k d olarak gösterilebilir. O zaman (29) eşitliği,

$$c = (1/p) - 1 = (4/7)(1/kd)^2 d^2 = 4/(7k^2)$$

olarak yazılabilir.  $k=1.6$  için  $c=0.2232$  ( $c'=0.1825$ ).  $k=1.25$  için  $c=0.3657$  ( $c'=0.2678$ ) değerleri elde edilir.  $\theta=106\sqrt{c}$  eşitliğinden bu değerlerin sırasıyla  $50^\circ$  ve  $64^\circ$  örgü açılarına ait çekme değerlerine yakın olduğu görülecektir. Aynı durum Tablo 2'den de görülebilir. Bu açılar ise oldukça yüksek sıklık değerleri vereceklerdir.

Bu uygulamalar ve bunlarla ilgili irdelemelerden örgü açısının bilinmesi ya da tahminlenmesi durumunda toplam çekmenin hesap yoluyla tahminlenebileceği sonucu çıkmaktadır. Ancak örgü açısını belirlemek ya da tahminlemek oldukça zordur. Bununla birlikte kumaş geometrisini belirleyen formüllerin toplam çekmenin hesaplanmasında kullanımını sağlayan bazı pratik yaklaşımlar da söz konusudur.

Nowikow [Berkovitch, 1962] kesit düzleminde yer alan atkı ve çözgü ipliklerinin kumaş orta düzlemine göre konumlarının en olası durumlarının Şekil 11'de gösterildiği gibi olduğunu ileri sürmüştür. Şekilde gösterilen bu üç durum, Nowikow'un ipliklerinden birinin hiç kıvrım almadığı ve karşıt ipliğin bu iplikler etrafında kıvrılarak yapıyı oluşturduğu en uç durumdan başlayarak, bunun tam tersi oluşuncaya kadar oluşabileceğini ileri sürdüğü dokuz seçenekten ortadaki üçüdür. Kumaşın en dengeli olduğu durumda iplik genlikleri atkı ve çözgü için eşit olup iplik yarıçapının iki katına eşittir ki bu durum Ashenhurst teorilerine ve Walz'in modeline temel olan durumdur.

Şimdi eğer  $h=2.5r=1.25d$  alınırsa, (1) eşitliğinden,

$$1.25(d/p) = 4/3\sqrt{c_1}$$

yazılarak

$$c_1 = (15d/16p)^2 = 0.88d^2/p^2$$

eşitliği elde edilir. Karşıt ipliğin genliği  $h=1,5r=0,75d$  olacağından,

$$c_2 = (9d/16p)^2 = 0.32d^2/p^2$$

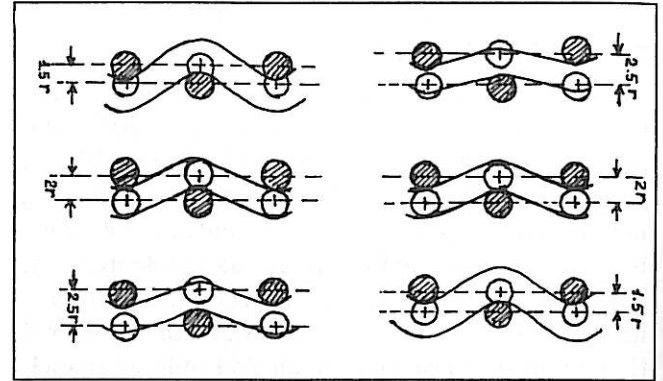
olacaktır. Her iki genliğin de eşit olduğu dengeli yapıda

$$h = 2r = d \text{ olacağından,} \\ c = (3d/4p)^2 = 0.56d^2/p^2 \quad \dots\dots\dots(34)$$

olur. O halde dengeli yapıya göre kısalma bir yönde %57 daha fazla diğer yönde %43 daha az olmaktadır. Bu sonuçtan pratik olarak yararlanılabileceği gibi, eğer dokuma kumaş yapısı içinde iplik çapını veren uygun bir formül, örneğin Ashenhurst veya Grosberg formülü, seçilebilirse sıklığa ( $S=1/p$ ) bağlı olarak toplam çekme (1) eşitliğinden yukarıda gösterildiği gibi hesaplanabilir. Ancak bunun için atkı ya da çözgü ipliğinden hangisinin daha fazla kıvrım alacağını tahmin etmek gerekecektir.

Walz [1948] ipliklerden birinin düz kalıp diğerinin

bunun etrafında kıvrıldığı aşırı durumda söz konusu olan %57 toplam çekmeden başlayarak, bu duruma göre azalan sıklıklarla orantılı biçimde azalan çekme ( $c=1/p-1$ ) değerini %10'luk aralıklarla azalan sıklıklar için düzenlediği bir tabloda vermiştir. Şekil 12'den görüleceği gibi, sıklık azaldıkça iplik aralığı ters orantılı olarak artacağından kıvrılmış iplik uzunluğunun iplik aralığına oranı olan  $c$  değeri de aynı oranda azalır. Ancak atkı ve çözgü ipliklerinin numara ve sıklıklarına bağlı olarak dokuma sırasında tezgah üzerinde ve dokuma sonrası kumaş serbest kaldığında değişik dengeler oluştuğundan bu tür bir yaklaşım ancak özel durumlarda geçerli olur.



Şekil 12. Nowikow'un Bezayağı Kumaş Kesitleri

Peirce'in fiziksel modelinin uygulanmasında ise pratik bir yaklaşım şöyle yapılabilir:  $\theta$  örgü açısı normal sıklıklarda, Walz'ın dengeli yapısı için hesaplanan değere yakın  $35^\circ-40^\circ$ , yüksek sıklıklarda  $50^\circ-55^\circ$ , düşük sıklıklarda  $25^\circ-30^\circ$  arasında bir açı olarak alınabilir.

## 6.2. Dokuma Çekmelerinin Tahminlenmesi

Neville formülünün sağladığı kısıtlı uygulamaya karşın Staub formülü hem atkı hem çözgü çekmesine uygulanabildiği gibi pamuklu kumaşlar dışındaki kumaşlara da uygulanabilmektedir. Ayrıca formül incelendiğinde Satlow'un verdiği formülle de benzerlik göstermektedir. Satlow formülünde çekme sıklığının ve iplik çapının karesi ile orantılıdır. İplik çapının karesi iplik numarasının tersi ile orantılıdır. İplik çapının karesi iplik numarasının tersi ile orantılı olduğuna göre uygun katsayılarla aynı formül elde edilebilir. Aynı durum (29) eşitliği için olduğu gibi (24) Walz formülünde  $d_k + d_s$  yerine  $P$  yazıldığında da görülebilir. Staub formülünün pratikte ne ölçüde uygulanabilir olduğu Keçecioğlu [1982]'nin pamuklu kumaş denemeleri sonuçlarıyla irdelelenebilir.

Keçecioğlu 130 cm. tarak enli Saurer 100 WT marka tezgahta 82/2 ve 112/2 numara tarak kullanarak 12 Ne pamuk ipliğinden çeşitli atkı sıklıklarında bezayağı örgüde bir dizi kumaş dokumuştur. Tablo III'de elde edilen deney sonuçları ile Staub formülünden hesaplanan

Tablo 3. Keçeciöglü [1982]'nin Dokuma ve Terbiye Deney Sonuçları

Tarak No	ÇÖZGÜ				ATKI			
	Çözgü Sık. (cm <sup>-1</sup> )	Dokuma Çekmesi %	Teorik Çekme %	Genel Çekme %	Atkı Sık. (cm <sup>-1</sup> )	Dokuma Çekmesi %	Teorik Çekme %	Genel Çekme %
112/2	24.10	5.27	4.20	23.27	14.85	4.06	11.07	7.05
112/2	24.21	6.54	5.15	23.74	16.45	3.94	11.17	7.50
112/2	24.41	7.89	6.32	23.41	18.22	4.03	11.35	8.24
112/2	24.90	8.72	7.71	22.94	20.12	4.39	11.81	10.04
112/2	25.00	8.49	8.51	21.54	21.14	4.87	11.91	10.42
112/2	25.45	9.81	9.42	21.57	22.24	5.11	12.34	12.00
112/2	25.71	9.15	10.42	20.19	23.39	5.49	12.59	12.88
82/2	18.70	4.22	4.03	21.50	14.55	6.04	6.66	12.29
82/2	18.82	3.93	4.74	20.02	15.78	6.52	6.75	12.85
82/2	19.00	4.75	5.66	19.13	17.24	6.88	6.88	13.70
82/2	19.39	5.26	7.04	18.17	19.22	7.13	7.16	15.48
82/2	19.57	5.68	7.87	17.33	20.33	7.09	7.30	16.20
82/2	19.93	5.07	8.75	16.25	21.43	7.64	7.57	17.70
82/2	20.04	4.54	9.67	14.52	22.53	8.11	7.65	18.16

çekme değerleri gösterilmektedir. Keçeciöglü kumaşları dokuduktan sonra amilaz enzimiyle 65°C'de yapılan bir hasıl sökme işlemi izleyen kostik soda ile kaynatma ve yıkamadan oluşan terbiye işlemleri sonucu oluşan çekmeleri de ölçerek toplam çekme değerlerini de belirlemiştir. Tabloda bu değerler de yer almaktadır. Tablonun incelenmesinden ilk uzunluğa oranlanarak hesaplanan dokuma çözgü çekmelerinin "sık tarak" koşullarında, dokuma atkı çekmelerinin ise "seyrek tarak" koşullarında Staub formülünden hesaplanan teorik değerlerle uyum içinde, olduğu görülmektedir. Diğer yandan aynı biçimde hesaplanan toplam çekmelerin (c') çözgü yönünde çözgü sıklığının artışıyla arttığı, fakat atkı sıklığının artmasıyla azaldığı, atkı yönünde de aynı eğilimin bulunduğu görülmektedir. Ancak sık tarakta elde edilen atkı çekmeleri ile seyrek tarakta elde edilenlerin karşılaştırılması yapıldığında atkı çekmesinin artmadığı görülmektedir ki bu da teorik değerlere niçin ulaşamadığını açıklar. Bu da kullanılan atkı ipliği oldukça kalın olduğundan (12 Ne) Strong'un sık tarakla kalın atkı kullanıldığında enden çekmenin az olacağı savını doğrulamaktadır.

## 7.SONUÇ

Dokuma kumaş çekmelerinin tahminlenmesine ilişkin olarak pratik olarak şimdiye kadar uygulanmış olan ve genelde bilinen geometrik yaklaşımların ve pratik formüllerin kullanılabilirliğini araştırmayı amaçlayan bu yazıda yapılan irdelemelerin en çarpıcı sonucu şüphesiz bu konunun çok karmaşık olduğu ve ayrıntılı bir geometrik-mekanik analiz yapılmadan çözümlenmesinin pek olası olmadığıdır. Atkı ve çözgü ipliklerinin aynı olduğu, atkı ve çözgüde aynı normal sıklıkla-

rın kullandıkları kare yapılı bezayağı kumaşlarda Peirce formülleri toplam çekmeyi tahminlemede kullanılabilir. Eğer örgü açısı için bir tahmin yapılabilirse Peirce formüllerine dayalı Tablo 2'den bu amaçla yararlanılabilir. atkı ve çözgü ipliklerinin farklı numara oldukları durumlarda Walz formüllerinden yararlanılabilir, ancak yine normal bir sıklık uygulanmış olması gerekmektedir.

Staub formülünün de normal konstrüksiyonlarda kaba bir tahmin yapmada yol gösterici olacağı söylenebilir. Staub kuralına göre oluşturulacak tabloların güvenilir değerler içerdiğini söylemek güçtür. Eğer dokuma ve apre (ya da terbiye) çekmeleri ayrı ayrı tahminlenmek istenirse, toplam çekmeyi geometrik metotla belirledikten sonra, Staub formülü ile hesaplanacak olan dokuma çekmesini dikkate alarak apre çekmesini hesaplamak uygun olur, çünkü apre çekmelerini tahminlemek için herhangi bir metod yoktur. Eğer dokuma çekmesi  $c_1$ , apre çekmesi  $c_2$  ile gösterilirse, toplam çekme,  $c'$ , kullanılarak apre çekmesi  $c_2 = 1 - (1 - c')(1 - c_1) = (c' - c_1) / (1 - c_1)$  olarak hesaplanabilir.

Bezayağı dışındaki örgülerde dokunan kumaşlarda çekmeleri tahminleme probleminde gelince burada açıklanan bazı yöntemler denenebilir. Ancak bu konuda temel sorun atkı ve çözgü ipliklerinin dokuma yapısına girerken birbirlerini etkilemeleri, gerek geometrik gerekse pratik yaklaşımların bu etkileri hesaba katacak bir aracı içermemeleridir. Bu nedenle belki de bu aşamada en geçerli yol, işletmelerde sürekli olarak dokunmakta olan kumaşların dokuma ve apre çekmelerini doğru ölçme ve hesap yöntemleri kullanarak sürekli

saptayarak bir arşiv oluşturmak, yeni üretime alınacak kumaşlar tasarlanırken daha önce üretilmiş olan kumaşlar içinde özellikleri tasarlanan kumaşa en yakın kumaşa ait değerleri kullanmak olacaktır. Bununla birlikte yazarın geometrik mekanik bir analize dayalı çalışmasına [Başer, 1989] dayalı olarak pratik uygulama sağlayan tablolar düzenlenebilir.

#### KAYNAKÇA

- ASHENHURST, T.R.1890, Textile Calculations and the Structure of Fabrics.
- BAŞER, G.1989. J.Text Inst., 80,4 S 521-535
- BERGEN, von.W.1969 American Woll Handbook, John Wiley and Sons Inc. New York
- BERKOWITSCH, W.1962. Textil Praxis, 12, 1234

- HAMILTON, J.B. 1959 J.Text Inst., 50, T 655
- HAMILTON, J.B. 1964 J.Text Inst., 55, T66
- HEARLE, J.W.S.GROSBERG, P.BACKER, S.1969. Structural Mechanics of Fibres, Yarns, and Fabrics, Vol.I John Wiley and Son New York-London -Sydney-Toronto
- KEÇEÇİOĞLU, U.1982 Pamuklu Kumaşların Dokuma ve Apre Çekmeleri Arasındaki İlişkiler Üzerine Deneysel Bir Araştırma, Y.Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İzmir
- KEMP, A.1958. J.Text. Inst.,49, T44
- OLOFSSON, B.1964 J.Text Inst. 55, T 541
- PEIRCE, F.T.1937 J.Text Inst. 28,T 45
- SATLOW, G.1950. Melland Textilberichte, 31(1), 13-16 (Çev. Çırtan, M.Mensucat Meslek Dergisi, 1951 S 384)
- STRONG, J.H.; 1954, Textile Calculations Simplified, The National Trade Press Ltd.London
- WALZ, F.1948. Textil Praxis. S 266

## TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN LİSTESİ

YAYIN NO	YAYIN İSMİ	EDERİ
38	Marka ve Tiplerine Göre Araçların Özellikleri .....	6.000 TL
80	Kamyon Ahşap Kasaları Tip Projeleri .....	15.000 TL
84	Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları .....	21.000 TL
89	Ölçü Birimleri ve Çevirme Katsayıları .....	2.000 TL
98	Bantlı Konveyörler .....	15.000 TL
100	Makina Mühendisliği El Kitabı (4.Cilt) .....	22.000 TL
104	Tarım Arabaları .....	15.000 TL
105	Götürücüler .....	10.500 TL
110	Sanayi Kazanları ve Ek Donatım İşletme El Kitabı .....	10.500 TL
112	R 12 Molekülü ile Harika Bir Yolculuk .....	2.000 TL
113	Ulusal Tekstil Sempozyumu .....	10.500 TL
115	Uygulamalı Soğutma Tekniği .....	18.000 TL
117	1.Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu (Cilt I ve II) .....	10.500 TL
118	Endüstriyel Gürültü Kontrolü .....	10.500 TL
120	Sızdırmazlık Elemanları .....	12.000 TL
121	İmalat Mühendisliği .....	21.000 TL
122	Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Teknik Esasları .....	21.000 TL
125	İngilizce İş Mektubu Nasıl Yazılır? .....	10.500 TL
126	Basıncılı Kaplar El Kitabı .....	10.500 TL
127	1987 Sanayi Kongresi Bildirileri .....	10.500 TL
128	Dövme Teknolojisi .....	8.000 TL
129	Pres İşleri Tekniği-I .....	18.000 TL
130	Pres İşleri Tekniği- II .....	21.000 TL
131	Korozyon ve Önlenmesi .....	21.000 TL
132	Takım ve Kalıp Çelikleri .....	21.000 TL
133	Gaz Tesisatı Hazırlama Esasları .....	21.000 TL
134	1989 Sanayi Kongresi Bildirileri I-II .....	21.000 TL
135	Tesisat Teknikleri ve Proje Hazırlama Esasları .....	21.000 TL
136	Soba Sanayii Kongresi Kitabı .....	6.000 TL
137	Plazma Tekniği .....	10.500 TL
	-Yan Sanayide Kalite Sorunları .....	2.000 TL
	-Doğal Gaz Seminer Bildirileri .....	10.000 TL
	-Tekstil ve Makina Dergisi (Cilt II-Cilt III) Her cilt için .....	84.000 TL
	-Endüstri Mühendisliği Dergisi (Cilt I) .....	84.000 TL
	-TÜRKİYE TİCARET VE SANAYİ KATALOĞU .....	250.000 TL

\* Yayın Listesinde belirtilen fiyatlara KDV dahildir.

\* Yayınlar ODA'ya yükümlülüklerini yerine getiren üyelerimize ve makina, tekstil, endüstri, uçak, gemi-inşa mühendisliği eğitimi gören öğrencilere % 50 indirimlidir.

\* Yayınlar, TMMOB Makina Mühendisleri Odası veya birimlerinden temin edilebilir.