

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇADIR SİSTEM MEMBRAN KALIPLARINDAKİ FİRE
ORANININ YÜZEY BELİRLENMESİNE ETKİSİ**

Mimar İbrahim Emre MORGÜL

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Görün ARUN

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	13
1.1 Sorunun Belirlenmesi	13
1.2 Amaç	13
1.3 Kapsam	14
1.4 Yöntem	14
2. MEMBRAN YAPILAR	15
2.1 Membran Yapıların Tarihçesi.....	15
2.2 Membran Sistemlerin Taşıyıcılık Özellikleri	17
2.3 Membran Sistemlerde Taşıyıcı Elemanlar	18
3. MEMBRAN MALZEMELERİ	20
3.1 Membran Malzeme Türleri.....	20
3.1.1 Plastik Folyolar	20
3.1.2 Örgü (Dokuma) Membranlar	21
3.2 Yüzey Kaplamaları	24
3.3 Membran Malzeme Özellikleri.....	24
3.4 Membran Malzeme Sınıfları.....	25
3.4.1 A sınıfı Membran Malzeme	25
3.4.2 B Sınıfı Membran Malzeme	26
3.4.3 C Sınıfı Membran Malzeme	26
3.5 Membran Malzemesinin Birleştirme Yöntemleri.....	27
3.5.1 Yapıştırma Birleşim.....	27
3.5.2 Dikişli Birleşim.....	27
3.5.3 Isı Kaynaklı Birleşim.....	28
3.5.4 Mekanik Birleşim	29
3.6 Membran Malzemelerin Bakımı.....	31

4.	ÇADIR SİSTEM MEMBRAN YAPILARDA TASARIM.....	32
4.1	Çadır Sistem Membran Yapılarda Form	32
4.1.1	Koni	32
4.1.2	Hiperboloid	33
4.1.3	Hiperbolikparaboloid.....	35
4.2	Çadır Sistem Membran Yapılarda Form Bulma.....	36
4.2.1	Fiziksel Modelleme	37
4.2.2	Sayısal Modelleme	38
4.3	Çadır Kalıplarının Hazırlanması.....	38
5.	ÇADIR SİSTEM MEMBRAN KALIPLARINDAKİ FİRE ORANININ BELİRLENMESİ	44
5.1	Koni	44
5.1.1	Koni Yüzey Katsayısı (s).....	45
5.1.2	Koni k Sabiti	47
5.1.3	Koni Fire.....	49
5.2	Kesik Koni	50
5.2.1	Kesik Yüzey Katsayısı (s)	52
5.2.2	Kesik Koni k Sabiti.....	54
5.2.3	Kesik Koni Fire	58
5.3	Hiperboloid 1	59
5.3.1	Hiperboloid 1 Yüzey Katsayısı (s)	61
5.3.2	Hiperboloid 1 k Sabiti.....	64
5.3.3	Hiperboloid 1 Fire	65
5.4	Hiperboloid 2	67
5.4.1	Hiperboloid 2 Yüzey Katsayısı (s)	68
5.4.2	Hiperboloid 2 k Sabiti.....	71
5.4.3	Hiperboloid 2 Fire	73
5.5	Hiperboloid 3	74
5.5.1	Hiperboloid 3 Yüzey Katsayısı (s)	76
5.5.2	Hiperboloid 3 k Sabiti.....	78
5.5.3	Hiperboloid 3 Fire	80
5.6	Hiperbolikparaboloid 1	82
5.6.1	Hiperbolikparaboloid 1 Yüzey Katsayısı (s)	83
5.6.2	Hiperbolikparaboloid 1 k Sabiti	85
5.6.3	Hiperbolikparaboloid 1 Fire	87
5.7	Hiperbolikparaboloid 2.....	88
5.7.1	Hiperbolikparaboloid 2 Yüzey Katsayısı (s)	90
5.7.2	Hiperbolikparaboloid 2 k Sabiti	92
5.7.3	Hiperbolikparaboloid 2 Fire	94
6.	FİRE ORANININ BELİRLENMESİNDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	96
6.1	Koni	96
6.2	Kesik koni	96
6.3	Hiperboloid 1	97
6.4	Hiperboloid 2	98
6.5	Hiperboloid 3	99
6.6	Hiperbolikparaboloid 1	100
6.7	Hiperbolikparaboloid 2	101

KAYNAKLAR.....	103
EK 1	104
YÜZEYLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	104
Sıfır Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K=0$)	105
Pozitif Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K>0$).....	106
Negatif Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K<0$).....	106
Alternatif Eğrilikli Yüzeyler.....	107
EK 2 ÖRNEK ÇALIŞMA	108
ANTALYA İKİNCİ DIŞ HATLAR TERMİNALİ MEMBRAN ÖRTÜ PROJESİ.....	108
Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Membran Örtü Projesi Büyük Modüle Ait Çalışma.....	111
Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Membran Örtü Projesi Küçük Modüle Ait Çalışma.....	114
ÖZGEÇMİŞ.....	118

SİMGE LİSTESİ

s	Yüzey Katsayı
h	Yükseklik
h_a	Tam Yükseklik
$h_{\bar{u}}$	Kesilen Kısımın Yüksekliği
r	Yarıçap
r_a	Alt yarıçap
$r_{\bar{u}}$	Üst yarıçap
a	Yanal Yüzey Uzunluğu
a_a	Tam Yanal Yüzey Uzunluğu
$a_{\bar{u}}$	Kesilen Kısımın Yanal Yüzey Uzunluğu
α	Yükseklik/yarıçap oranı
n	Panel Sayısı
p	Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5-1-2)
w	Kumaş Genişliği
k	Toplam Kumaş Alanı / Plan Alanı oranı
β	Üst yarıçap / Alt yarıçap oranı
l	Yanal Yüzey Yay Uzunluğu
γ	Yayın Eğrilik Derinliği / Yanal Yüzey Uzunluğu oranı
f	Yayın Eğrilik Derinliği
t	Semerin eni
t'	Semerin orta bölgedeki eni
z	Semerin boyu
c	Semerin Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğu
c'	Semerin Vadi Doğrultusuna Dik Orta Bölgedeki Yay Uzunluğu
g	Semerin Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği
g'	Semerin Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Orta Bölgedeki Derinliği
ε	g / t oranı
σ	f / z oranı
A_i	İzdüşüm Plan Alanı
A_y	Yüzey Alanı
A_k	Toplam Kumaş Alanı
\bar{C}	Çevre Uzunluğu
L	Toplam Kumaş Uzunluğu

KISALTMA LİSTESİ

PVC	Poly Vinyl Chloride
PTFE	Poly Tetra Fluoroe ThylenEtilen
UV	Ultraviole
HP	Hiperbolikparaboloid

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Roma Dönemi'nde 'Vela' adı verilen gölgelikler (Berger, H., 1996)	15
Şekil 2.2 Münih Olimpiyat Stadyumu (Türkçü, H. Ç., 2003)	16
Şekil 3.1 Membran malzemeyi oluşturan lifler (Bradshaw, R., 1995)	21
Şekil 3.2 Gevşek dokuma (Bradshaw, R., 1995)	23
Şekil 3.3 Sık dokuma (Bradshaw, R., 1995)	23
Şekil 3.4 Sade dokuma (Bradshaw, R., 1995)	23
Şekil 3.5 Kenetli mekanik birleşim (FabricArt, 2004)	29
Şekil 3.6 Alüminyum profilli mekanik birleşim (FabricArt, 2004)	30
Şekil 3.7 Kablo-Membran mekanik birleşimi (FabricArt, 2004)	30
Şekil 3.8 Membran Malzemenin Öngerilme Değişimi	31
Şekil 4.1 Tam ve Kesik Koni Yüzeyi (Düzgün, A., 1978)	32
Şekil 4.2 Hiperboloid Yüzey (Düzgün, A., 1978)	33
Şekil 4.3 Hiperboloid 1	34
Şekil 4.4 Hiperboloid 2	34
Şekil 4.5 Hiperboloid 3	34
Şekil 4.6 Hiperbolikparaboloid Yüzey (Düzgün, A., 1978)	35
Şekil 4.7 Hiperbolikparaboloid 1 Yüzey	35
Şekil 4.8 Hiperbolikparaboloid 2 Yüzey (Düzgün, A., 1978)	36
Şekil 4.9 Sabun Köpüğü Yüzeyler (Berger, H., 1996)	37
Şekil 4.10 Küçük ölçekli maketler ile formun algılanması (Berger, H., 1996)	37
Şekil 4.11 Denge Formlarının Sayısal Modellenmesi (Dansık, F., 1999)	38
Şekil 4.12 Membran örtüde panellerin belirlenmesi (Stroebel, Dr. Dieter, 2002)	39
Şekil 4.13 Membran örtüde panellerin belirlenmesi	40
Şekil 4.14 Membran örtüdeki eğriselliğin düzleme aktarılması	41
Şekil 4.15 Düzleme aktarılacak panelin belirlenmesi	41
Şekil 4.16 Belirlenen panellerin üçüncü boyutta incelenmesi	42
Şekil 4.17 Kesme hatlarının panellere ayrılmış halde belirlenmesi	42
Şekil 4.18 Gerilme kayıpları göz önünde tutularak kalıpların küçültülmesi	43
Şekil 4.19 Kesme kalıbı geometrik koordinatlarının raporlanması	43
Şekil 5.1 Koni yüzeyi ve ayrıtları	45
Şekil 5.2 s ve α değerlerine bağlı olarak koni yüzey katsayısı grafiği	46
Şekil 5.3 p ve α değerlerine bağlı olarak koni k sabiti grafiği	48
Şekil 5.4 p değerine bağlı olarak fire grafiği	50
Şekil 5.5 Kesik koni yüzeyi ve ayrıtları	52
Şekil 5.6 s, α , β değerlerine bağlı olarak kesik koni yüzey katsayısı grafiği	54
Şekil 5.7 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği	55
Şekil 5.8 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği	56
Şekil 5.9 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği	57
Şekil 5.10 p ve β değerine bağlı olarak fire grafiği	59
Şekil 5.11 Hiperboloid 1 yüzeyi ve ayrıtları	61
Şekil 5.12 ϵ ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	63
Şekil 5.13 ϵ ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	63
Şekil 5.14 ϵ ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği (p= 1 için)	65
Şekil 5.15 p = 1 için ϵ ve σ' ya bağlı fire grafiği	66
Şekil 5.16 Hiperboloid 2 yüzeyi ve ayrıtları	68
Şekil 5.17 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	70
Şekil 5.18 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	70
Şekil 5.19 α ve γ' ya bağlı k sabiti grafiği	72
Şekil 5.20 α ve γ' ya bağlı k sabiti grafiği	72

Şekil 5.21 p değerine bağlı olarak fire grafiği.....	73
Şekil 5.22 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları	76
Şekil 5.23 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	77
Şekil 5.24 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	78
Şekil 5.25 α ve γ' ya bağlı k sabiti grafiği.....	79
Şekil 5.26 α ve γ' ya bağlı k sabiti grafiği.....	80
Şekil 5.27 p ve β değerlerine bağlı olarak fire grafiği.....	81
Şekil 5.28 Hiperbolikparaboloid 1 yüzeyi ve ayrıtları	83
Şekil 5.29 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	84
Şekil 5.30 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	85
Şekil 5.33 p değerine bağlı olarak fire grafiği.....	88
Şekil 5.34 Hiperbolikparaboloid 2 yüzeyi.....	90
Şekil 5.35 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	91
Şekil 5.36 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği	92
Şekil 5.37 ε ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p=1$ için).....	93
Şekil 5.38 ε ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p=1$ için).....	94
Şekil 5.39 p değerine bağlı olarak fire grafiği.....	95
Şekil 1 Eğrilikli Yüzeyler.....	105
Şekil 2 Sıfır Gauss Eğrilikli Yüzeyler	105
Şekil 3 Pozitif Gauss Eğrilikli Yüzeyler.....	106
Şekil 4 Negatif Gauss Eğrilikli Yüzeyler	106
Şekil 5 Alternatif Eğrilikli Yüzeyler	107
Şekil 6 Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali.....	109
Şekil 7 Membran örtünün üç boyutlu modelmiş resmi ve bitmiş hali	110
Şekil 8 Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Vaziyet Planı.....	110
Şekil 9 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları.....	111
Şekil 10 Büyük Modül membran kesme şablonu.....	112
Şekil 11 Büyük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları grafiği.....	113
Şekil 12 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları.....	114
Şekil 13 Küçük Modül membran kesme şablonu.....	115
Şekil 14 Küçük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları grafiği	116

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Membran malzemelerin çekme dayanımı	25
Çizelge 3.2 C Sınıfı membran malzemelerin teknik özellikleri	27
Çizelge 3.3 C Sınıfı membran malzemesinin tipine göre birim ağırlıklar ve uygulanması gereken en az kaynak genişlikleri	29
Çizelge 5.1 α 0,1 – 2,0 değer aralığında s yüzey katsayısı tablosu	46
Çizelge 5.2 α 0,1 – 2,0 değer aralığında p değerlerine göre k sabiti tablosu.....	48
Çizelge 5.3 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu	49
Çizelge 5.4 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında s yüzey katsayısı tablosu	53
Çizelge 5.5 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında p = 0,5 için k sabiti tablosu	55
Çizelge 5.6 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında p = 1 için k sabiti tablosu	56
Çizelge 5.7 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında p = 2 için k sabiti tablosu	57
Çizelge 5.8 p (0,5 – 2) ve β' ya bağlı fire tablosu	58
Çizelge 5.9 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu.....	62
Çizelge 5.10 ε ve σ' ya bağlı k sabiti tablosu (p= 1 için)	64
Çizelge 5.11 p = 1 için ε ve σ' ya bağlı fire tablosu.....	66
Çizelge 5.12 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu.....	69
Çizelge 5.13 α ve γ' ya bağlı p= 1 için k sabiti tablosu.....	71
Çizelge 5.14 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu	73
Çizelge 5.15 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu ($\beta= 0,1$).....	77
Çizelge 5.16 α ve γ' ya bağlı p= 1 için k sabiti tablosu ($\beta= 0,9$).....	79
Çizelge 5.17 p ve β değerlerine bağlı fire tablosu	81
Çizelge 5.18 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu.....	84
Çizelge 5.19 ε ve σ' ya bağlı k sabiti tablosu (p= 1 için)	86
Çizelge 5.20 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu	88
Çizelge 5.21 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu.....	91
Çizelge 5.22 ε ve σ' ya bağlı k sabiti tablosu (p= 1 için)	93
Çizelge 5.23 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu	95
Çizelge 1 Büyük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları tablosu.....	113
Çizelge 2 Küçük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları tablosu.....	116

ÖNSÖZ

Membran yapı kültürü dünyada 100 yılı aşkın bir süredir bilinmesine rağmen Türkiye’de son on yılda kendini göstermeye başlamıştır. Dünyadaki ilk örnekleri hava destekli (pnömatik) yapılar olup 1950’lerden sonra kablo destekli asma-germe membran yapılar uygulanmaya başlanmıştır. Son yıllara kadar geleneksel yöntemlerle geçilmeye çalışılan büyük açıklıklı mekanlar bu konu üzerine eğitim görmüş mimar ve mühendislerin çalışmaları ile aynı açıklıkları daha hafif olan membran yapı sistemleri ile geçebilmişlerdir. Membran yapı malzemesi; hafif, çekmeye çalışan, büyük açıklıkları geçmeye imkan veren, hava koşullarına karşı dayanıklı kumaşlardır.

Üretim aşamasındaki kumaşların boyutları sabit olduğu için kalıp çıkarma sırasında mutlaka belli oranda fire çıkmaktadır. Bu araştırmada, matematik ve geometriye dayanarak yüzey örtülerinin alan formüllerini ortaya konup, mimari oran ve mekan arasındaki ilişki düşünülüp fire kavramı yeniden yorumlanmıştır. Bu tür yapıların tasarımı, teklifi ve üretimi için yüzey alanına bağlı olarak kullanılacak örtünün toplam alanının bulunmasında, toplam malzeme alanı ile yüzey alanı arasındaki oran (fire) incelenerek ekonomik çözümler önerilmiştir.

Araştırmacı kendisini bu çalışmaya yönelten, değerli görüşleri ile kendine katkıda bulunan tez yürütücüsü sayın Prof. Dr. E. Görün Arun, yöntem ve kapsam konusunda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Fevzi Dansık ve FabricArt çalışanlarına, teşekkür eder.

İstanbul, Ocak, 2006

İbrahim Emre Morgül

ÖZET

Yüksek teknoloji yapılar olarak bilinen “Çekmeye Çalışan Membran Yapılar”ın ilk örnekleri olan çadırlar kolay sökülüp başka bir yerde aynı hız ve kolaylıkla kurulabilir olmaları nedeniyle göçebe toplumlar ve kavimler tarafından tercih edilmiştir. Orta Asya’daki yuvarlak çadırlar, Afganların “yurtları”, bedevi çadırları, Anadolu’da yaygın olan yörük ve karaçadırlar, Amerikan yerlilerinin (Kızılderililerin) konik çadırları ile Roma Dönemi’nde yelkenli gemilerden ilham alınarak yapılmış olan ‘Vela’ adı verilen gölgelikler ilk membran yapılarıdır. Bugün gelişen bilgisayar teknolojisi ile çok daha karmaşık ve gösterişli yapıların tasarım ve analizi mümkün kılınmıştır.

Çekmeye çalışan membran sistemler yapılırken en önemli adımlardan biri kalıp çıkarmaktır. Membran yapıların kumaşları fabrika boyutlarında ve sabit olduğundan kalıp çıkarma sırasında mutlaka belli oranda fire çıkmaktadır. Bu çalışmada, mimari oran ve mekan arasındaki ilişki düşünülüp fire kavramı yeniden yorumlanmıştır. Matematik ve geometriye dayanarak yüzey örtülerinin alan formülleri ortaya konmuştur.

Membran yapıların tasarımı, teklifi ve üretimi için yüzey alanına bağlı olarak kullanılacak örtünün toplam alanının bulunmasında; toplam malzeme alanı ile yüzey alanı arasındaki oran (fire) incelenerek ekonomik çözümler önerilmiştir. Bunun için çekmeye çalışan açık sistem membran yapıların tanımı, tarihsel gelişimi, taşıyıcı sistem ve malzeme özellikleri, tasarım ve kalıp çıkarma aşamaları incelenmiştir.

Belli başlı yüzeylerin alanlarının çıkarılmasında bu formları tanımlayan yüzey ölçüleri arasındaki matematiksel oran alan formüllerinde kullanılarak basitleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Membran, fire, kalıp

ABSTRACT

Tension Membrane structures known as high technological structures have been used by nomadic people many years. The round tents of Middle East, “yurt” of Afghans, nomadic tents, black tents of Anatolia, conic American Indian tents and shades called “Vela” in Roman Period are first membrane examples. Nowadays by the development of computer industry it is possible to desing and analyze complex and attractive structures.

In design process of membrane structures, the most important step, cutting pattern, is very time consuming. Due to the certain dimensions that membrane textiles are produced, there are lots of wastage during cutting pattern. The aim of this study is to discuss designing process of tensile membrane structures related to wastage ratio. Area equations of tent material are based on mathematics and geometry.

Definition of membrane structures, historical view, structural system and material properties, designing process was investigated in this study. Economical solutions are produced to determine the area of material to be used and wastage ratio related to the total surface area for a proper desing, proposal and production of membrane structures.

In order to study the known surfaces, the mathematical ratio between the surface dimensions identifying the form are used in area formulation.

Key words: Membrane, wastage, cutting pattern.

1. GİRİŞ

1.1 Sorunun Belirlenmesi

Membran yapı sistemleri kullanılarak çok büyük açıklıklar geçilebilmesine rağmen Türkiye’de henüz yeni uygulanmaya başlanmıştır. Uygulayıcı firmaların mimari ve mühendislik konularındaki yetersizliği, müşterilerin bu konudaki bilgisizliği bu tür yapı sistemlerinin tanınmaması ve tanıtılmamasında etkili olmuştur. Son on yıl içinde Türkiye’de; mimar ve mühendis kadrolarının bu konuda kendilerini geliştirmeleri, akademik çalışmaların yapılması ve kaliteli üretim anlayışı ile bu tür yapılar yapılabilmektedir.

Membran yapılar eğrilikli yüzeylerle oluşturulur. Bu tür yapıların uygulamasında tasarlanan eğrilikli yüzeylerin kalıbı çıkarılır ve üretim genişliği sınırlı olan membran malzemeye yerleştirilerek kesilir ve birleştirilir. Kalıp çıkarma aşamasında membran malzeme genişliği, yüzey formunu belirleyen ayrıtların birbirleri arasındaki matematiksel oranları ve yüzeyin dış yükler altında ortaya çıkan denge formu dikkate alınmazsa malzemede büyük oranda fire verilebilir. Bu durumda aynı plan alanı çok daha fazla malzeme kullanılarak kapatılmak zorunda kalınabilir ve bu malzeme artışı üretim maliyetinin artmasına neden olur. Fire miktarı tasarım süreci öncesinde doğruya en yakın şekilde tahmin edildiğinde,

- ön maliyetlerin yapım öncesinde hesaplanması sağlanır,
- malzeme siparişi daha doğru yapılır,
- hangi yapı formu ile hangi miktarda fire verileceği bilindiğinde yapı sahibi tasarım seçimini bütçesine ön tasarım aşamasında belirleyebilir.

Sorun, tasarım-fire ilişkisini ortaya koymaktır.

1.2 Amaç

Membran yapıların kumaşları fabrika üretim boyutlarında ve enleri sabit olduğundan kalıp çıkarma sırasında malzemede mutlaka belli oranda fire çıkmaktadır. Çalışmanın amacı; membran yapıların kalıplarındaki fire oranının yüzey formuna olan etkisini incelemek, fire kavramı ile mimari oran ve mekan arasındaki ilişkiyi yeniden yorumlamak, matematik ve geometri bilgilerinin yardımı ile yüzey örtülerinin alan formüllerini ortaya koymak, bu tür yapıların tasarım, teklif ve üretim aşamalarında yüzey alanına bağlı olarak kullanılacak membran örtünün alanını, kaç metre kumaş sipariş verilebileceği ve toplam malzeme alanı ile

yüzey alanı arasındaki oranı (fire) incelemek ve tasarım aşamalarına geri dönüşler yapılarak daha ekonomik çözümleri araştırmaktır.

1.3 Kapsam

Bu çalışmada çadır sistem membran yapılar ele alınmıştır. Öncelikle membran yapıların tanımı, tarihi gelişimi, taşıyıcı sistem ve membran malzemenin özellikleri, tasarım aşamasında form bulma ve kalıp çıkarma aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Problem kısmında ise; belli başlı formların yüzey alanlarının çıkarılmasında, bu formları tanımlayan yüzey ölçüleri arasındaki matematiksel oran ve geometrik alan formülleri ortaya konmuş, formlara ait formüller geliştirilmeye çalışılmış, membran yapıların tasarımı, teklifi ve üretimi için yüzey alanına bağlı olarak kullanılacak örtünün toplam alanının bulunmasında toplam malzeme alanı ile yüzey alanı arasındaki oran (fire) incelenerek ekonomik çözümler önerilmiştir.

1.4 Yöntem

Bu çalışmada izlenecek yöntem kaynak taraması ve değişik formdaki yüzey alanlarının yeniden yorumlanmasıdır. Açık çadır sistem membran kalıplarındaki fire oranı ile ilgili bu çalışmada; membran yapılar, membran malzemesi, tasarım aşamaları ile ilgili bilgilerin toplanması, toplanan bilgilerin bir düzen içinde aktarılması şeklinde tamamlanmıştır.

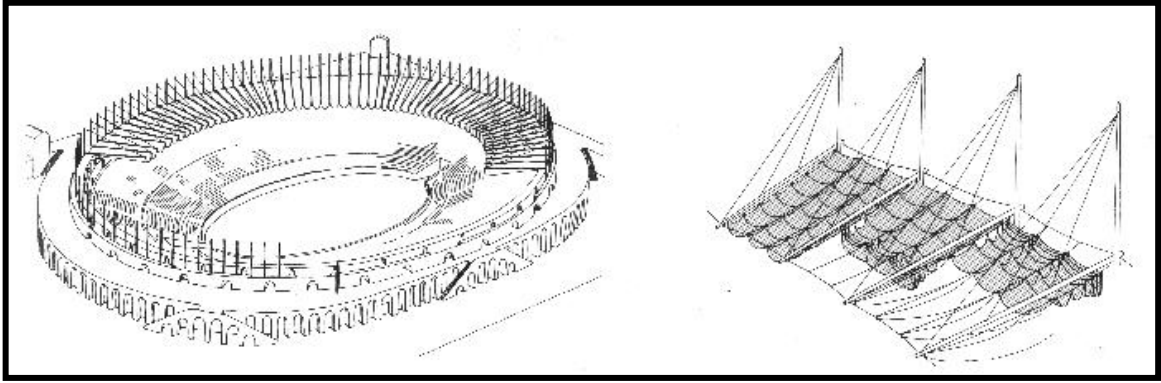
Kaynakların toplanması aşamasında konu ile ilgili yerli ve yabancı kaynaklar taranmış, yerli ve yabancı firmaların tanıtım katalogları incelenmiş, ilgili detaylara ve uygulanmış yapıların resimlerine ulaşılmıştır. Ayrıca Türkiye’de membran yapılar konusunda uygulama yapan çok az sayıdaki mimari büro ve firmalar ile görüşülüp, uygulamaları ya da tasarımlarını yaptıkları projeler tezde ortaya konan sonuçlara uygulanarak kontrol edilmiştir.

2. MEMBRAN YAPILAR

2.1 Membran Yapıların Tarihçesi

Tasarımda, daha büyük açıklıklara olan ihtiyaç doğrultusunda yeni malzemelerin geliştirilmesi ve üretilmesi sonucu ağır yapısal öğeler yerini hafif membran malzemelere bırakmıştı (Schmitz, G., 1995).

Yüksek teknoloji yapılar olarak bilinen Çekmeye Çalışan Membran Yapıların ilk uygulamaları olan çadırlar kolay sökülüp kurulabilir olmaları sebebiyle yerleşik olmayan toplumlar ve kavimler tarafından kullanılmıştır. Orta Asya'daki yuvarlak çadırlar, Afganların “ yurtları”, bedevi çadırları, Anadolu'da yaygın olan yörük ve karaçadırlar, Amerikan yerlilerinin (Kızılderililerin) konik çadırları örnek olarak gösterilebilir. Roma Dönemi'nde yelkenli gemilerden ilham alınarak yapılmış olan ‘Vela’ adı verilen gölgelikler ilk membran yapılarıdır (Türkçü, H. Ç., 1997).

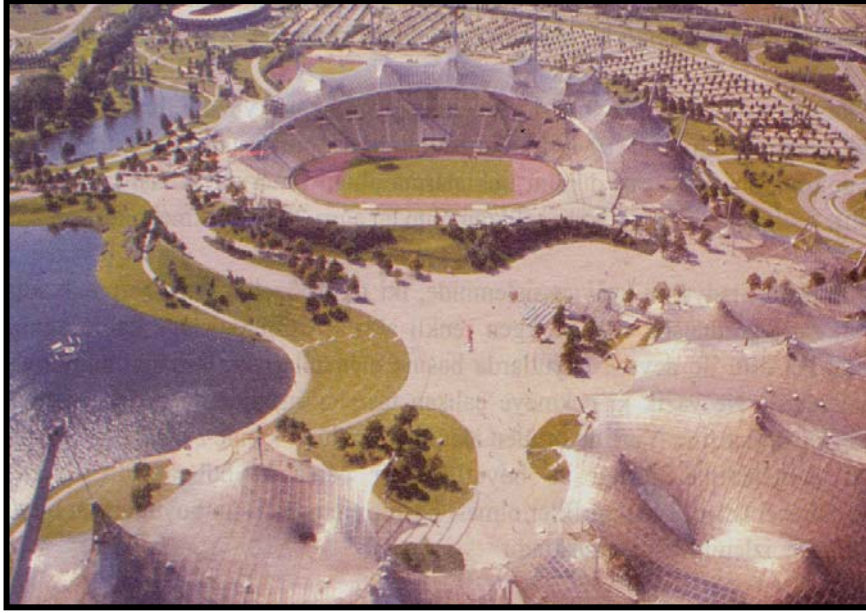


Şekil 2.1 Roma Dönemi'nde ‘Vela’ adı verilen gölgelikler (Berger, H., 1996)

Eskiden beri taşınabilir koruyucu olarak, özellikle askerler, göçebeler ve sirkler tarafından kullanılan membran çadırların yapımında doğal lifler kullanılmıştır. Ondokuzuncu yüzyılda bu çadırların seri üretimine geçilmiş, katalogdan satışlar başlamıştır. Membran ölü yükünün az olması nedeniyle rüzgar, asimetrik yükler vb. yükler altında dalgalanma eğilimi göstermesi, çadır benzeri membran yapıların büyük açıklıklarda kullanılmasına engel olmuştur (Türkçü, H. Ç., 2003).

Pnömatik (Hava destekli) yapılar da kumaştan yapılmış, sıcak hava balonu iç savaşlarda kullanılmıştır. Frederick William Lanchester 1946 yılında hava destekli yapılar için patent almış ancak hiç uygulamamıştır. Walter Bird daha sonra askeri birlikleri hava ve çevre şartlarına ve radar dalgalarına karşı korumak amacıyla 15 m çapında yapılar inşa etmiştir.

1956 yılında Walter Bird ve arkadaşları Birdair firmasını kurmuşlar ve şişme (pnömatik) yapıların tasarımını ve üretimini yapmışlardır. 1950 ve 60'larda hafif taşıyıcı gergili yapılar üzerinde çalışan Frei Otto, 1960'ların başında Stuttgart Üniversitesinde membran yapılarının gelişimi için bir Enstitü kurmuştur. Münih Olimpiyat Stadyumu 1970'de Frei Otto tarafından bu enstitüde tasarlanmıştır. Bugün, gelişen bilgisayar teknolojisi ile çok daha karmaşık ve gösterişli yapıların tasarım ve analizi mümkün olabilmektedir.



Şekil 2.2 Münih Olimpiyat Stadyumu (Türkçü, H. Ç., 2003)

Çekmeye çalışan membran yapılar özellikle gerdirilmiş örtü yüzeylerinden oluşmaktadır. Çok eski çağlardan beri uygulanan tente, tasarımcılar tarafından günümüz yaşam döngüsüne göre yeniden düzenlenmiş, üreticiler çevre şartlarına göre yeni teknolojiler geliştirmişlerdir. Teknolojinin gelişmesiyle membran malzemeler güçlü sentetik elyaf ile üretilmeye başlanmış, dış etkilere karşı sentetik vinyl, neoprene, hypalonla kaplanmıştır. Son 30 yıldaki gelişimlerle yanmaz membranlar cam elyafı liflerden yapılmaya başlanmıştır. Teflon kaplamalı cam elyafın suya karşı korunması için silikonla kaplanmasıyla artık ömürlü yapılar üretilmektedir (Geiger, D., 1989).

Membran malzemelerin geliştirilerek dayanım ve ömürlerinin artması, model statığı, foto elastisite, fotogrametri gibi yöntemlerin bu taşıyıcı sistemlerin statığını ve geometrisini belirlemede kullanılmasıyla büyük açıklıklar örtülebilir hale gelmiştir. Çadırlar bugün geleneksel kullanımında olduğu gibi küçük ve geçici mekanların ve çağdaş teknolojiye uygun olarak sürekli hizmet verebilecek çok büyük alanların üzerini örtmekte kullanılmaktadır (Türkçü, H. Ç., 1997).

2.2 Membran Sistemlerin Taşıyıcılık Özellikleri

“Membran terimi, taşıyıcı sistemler söz konusu olduğunda malzemesi esnek/bükülebilir olan, önemli eğilme rijitliği göstermeyen ve sadece çekmeye çalışan bir yüzeysel taşıyıcı öge olarak tanımlanmaktadır” (Türkçü, H. Ç., 1997).

Membran, taşıyıcı ve mekan örtüsü olarak, çekmeye çalışan esnek bir örtüdür. Çekmeye çalışan elemanlar dış yüklerin gerektirdiği ve imalatı mümkün olan en ince kesitte üretilebilir. Çünkü bu elemanlarda basınç ve eğilme söz konusu değildir. Ancak çekmeye çalıştırılırsa taşıyıcı olabilir. Membran yapılar hafiftir. Burkulma sorunu olmadığından, alışılmış iskelet sistemlerle aşlamayacak büyüklükte açıklıklar geçilebilmektedir.

Membranlarla büyük açıklık geçmek için kablolar kullanılır. Özel bir üretim sürecinden geçen bu kabloların taşıma gücü, geleneksel çelik malzemeden 5 – 10 kat daha fazladır. Kablolar esnek/bükülebilir ve sadece çekmeye çalışır. Her iki taşıyıcı arasındaki fark, kabloların tek doğrultuda çizgisel, membranların iki doğrultuda, yüzeysel eleman olmalarıdır.

Membran yapılar; ağırlığı ihmal edilebilecek kadar az, esnek, sadece çekme dayanımı olan plastik ya da dokuma örtüler ve/veya kabloların kullanılması ile oluşturulan yapı sistemleridir. Kablo ve/veya membran yüzeye taşıyıcılık özelliği verilebilmesi, membran yapılarda uygulanan germe kuvvetine bağlıdır (Dansık, F., 1999).

Membran yapı sistemlerin gelişmesinde; membran malzemelerin yapay veya mineral liflerden üretilmeye başlanması ve doğal ipliklerden örülen türlerin yapay malzemelerle kaplanarak daha dirençli duruma getirilmesi, yüksek dayanımlı, kaliteli çelik ile imal edilen kabloların paslanmaya karşı korunabilmesi, bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak hesaplama, biçimlendirme, membran kesimi yaklaşımlarında teknolojik ve kuramsal alt yapının gelişmesi önemli rol oynamıştır.

Membran yapılar hafif olmaları sebebiyle taşıyıcı elemanların toplam ağırlığı, öngerilme kuvvetine oranla çok azdır. Aynı açıklığı geçecek çelik sistemden %30 oranında az malzeme ile imal edilebilir (Türkçü, H. Ç., 2003).

Üstünü kapattıkları mekan ve öngerilmeyi sağlamak için uygulanan yöntemler açısından çekmeye çalışan sistemler; çadırlar ve pnömatik olmak üzere iki büyük grupta toplanabilir. Pnömatik yapılar bu konu kapsamında olmadıklarından bu konu hakkında bilgi vermeye gerek görülmemiştir. Bundan sonra membran sistemler denildiğinde çadır sistemler bahsedilmiş olunacaktır.

Membran yapılar eğrisel yapılardır. Esnek dokumanın yüklere karşı mukavemeti, gerilerek artırılır. Membran dokumanın kesilip birleştirilmesiyle çeşitli yapı formları oluşturulabilir. Ancak yükleri zemine iletecek kolon, kemer ve kiriş gibi elemanlar gereklidir.

Membran yapılarla çift eğrilikli yüzeyler yapılabilir. Çadır sistemler, hiperboloid, hiperbolikparaboloid gibi negatif Gauss eğrilikli yüzeylerle ya da konoid ve tor gibi yüzeylerin negatif Gauss eğrilikli bölgeleriyle gerçekleştirilebilir. Çekmeye çalışan yapı tasarımlarında mimarlar ve birlikte çalıştıkları mühendisler bu tür yapıların fonksiyonelliği ve uygulanabilirliği konusunda bilgili ve deneyimli olmalıdır (IFAI, 1995).

2.3 Membran Sistemlerde Taşıyıcı Elemanlar

Çadır sistemlerde membran malzemenin hem taşıma hem de örtme görevini bir arada yürütebilmesi ancak küçük açıklıklarda mümkün olabilmektedir. Daha büyük açıklıklarda, özellikle orta ve büyük açıklıklarda membran örtü, kablo ağları ile takviye edilir. Kablo takviyeli taşıyıcı sistemde taşıma görevini üstlenen bir kablo ağı ile örtme işlevini gören bir membran yüzey görülür. Burada rüzgar ve kar yükleri, membran örtü tarafından düğüm noktalarına, düğüm noktalarından da kablolarla iletilir. Çadır sistemlerin asılma noktalarında çekme kuvvetini karşılayarak dengelemek ve membran yüzeyine öngerilme verebilmek için destek elemanları gereklidir. Öngerilme için destek elemanlarından yararlanılır.

Bu sistemlerin olumsuz yanı tasarım, hesaplama ve uygulama gibi tüm yapım sürecinde, uzman bir yaklaşım gerektirmesidir. Çoğu kez standart detaylar yetersiz kalmakta, her noktanın özel olarak ele alınması, üretimin özel olarak yapılması gerekmektedir. Montaj süreçleri de geleneksel strüktürlerden farklı bir yaklaşım gerektirebilmektedir. Taşıyıcı sistem genellikle ayaklar (pilonlar) ve üst örtü ile birlikte sabit olduğundan önce yerleştirilen mafsallı pilonların geçici olarak dengelenmeleri gerekir. Çadır sistemler hafif olmaları nedeniyle rüzgar gibi dinamik yüklere karşı daha hassastır (Türkçü, H. Ç., 2003).

Çadır sistemlerde germe kuvveti mesnet noktalarından çekilerek veya tutularak membrana veya kablo ağlarına uygulanabilir. Bu durumda membran veya kablo ağı ile mesnet noktalarının arasında üç boyutlu bir yüzey oluşturulur. Bu yüzeyin formu, uygulanan germe kuvvetlerinin yüzeyin her noktasında dengelenmesi sonucunda oluşur. Bu yüzeye Denge Formu (equilibrium form) denir. Germe sistemlerinin taşıyıcılığı tamamen Denge Formuna bağlıdır. Bu nedenle germe sistemlerinin formu rasgele veya geometrik olarak belirlenemez.

Aksine bu form denge şartlarını sağlayacak şekilde belirlenir. Denge formunun bulunması için yapılan işlemlere Form Bulma İşlemleri (form finding process) denir. Mevcut şartnamelere göre seçilen denge formu üzerinde yapının geometrik lineer olmama durumu göz önüne alınarak statik analiz yapılır. Statik analiz sonucunda belirlenen form, şeritler halinde parçalanarak kalıplar (Cutting Patterns Patterning Process) hazırlanır ve uygun yöntemlerle birleştirilir (Dansık, F., 1999).

Çekmeye çalışan yapılarda membran ve kablo sistemi üzerinde yük olmadan da ön gerilimli olabilir. Yük altında eğilen kablolar veya eğilen dokuma, kablolardaki gerilimi azaltırken, dokumada gerilim artar. Tek ya da çift yönde düzenlenmiş kablolardaki ön gerilmeyi kontrol etmek için özel bir bakım gereklidir (Geiger, D., 1989).

3. MEMBRAN MALZEMELERİ

3.1 Membran Malzeme Türleri

Membran malzemelerin, taşıyıcı olmanın yanı sıra mekanları sınırlayan bileşenlerin yapımında da kullanıldıklarından, yağmur, kar, rüzgar ve güneşin morötesi ışınları gibi etkilerine engel olmak, şartlara göre, ısı / ses yalıtımına yardımcı olmak, yangından çabuk etkilenmemek gibi özellikleri bulunmalıdır. Membran olarak kullanılan ürünler iki gruba ayrılabilir:

1. Plastik Folyolar
2. Örgü (dokuma) Membranlar
 - Organik Lifli Membranlar
 - Sentetik Lifli Membranlar
 - Mineral Kökenli Membranlar

3.1.1 Plastik Folyolar

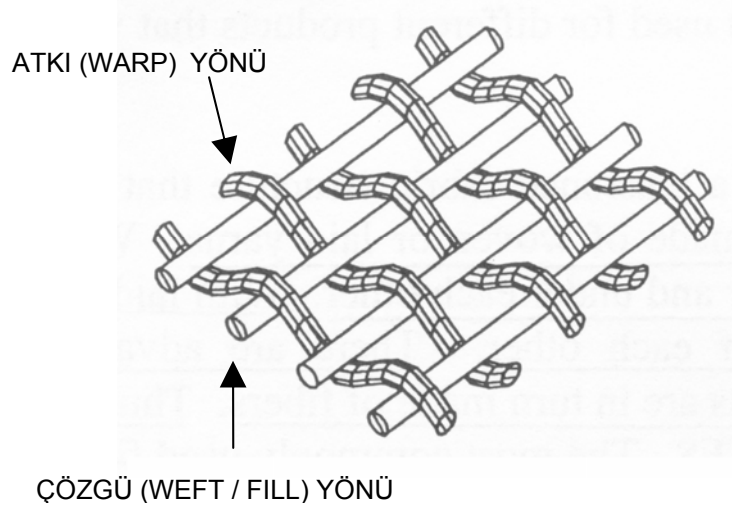
Her nokta ve yönde aynı teknik özellikleri gösteren plastik tabakalardır. Deformasyon davranışları ve çekmeye karşı dayanımı her noktada aynıdır. Ayrıca, izotrop malzeme olarak da tanımlanabilir. Strüktürel yönden üç yönlü kablo ağı gibi diyafram çalışması yapar. Deformasyonlar her üç yönde aynı teknik özellikler ve sınırlar içindedir.

Tabakalar halinde fabrikasyon olarak üretilen plastik folyoların çekme dirençleri oldukça azdır. Plastik folyolar %100 ışık geçiren, hava ve su geçirmez özelliindedir. Işık geçiren membranlar sera ve geçici üst örtüler için uygundur. Güneşin morötesi ışınları, nem, ısı değişimleri gibi fiziksel dış etkiler bu malzemenin dayanımını büyük ölçüde etkiler ve kısa sürede kullanılamaz hale gelmesine sebep olur (Türkçü, H. Ç., 1997).

Plastik folyoların ultraviyole ışınlarına dayanımı; tabakaların renklendirilmesi, benzophenon ve benzotriazol ile artırılabilir. Plastik kaplı folyoların yangın dayanımı azdır ve elastisite modülü küçüktür. Büyük açıklıkların geçilmesinde kablo ağı ile takviye edilmesi gerekir. Plastik folyolar için tasarlanan geometriler uygun şeritler halinde kesildikten sonra ısı kaynağı ile birleştirilir. Mekanik dikiş ve yapıştırma, filmlerin dayanımını azaltır. Membran yapılarında kullanılan filmler: polythene, polyethylene, polyvinylchloride (PVC) ve polytetrafluorethylene (teflon, hostalon)'dir (Arun, E. G., 2000).

3.1.2 Örgü (Dokuma) Membranlar

Dokuma membran malzemesi temel olarak doğal yada yapay liflerin dokunması ile elde edilen bir kumaştır. Membranı oluşturan lifler malzemenin esas taşıyıcı elemanlarını oluşturur. Dokuma malzemesi önce lif şeklinde üretilip sonra fabrikalarda dik açılı bir dokuda örülür. Lifler öyle sık örülür ki ortaya diyaframa yakın bir yüzey çıkar. Dokuma işlemi sırasında Atkı (warp) yönündeki lifler gerilir ve Çözü (weft / fill) yönündeki lifler Atkı yönündeki liflerin arasından (altından ve üstünden) geçirilerek örülür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Membran malzemeyi oluşturan lifler (Bradshaw, R., 1995)

Atkı yönündeki lifler dokuma işlemi esnasında gerildiği için uzamaları Çözü yönündeki liflere göre daha azdır. Bunun tersi olarak Çözü yönündeki liflerin uzamaları Atkı yönündekilere göre daha fazladır. Bu nedenle; membran malzeme ortotropiktir. Başka bir deyişle, membran örtünün birbirine dik iki doğrultudaki mekanik özellikleri farklıdır. Atkı doğrultusunda deformasyon eğilimi daha az, buna bağlı olarak da çekme dirençleri daha fazla olmaktadır. Düz durumdan iki eğrilikli yüzeylere dönüştürülmeleri örgüdeki ipliklerin elastiklik derecesine bağlıdır. Çözü yönündeki ipler Atkı yönündeki iplerin altından ve üstünden geçtiği için membran kumaşının kalınlığı ip kalınlığını yaklaşık 3 katı kadardır. Örgü membranları kolay pislik ve nem tutar. Uzun ömürlü olmaları, yırtılma dayanımlarının yüksekliği gibi nedenlerden ötürü taşıyıcı sistemlerde daha fazla tercih edilir. Dokunmuş membran kumaşı genel olarak 1,2 – 2,7 metre genişliğinde ve 50 metre uzunluğundaki rulolar halinde üretilir.

Dokumada, organik, sentetik ve mineral kökenli olmak üzere üç tip lif kullanılır: Organik lifler; bitki tohumları, ağaç lifleri, yapraklar ve aramit gibi doğal malzemelerden yararlanılarak örülen bezler bu gruba girer (Türkçü, H. Ç., 1997).

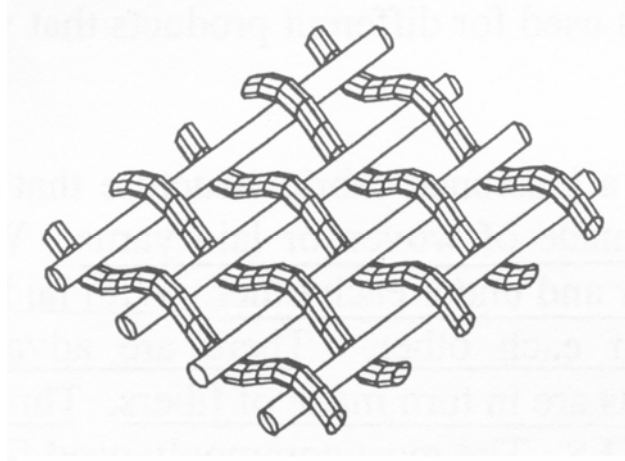
Aramit bir organik malzemedir. Yüksek esneme katsayısı ve kopma direnci olan, bükülebilir bir yapıya sahiptir. Ultraviyole ışınlarına karşı dayanımı yoktur.

Sentetik lifler olarak poliamid, poliaramid, polivinil alkol, naylon yada polyester kullanılır. Naylon, polyestere göre dayanıklılığı biraz daha iyi olmasına rağmen yük altındaki uzama katsayısının daha düşük olması yapıda kırışıklıklara sebep olmaktadır. Nem değişiminin olduğu ortamlarda boyutlarındaki istikrarsızlık, kalıp yerleşim ve kesim işlemlerinde ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Ultraviyole ışınlarına karşı dayanımının az olması gerilme kuvvetlerinin düşmesine sebep olsa da polyester liflerinin uzama katsayısı daha büyüktür. Polyester liflerinde ultraviyole ışınlarının etkisi sonucu oluşan bozulmalar naylondan daha iyidir (Bradshaw, R., 1995).

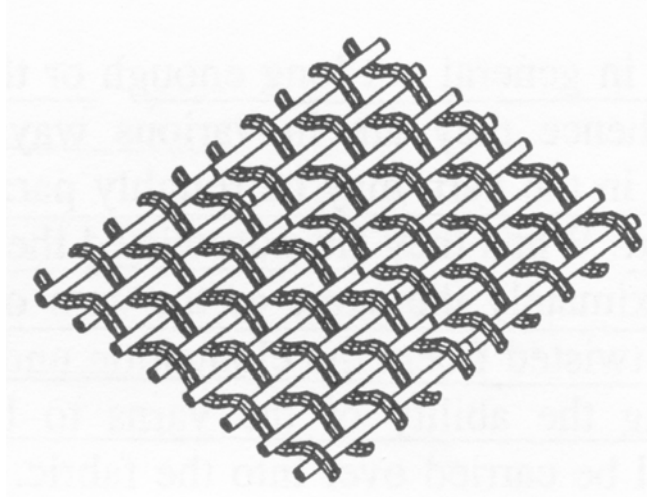
Mineral kökenli cam elyafı, seramik ve asbest kökenli dokumalardır. Cam elyafının esneme katsayısı ve gerilme dayanımı yüksektir ancak kırılma bir yapıya sahiptir. Bu malzemenin kırılma yapısı nedeniyle nakliyesi ve kurulması aşamasında ve tekrarlanan işlemlerde dikkatli olunması gerekir. Bunun üstesinden gelmek için lifler çok küçük çapta üretilse de tekrarlanan bükülme işlemlerinde malzeme zarar görmektedir. Cam elyafının en önemli özelliği ultraviyole ışınlarından etkilenmemesidir (Bradshaw, R., 1995).

Dokuma şekli olarak membran malzemesi; gevşek, sık ve sade dokuma olarak üretilir. Gevşek dokumanın gerilme dayanımı düşük, yırtılma dayanımı yüksektir (Şekil 3.2). Sık dokumanın gerilme dayanımı yüksek, yırtılma dayanımı düşüktür (Şekil 3.3). Birleşimi kimyasal yapıştırma ile yapılır. Sade dokuma ise örülmeden yapılır. Bu dokumanın yırtılma dayanımı yüksek, dokuma şeklinden dolayı atkı ve çözgü arasındaki etkileşim kötü, gerilme özellikleri dengelidir (Şekil 3.4). Mekanik ve kimyasal yapışma olarak yapılan birleşimleri yırtılmaya karşı iyidir (Bradshaw, R., 1995).

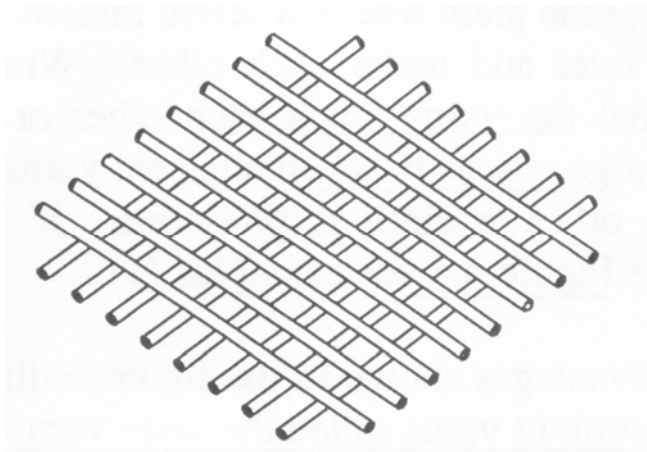
Tek başına membran malzeme ile en fazla 50 m açıklık geçilebilir. Daha büyük açıklıklar için plastik folyo ve örgü membranların olumlu yönlerini bir arada bulunduran membran dokuma çok tabakalı yapılmalı, ürünün çekmeye karşı direncini arttıran polyester ya da çelik kablo ağlarıyla takviye edilmelidir. Genellikle bu tür membran dokumasının üzeri PVC gibi plastik ürünlerle kaplanır ve plastik kaplama folyolarının özelliğinden ötürü izotrop çalışır ve su geçirmez (Arun, E. G., 2000).



Şekil 3.2 Gevşek dokuma (Bradshaw, R.,1995)



Şekil 3.3 Sık dokuma (Bradshaw, R., 1995)



Şekil 3.4 Sade dokuma (Bradshaw, R., 1995)

3.2 Yüzey Kaplamaları

Membran örtü dış etkenlere açıktır. Lifleri dış etkenlerden korumak ve kumaşa su / hava geçirmezliği sağlamak için malzemeye kimyasal kaplama uygulanır. Böylece membran örtü malzemesi kompozit özelliğe sahip olur. Liflerin üzerindeki kaplama malzemesinin genel dayanımına katkısı çok azdır. Bazen ana kaplamanın üstüne örtüye kendi kendini temizleyen yüzey özelliğinin yanı sıra ultraviole ve diğer dış etkilere karşı dayanımı arttıran ilave kaplamalar yapılır.

Membran kumaşlarının yüzeyini kaplayan malzemeler PVC (PolyVinylChloride), PTFE (PolyTetraFluoroEthylenEtilen) (Teflon), Silikon olarak üç ana başlıkta toplanabilir.

Çoğunlukla naylon ve polyester kumaşların bir ya da her iki yüzü izotrop plastik malzemeler; PVC reçine, klorprene kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk, flororeçin film içeren malzemelerle kaplanarak güneş ışınları ve yağmurdan korunur. Ultraviole ışınlarının etkisini azaltmak için malzemenin yapısı renklendirilerek kullanılabilir (Türkçü, H. Ç., 1997).

PTFE, kimyasal yapısı yavaş etkilenen, nem ve mikro organizmalara karşı dayanıklı bir yüzey kaplamasıdır. Gerilme dayanımı ve esneme katsayısı yüksek, alev yürümez, ışık geçirgenliği yüksek, ısı iletkenliği düşük ve kolay temizlenir özelliklidir. Cam elyafı ile birleştirilerek daha dayanıklı, boyutsal kararlılığı olan beyaz renkte üretilen bir yüzey kaplamasıdır. PVC kaplı polyestere göre daha pahalıdır. Malzemenin birleşimi ısı kaynağı ve dikişli olarak yapılabilir (Bradshaw, R., 1995).

Silikonun ultraviole ışınlarına karşı koyucu, uzun süre bükülebilirliği, alev yürümezliği, ışık geçirgenliği, gerilme dayanımı ve esneme katsayısının yüksek olması en önemli özellikleridir. Silikon, cam elyafı için koruyucu bir kaplamadır. Silikon kaplı cam elyafının mekanik özellikleri PTFE kaplı cam elyafıyla aynıdır (Bradshaw, R., 1995).

3.3 Membran Malzeme Özellikleri

Membran malzemelerin dayanımı, 5 x 30 cm'lik bir parçasının çekme ve yırtılma deneylerine tabi tutulmasıyla belirlenir. Plastik folyoların çekme ve yırtılma dayanımı, örgü membranlarına göre daha azdır. Örgü membranlar içinde de yapay ipliklerden üretilenlerin dayanımı daha fazladır. Örgü membranlar arasında üstü korunmamış olanlarla, üstü PVC, teflon vb... gibi malzemelerle kaplanmış olanlar ayırımı yapılabilir. Bazı membranların ağırlıkları ve dayanımları Çizelge 3.1'de görülmektedir (Türkçü, H. Ç., 2003).

Çizelge 3.1 Membran malzemelerin çekme dayanımı

	Ağırlık gr/m ²	Yırtılma direnci
Organik bezler	600	3000 N/5cm
Trevira-PVC kaplı	850	3300 N/5cm
Diolen-PVC kaplı	813	4510 N/5cm
Yapay membranlar	700-1000	6-10 KN/m

Çadır olarak kullanılacak membran malzemenin çekme dayanımı aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (The Membrane Structures Association of Japan, 1996):

- Membran malzemenin çekme dayanımı 20 kg/cm ya da daha fazla olmalıdır. Ayrıca, atkı ve çözgü yönlerindeki çekme dayanımları arasındaki fark, atkı ya da çözgü yönündeki çekme dayanımlarından büyük olanının en fazla %20' si kadar olmalıdır.
- Membran malzemenin çekme dayanımı testi, EN ISO 1421'te belirtilen koşullarla uyumlu olmalıdır.
- 10 mm genişliğinde ve en az 10 kg ağırlığındaki membran malzemenin yırtılma dayanımı çekme dayanımının en az %15 olmalıdır.
- Yırtılma dayanımı testi, DIN 53.363'te belirtilen koşullarla uyumlu olmalıdır.
- Malzemenin atkı yönü ± 2 derece toleransla 90° olmalı, lifler eğilmemiş olmalıdır.

3.4 Membran Malzeme Sınıfları

3.4.1 A sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi başlıca PTFE reçinesinden oluşan cam lifli dokumalar A sınıfı membran malzemelerdir. İçeriği en az % 90 PTFE reçinesi ile sınırlanmış olan bu malzemeler aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (The Membrane Structures Association of Japan, 1996):

- Cam lifli dokumanın ağırlığı 150 gr/m² ya da daha fazla olmalıdır,
- Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m² en fazla 1100 gr/m² olmalıdır,
- Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır.

3.4.2 B Sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi PoliVinilClorid reçinesi (PVC), kloropren kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk reçine içeren florin filmleri ya da buna benzer diğer malzemeler kullanılan cam lifli dokumalar B sınıfı membran malzemelerdir. Bu malzemeler aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (The Membrane Structures Association of Japan, 1996):

- Cam lifli dokumanın ağırlığı 150 gr/m^2 ya da daha fazla olmalıdır,
- Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m^2 en fazla 1100 gr/m^2 olmalıdır,
- Membran malzemesinin kalınlığı en az $0,5 \text{ mm}$ olmalıdır,
- Membran malzeme alev yürütmez özellikte olmalı ve DIN 4102–1 B1-BS 7837 şartnamesinde verilen değerleri sağlamalıdır.

3.4.3 C Sınıfı Membran Malzeme

PVC reçine, klorprene kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk, floro reçine film içeren ya da buna benzer malzemeler ile kaplanmış, örülmüş poliamid, poliaramid, polyester ya da polivinil alkol lifli dokumalar C sınıfı membran malzemelerdir. Bu malzemeler aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (The Membrane Structures Association of Japan, 1996):

- Sentetik lifli dokumanın ağırlığı 100 gr/m^2 ya da daha fazla olmalıdır,
- Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m^2 en fazla 1100 gr/m^2 olmalıdır,
- Membran malzemesinin kalınlığı en az $0,5 \text{ mm}$ olmalıdır,
- C sınıfı malzemelerde sadece yüksek frekanslı kaynak kullanılmalıdır. Kaynak makinesinin gücü en az 16 KW olmalıdır.
- Birleşim olarak yapıştırma yapılmamalıdır.
- C sınıfı malzemelerde kaynak genişliği, malzemenin ağırlığına ve dayanımına göre belirlenen tiplere bağlı olarak Çizelge 3.3'deki değerlerden az seçilmemelidir.
- C sınıfı malzemelerde kullanılan PVDF tabakası eğer kaynak yapılamayan özellikte ise bu tabaka kaynak bölgelerinde uygun makinelerle kaldırılmalıdır.
- Membran malzeme alev yürütmez özellikte olmalı ve DIN 4102–1 B1-BS 7837 şartnamesinde verilen değerleri sağlamalıdır.

Üstü kaplanan membran malzemenin dayanımı teknik açıdan her yönde birbirine yakın değerlerde olmasına karşı, üstü kaplanmamış olanlar anizotrop davranış gösterir (Çizelge 3.2) (Türkçü, H. Ç., 2003).

Çizelge 3.2 C Sınıfı membran malzemelerin teknik özellikleri

C Sınıfı Membran Malzemelerin Teknik Özellikleri				
Malzeme Tipi	Kaplamasız Yüzey Ağırlığı (g/m ²)	Kaplanmış Yüzey Ağırlığı (g/m ²)	Yırtılma Dayanımı (N/5 cm)	
			Atkı	Çözüğü
Tip 1	210	860	3000	3000
Tip 2	275	1000	4400	3900
Tip 3	370	1250	5750	5100
Tip 4	490	1400	7450	6400

3.5 Membran Malzemesinin Birleştirme Yöntemleri

Membranın birleştirilmesinde kullanılan dört temel yöntem vardır:

- Yapıştırma
- Dikişli
- Isı Kaynaklı
- Mekanik

3.5.1 Yapıştırma Birleşim

Yapıştırma, çoğunlukla Hypolan ve Silikon kaplı örtülerin birleşiminde uygulanır. Son zamanlarda silikon kaplı cam yünü örtülerin birleşiminde çift taraflı bant kullanılmaktadır. Yapıştırma işlemi PVC kaplamalı örtülerde yama tamirlerinde uygulanır (Houtman R. ve Werkman H., 2004).

3.5.2 Dikişli Birleşim

Dokumaların birleşimi için uygulanan en sağlam ekleme şeklidir. PVC kaplı polyester tabakalı membranlarda yaygın olarak kullanılır. Bu malzemenin dikişli birleşimlerinde kullanılan ipliğin UV ışınlarına karşı koruması dikiş hattı üstünün PVC kaplı polyester membran bir kapak örtü ile kapatılmasıyla yapılır. Dikişli birleşim, PTFE kaplı cam lifli membran için uygun değildir. Dikişli birleşimlerde, birleşimin çekme dayanımı membran

malzemenin çekme dayanımının en az %70'i kadar olmalıdır. Diğer birleştirme yöntemleri ile birlikte kullanılması durumunda bu değer %85 olarak alınır (Houtman R. ve Werkman H., 2004).

3.5.3 Isı Kaynaklı Birleşim

Isı kaynaklı birleşim plastik folyolar ve plastik kaplamalı dokumalar için uygundur. İki tür uygulama vardır; yürüyen ısı kaynak makinesi ile basınçlı sıcak hava üflenerek yapışacak yüzeyler eritilip, eriyen yüzeyler kaynak makinesinin tekerleri ile preslenir ya da yapışacak yüzeyler üst üste getirilip seçilen malzemeye göre yüksek frekanslı ısı kaynak makinelerinde pres uygulanır. Yürüyen ısı kaynak makineleri inşaat sahasında çalışmaya uygundur. Yüksek frekanslı ısı kaynak makineleri ile kaynaklama atölyede yapılır. Isı kaynaklı birleşim hem PVC kaplı polyester tabakalı hem de PTFE kaplı cam lifli kumaşlar için uygun bir birleştirme yöntemidir (Houtman R. ve Werkman H., 2004).

Isı kaynaklı birleşimde şu koşullar sağlanmalıdır (The Membrane Structures Association of Japan, 1996):

- Kaynak dayanımı 23 °C sıcaklık altında membran malzemenin çekme dayanımının %85' i kadar olmalıdır. Bu değer laboratuvar deneyleri ile kanıtlanmalıdır. Zorlu hava koşullarının olması durumunda testler gerçek durum simülasyonu ile yapılmalıdır.
- Kaynak parametreleri ve kaynak testleri imalat protokolünde belirtilmeli, belli aralıklarla (10 adet gibi) yapılan kaynaktan sonra yapılacak rast gele testler ile protokoldeki değerler karşılaştırılmalıdır.
- 60°C'lik sabit sıcaklık altında ekin çekme dayanımı, membran malzemenin çekme dayanımının en az %60' ı kadar olmalıdır.
- Sıcak hava kaynağı sadece ikinci derece, taşıyıcı olmayan birleşimlerde kullanılabilir.
- Membran imalatçı firmanın membran malzemeleri için önerdiği kaynakla ilgili şartlarına uyulmalıdır.

Çizelge 3.3 C Sınıfı membran malzemesinin tipine göre birim ağırlıklar ve uygulanması gereken en az kaynak genişlikleri

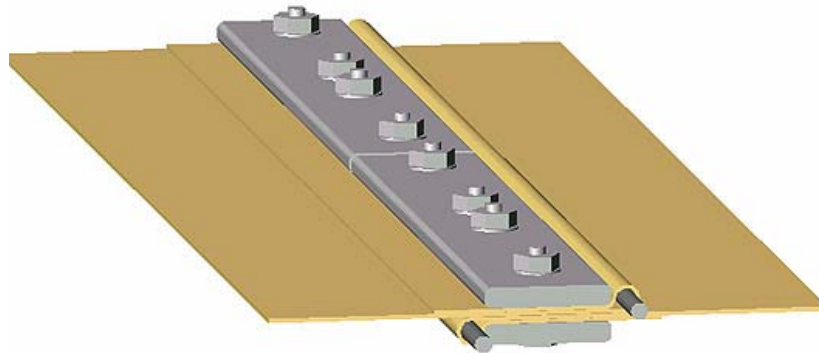
Malzeme tipi	Birim ağırlık (gr/m ²)	Kaynak genişliği (mm)
1	550–900	40
2	900–1050	60
3	1050–1350	80
4	1350–1500	80 ya da üzeri

3.5.4 Mekanik Birleşim

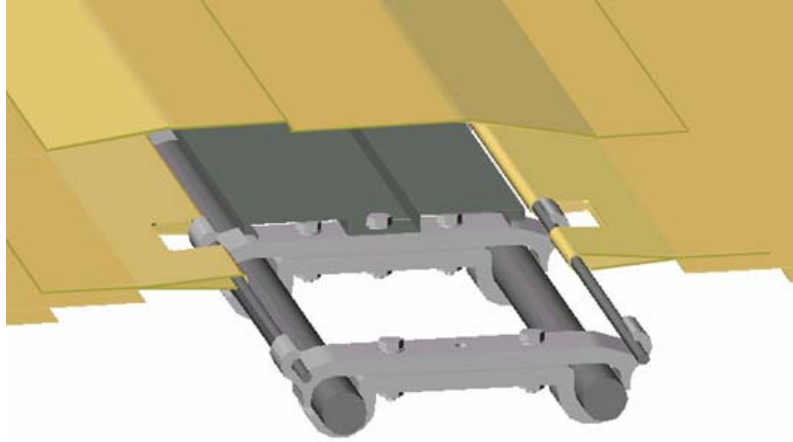
Dikişli ve ısı kaynak birleşimlerinin bitişlerinde mekanik birleşimler daha çok tercih edilmiştir. Bunlar:

- Ek yapılacak yüzeylerde ipi bohçalayarak yapıştırılan kenar hattının iki yüzüne gelen levhaların uygun kenetler ile hareket etmesini engelleyecek şekilde sıkıştırılması sonucu yapılan mekanik birleşim (Şekil 3.2),
- Ek yapılacak yüzeylerde ipi bohçalayarak yapıştırılan kenar hattının oluklu alüminyum profile takılması sonucu yapılan mekanik birleşim (Şekil 3.3),

olarak iki türlü yapılır. İkinci birleşim şeklinin su geçirimsizliği daha iyidir (Houtman R. ve Werkman H., 2004).



Şekil 3.5 Kenetli mekanik birleşim (FabricArt, 2004)



Şekil 3.6 Alüminyum profilli mekanik birleşim (FabricArt, 2004)

Membran kablo kenar elemanı ile mekanik birleşimi Şekil 3.4’te gösterilmiştir.

Mekanik birleşimlerde halat telleri DIN3058 ya da TS1918’ de belirtilen kalite koşullarını sağlamalı ya da daha iyi kalitede olmalıdır. Ayrıca halat teli yerine, ilgili yönetmelikte belirtilen normal çelik çubuk, yüksek karbonlu çelik çubuk ya da paslanmaz çelik çubuklar kullanılarak üretilen ve kırılma yükü, telin çekme dayanımına eşit olan kablo da kullanılabilir (The Membrane Structures Association of Japan, 1996).

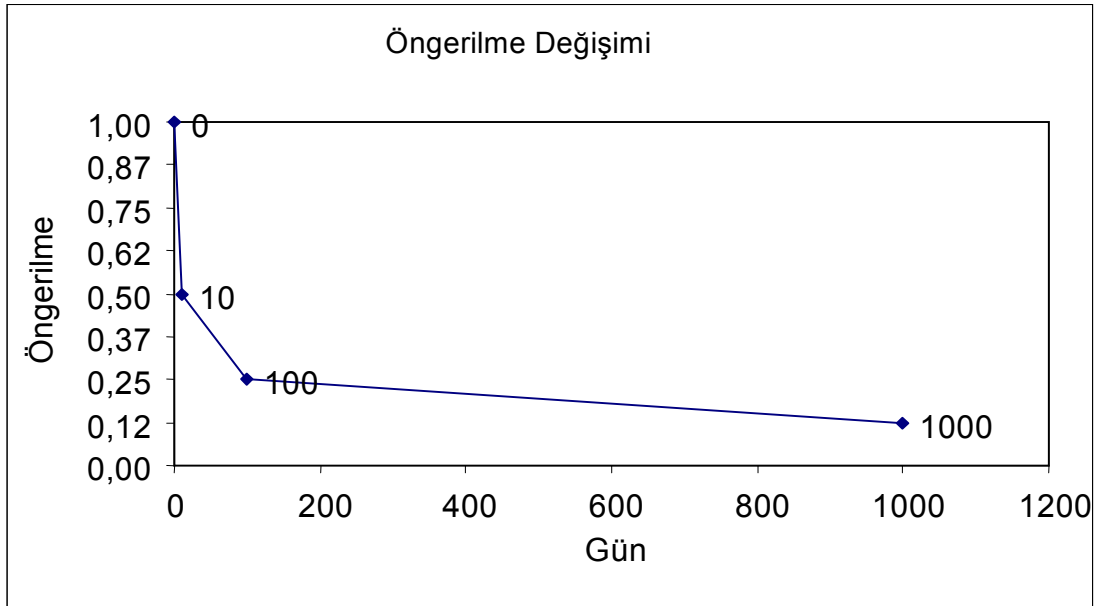


Şekil 3.7 Kablo-Membran mekanik birleşimi (FabricArt, 2004)

3.6 Membran Malzemelerin Bakımı

Membran malzemelerin atmosferik etkilere karşı dayanımı iyi olmadığı için küflenmeye, çürümeye, neme ve güneş ışınlarına karşı korunması gerekmektedir. Organik lifli bezler, hem yapı fiziği gereği hem de malzemenin dayanımını artırmak için emprenye edilerek su geçirmez duruma getirilmelidir. Sentetik bezler, duruma göre bir veya her iki yüzü başka bir plastik malzemeyle kaplanarak veya parafine batırılarak emprenye edilir. Ekonomik olduğu için genellikle sentetik bezler ince PVC tabakası ile kaplanır. Güneşin morötesi ışınları sentetik bezlere zarar verir. Bu zararı engelleyebilmek için bezlerin renklendirilmesi, teflon kaplanması yada dış yüzeye alüminyum buharı püskürtülmesi iyi sonuçlar vermektedir. Ancak son yöntem pahalı olduğundan, yalnızca sürekli kullanılacak yapılarda uygulanır (Türkçü, H. Ç., 2003).

Membran yapıların taşıyıcılığını oluşturan örtü ve kablo gibi destek elemanlarının öngerilmesi zaman içinde çevre koşulları yada membran malzemesinin mekanik özelliği nedeniyle değişir. Bu elemanlar belli dönemlerde kontrol edilmelidir (Şekil 3.5) (Vandenberg, M., 1996).



Şekil 3.8 Membran Malzemenin Öngerilme Değişimi

4. ÇADIR SİSTEM MEMBRAN YAPILARDA TASARIM

Çadır sistem membran yapı formunun üretilmesinde gerilme dengesi ve doğal yapı tipleri dikkate alınır. Tasarımcı, yapı formunu geliştirirken müşterinin gereksinim ve koşullarını değerlendirir. Bu gereksinimler eskiz aşamasında sınır şartlarını kapsayarak tasarımda gerilme dengesinin bulunması için gerekli yüksek ve alçak noktaların ayarlanmasında yardımcı olur. Tasarımda güneş, yağmur, kar ve rüzgar gibi hava koşullarına karşı önlemler düşünülmelidir.

4.1 Çadır Sistem Membran Yapılarda Form

Genel olarak eğrilikli yüzeylerin sınıflandırılması ve tanım Ek 1’de verilmiştir. Çadır sistem membran yapılarda Negatif Gauss eğrilikli yüzeyler tercih edilir.

Bu çalışmada koni, hiperboloid ve hiperbolikparaboloid olmak üzere üç yüzey üzerinde çalışılmıştır.

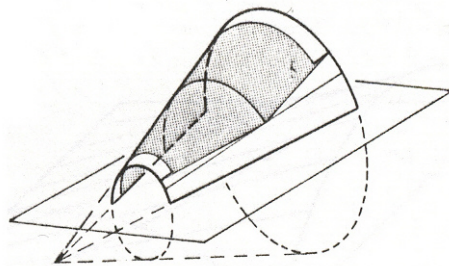
4.1.1 Koni

Koni formundaki çadır örtü, tam koni yada kesik koni şeklinde olabilir.

Koni yüzeyler, doğrultman olarak kabul edilen bir doğrunun açık ya da kapalı bir eğri (çember, elips, parabol) ile eğrinin bulunduğu düzleme dik bir akstaki nokta, arasındaki hareketiyle oluşur (Şekil 4.1) (Düzgün, A., 1978).

Tam koni, eğik konumdaki doğrunun kapalı bir eğri üzerinde, bir eksen etrafında döndürülmesiyle oluşturulmuş yüzeydir. Bu yüzeyin yatay düzlemlerle kesilmesi sonucu oluşan kesit dairedir.

Kesik koni daire tabanlı koni yüzeyinin koni aksına dik yani tabana paralel olarak kesilmesi sonucu elde edilen yüzeydir (Şekil 4.1).

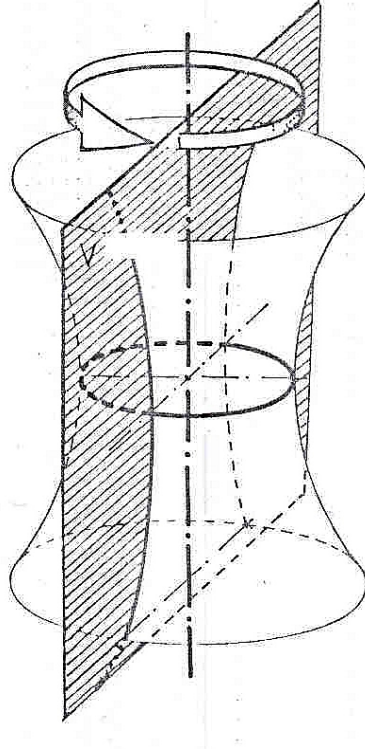


Şekil 4.1 Tam ve Kesik Koni Yüzeyi (Düzgün, A., 1978)

4.1.2 Hiperboloid

Hiperboloid, bir düzlem içindeki hiperbol eğrisinin aynı düzlem üzerindeki bir eksen etrafında döndürülmesiyle oluşturulan dönel bir yüzeydir. Burada, dönme eksenine dik her düzlem kesitindeki eğri, bir çemberdir (Şekil 4.2). Hiperboloid yüzeyin çadır sistem membran yapılarında kullanımı yatay ve düşey düzlemlerle kesilmesi şeklindedir (Düzgün, A., 1978).

Bu çalışmada hiperboloid yüzeyler Hiperboloid 1, Hiperboloid 2 ve Hiperboloid 3 olarak ele alınmıştır.

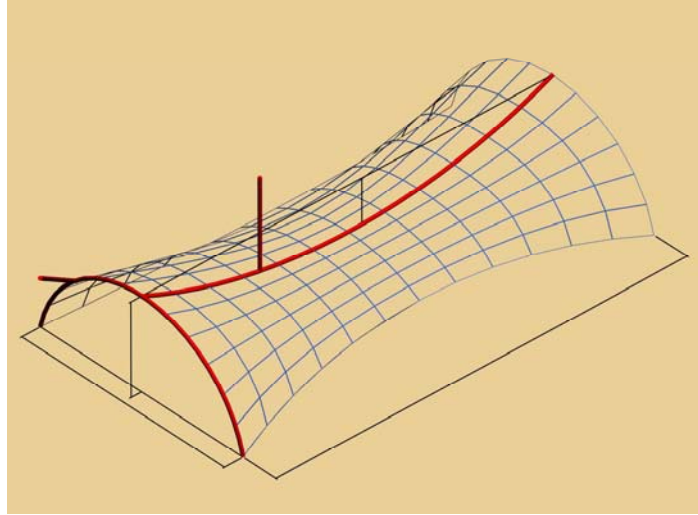


Şekil 4.2 Hiperboloid Yüzey (Düzgün, A., 1978)

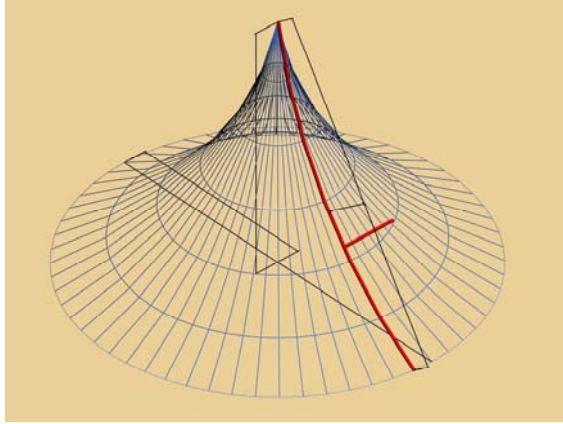
Hiperboloid 1 düşey düzlemlerle kesilmiş bir hiperboloid yüzeyin yatayda çadır olarak kullanıldığı bir yüzeydir (Şekil 4.3).

Hiperboloid 2 bir yarım hiperbolün dönme eksenine çakıştırılması sonucu elde edilen koniye benzer bir yüzeydir (Şekil 4.4).

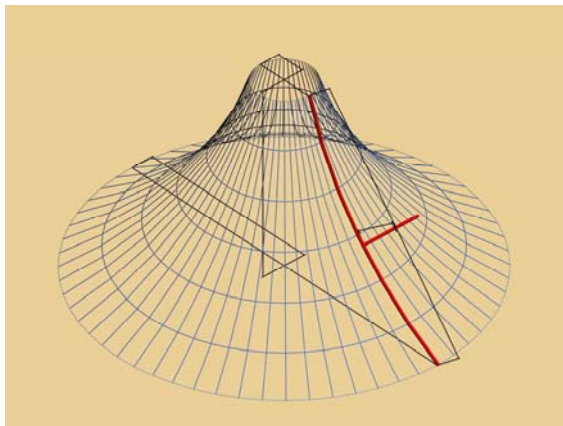
Hiperboloid 3 hiperboloid yüzeyin yatay düzlemlerle kesilmesi sonucu elde edilen kesik koniye benzer yüzeydir (Şekil 4.5).



Şekil 4.3 Hiperboloid 1



Şekil 4.4 Hiperboloid 2

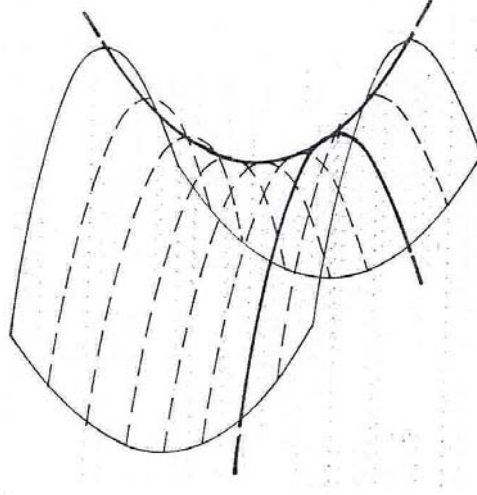


Şekil 4.5 Hiperboloid 3

4.1.3 Hiperbolikparaboloid

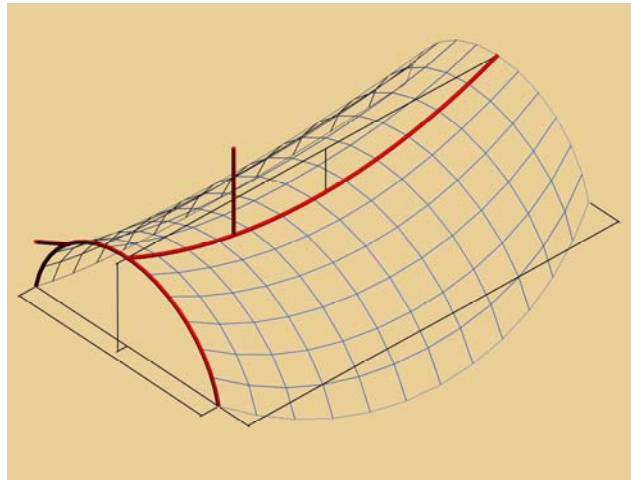
Hiperbolikparaboloid, bir düzlem içindeki bir eğrinin bu düzleme dik diğer bir düzlem içindeki eğrilik merkezi aksi yönde bir eğri üzerinde kayması ile oluşan yüzeylerdir. Bunlara semer yada HP yüzeyler de denir (Şekil 4.6) (Düzgün, A., 1978).

Bu çalışmada hiperbolikparaboloid yüzeyler Hiperbolikparaboloid 1 ve Hiperbolikparaboloid 2 olarak ele alınmıştır.



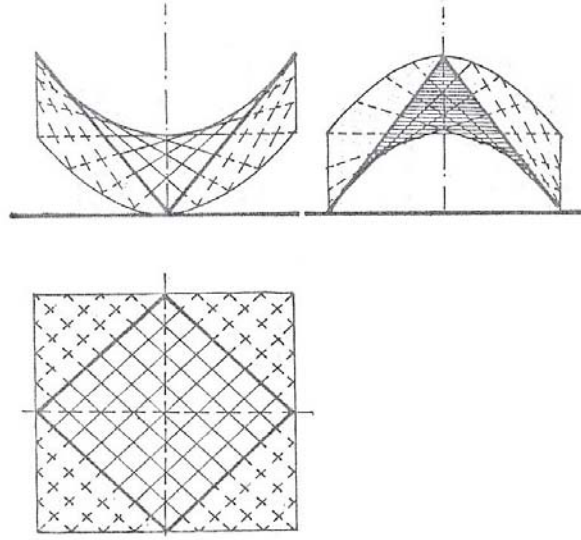
Şekil 4.6 Hiperbolikparaboloid Yüzey (Düzgün, A., 1978)

Negatif Gauss eğrilikli bir yüzey olan Hiperbolikparaboloid 1, birbirlerine dik iki düzlem içindeki ters eğrilikli parabollerin birbiri üzerinde kayması sonucu oluşan yüzeylerdir. Hiperbolikparaboloidin her bir noktasında her iki doğrultudaki parabollerin eğrilikleri toplamı sıfırdır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Hiperbolikparaboloid 1 Yüzey

Hiperbolikparaboloid 2, kenarları yüzeyi oluşturan doğrulardan kesilerek ortaya çıkan çift eğrilikli yüzeydir. Negatif Gauss eğrilikli bu formun yükselen ve alçalan köşeleri izdüşüm plan alanı olan dörtgenin köşegenleri üzerindedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Hiperbolikparaboloid 2 Yüzey (Düzgün, A., 1978)

4.2 Çadır Sistem Membran Yapılarda Form Bulma

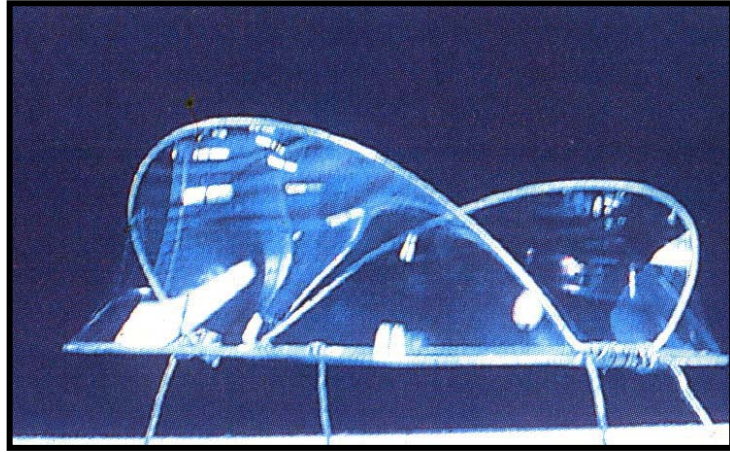
Çadır sistem membran yapıları oluşturan negatif Gauss eğrilikli yüzeylerde pozitif ve negatif eğriliklerin toplamı sıfırdır. Bu tür yapılarda form dış yüklerle karşı koyar. Ağırlığın ve kütle'nin önemi yoktur. Membran yapılarda ana yapısal öge gerilme yüzeyinin kendisidir. Yüzeyin denge halinde olabilmesi için en az dört gerilme kuvveti etkisinde olmalıdır. Ancak gerilme kuvvetlerinin uzayda dengede olması kuvvetlerin tek bir düzlemde hareket etmemesine bağlıdır. Denge için destek ve askı öğelerinin üçüncü boyutta düzenlenmesi kablolar ile sağlanır. Bu öğeler vasıtasıyla büyük açıklıklar gereksiz yapı ağırlıklarından kaçınılarak geçilir. Tasarımcı destek elemanlarını içte ve dışta düzenleyerek birçok negatif Gauss eğrilikli yüzey elde edebilir. Uygulamada basit negatif Gauss eğrilikli yüzeyler çok kullanılıyor olsa da destek noktalarının düzenlenmesiyle karmaşık yüzeyler ortaya çıkabilir. Tasarımın geliştirilmesi aşamalarında yerleşim ve destek öğelerinin belirlenebilmesi için yapıya etkiyecek yüklerin bilinmesi gerekir. Ayrıca tanımlanan amaca uygun olarak sade ve temiz bir tasarım ortaya çıkabilmesi, bu işle uğraşan mimar ve mühendislerin disiplinli ve bilimsel bir yaklaşımla işbirliği yapmasıyla olur. Bu şekilde ilerleyen süreçte adım adım

mekanın şekli tanımlanır ve mimari çözüme ulaşılır. Mimar ve mühendisin bu tür yapıların mimari çözümlerinde yapısal, biçimsel ve ekonomik olma çerçevesinde izlediği yol basitlik ve verimlilik (Bradatsch, J. vd., 2004).

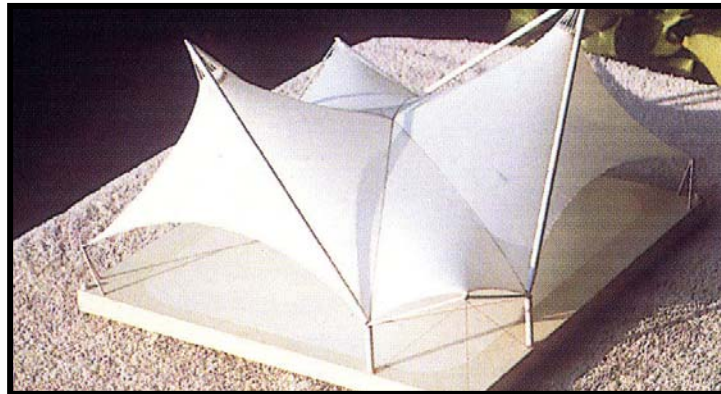
Membran yapı tasarımında, tasarımı yapılan örtünün üzerinde yağmur ya da kar suyunun birikmesine ve aşırı sehime neden olmayacak geometrik formların seçilmesi, yük aktarımının doğru bir şekilde yapılabilmesi için düz bölgelerin oluşturulmaması gibi hususlara dikkat edilmelidir. Form bulma yöntemleri, fiziksel ve sayısal modelleme olmak üzere iki başlık altında toplanır.

4.2.1 Fiziksel Modelleme

Fiziksel modellemede tasarımı yapılacak üst örtünün küçük ölçekli maketleri yapılarak mimar, mühendis ve işveren arasındaki üçlü bağda görsel olarak yapı ya da yüzey hakkında bilgi alışverişi sağlanır(Şekil 4.9, 4.10).



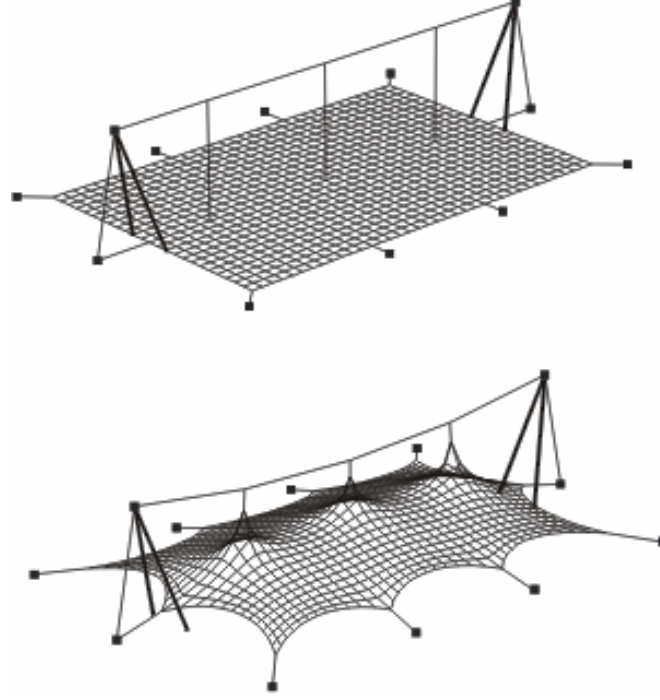
Şekil 4.9 Sabun Köpüğü Yüzeyler (Berger, H., 1996)



Şekil 4.10 Küçük ölçekli maketler ile formun algılanması (Berger, H., 1996)

4.2.2 Sayısal Modelleme

Yüzey örtüsü üç boyutlu modelinin bilgisayar ortamındaki tasarımı kalıplar için veri oluşturmaktadır (Şekil 4.11). Tasarım aşamasındaki geri dönüşler, sayısal modelleme üzerinde düzeltilerek ölçütlerin doğru işleyişi sağlanır.



Şekil 4.11 Denge Formlarının Sayısal Modellenmesi (Dansık, F., 1999)

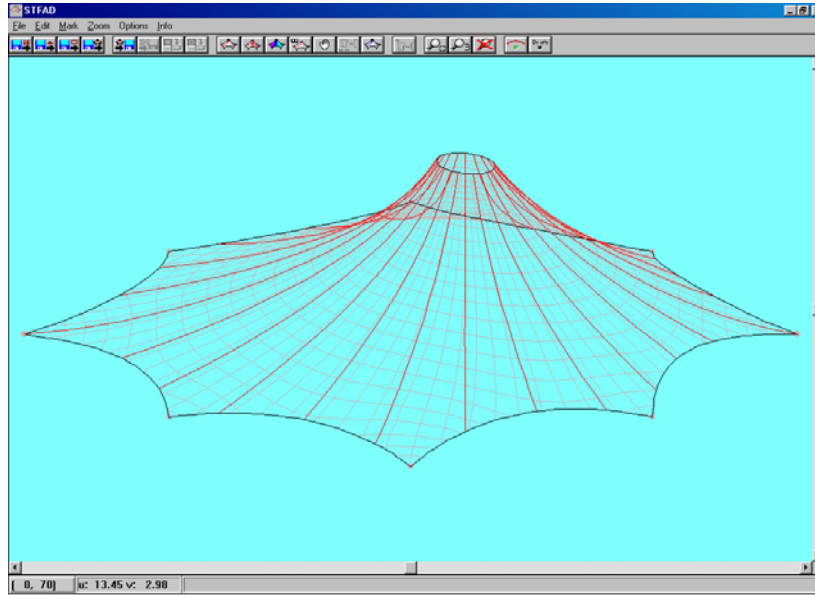
4.3 Çadır Kalıplarının Hazırlanması

Çadır kalıpları, üç boyutlu olarak tasarlanmış ve öngerilme ile şeklini almış olan yüzeyin ikinci boyuta aktarılan yüzey parçalarının planlarıdır. Mimari yaklaşımla ortaya çıkan formda negatif Gauss eğrilikli yüzey özelliklerinin iyi bilinmesi, bunun kalıplara doğru aktarılması, temiz ve düzgün dikiş veya kaynak hattının elde edilmesi ile ortaya çıkan ürün, iyi bir mimari etki bırakır. Yüzeyin algılanmasına yardımcı olan birleşim hatlarındaki düzen ve uyum malzemede fire oranının artmasına neden olabilir. Bazı durumlarda estetik faktörler ile maliyet arasındaki denge önemsiz kabul edilebilir (Bradatsch, J. vd., 2004).

Bir çadır yapıyı oluşturan malzeme balya içinde tedarik edilir ve düzlem şeklindedir. Uygun formu oluşturmak için bu malzeme kesilir, dikilir, yapıştırılır veya kaynaklanarak birleştirilir. Bu nedenle öncelikle formu oluşturacak kalıp çıkarılır. Kalıpları oluşturmada mümkün olduğunca basit ve ekonomik olan bir kesme deseni aranır (Şekil 4.12). Kalıp üzerindeki dikiş

desenine karar verirken dikkat edilecek ölçütler (Herzog, T., 1976):

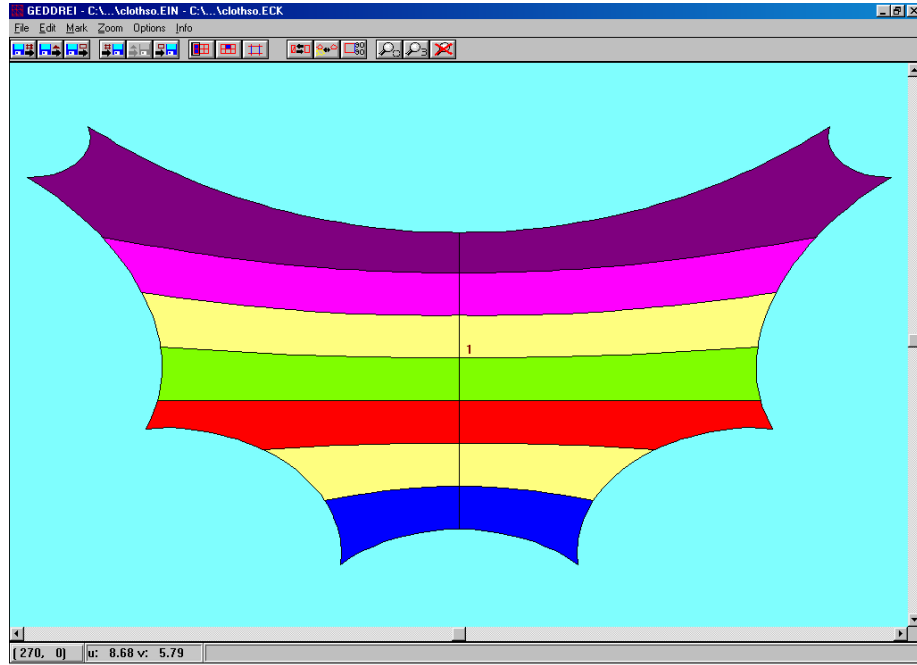
- Düzenli ve büyük yüzeyle desenler "yamalı" desenlere tercih edilmelidir.
- Yük aktarımının olduğu düğüm noktalarında mümkün olduğunca az dikiş hattı kesleştirilmelidir.
- Kalıplar malzemenin çekme yönü doğrultusunda yerleştirilmelidir. Çünkü çekme yönünde uygulanan dikiş hattı dik olanlara göre daha dayanıklıdır.
- Kalıplar çok uzun yapılmamalıdır. Çünkü kısa mesafeli dikişler uzun mesafeli dikişlerden daha az hasar görür.
- Çadır kalıplarının çıkarılmasında dikkat edilecek noktalar (FabrikArt, 2004):
- Membran kalıpları, öngerme ve öngerme kayıplarından oluşacak ilave uzamalar hesaba katılarak belirlenen boyutlara göre hazırlanmalıdır.
- Kalıplar bilgisayar kontrollü emici tablalı kesici araçlarla kesilmelidir. Kesimdeki hata payı $\pm 2\text{mm}$ ' yi geçmemelidir.
- Tüm eğriler çokgen değil eğrisel olmalıdır.
- Malzemenin renginde ton farklılığı olmaması için yapıyı oluşturan malzeme aynı toptan kesilmelidir.



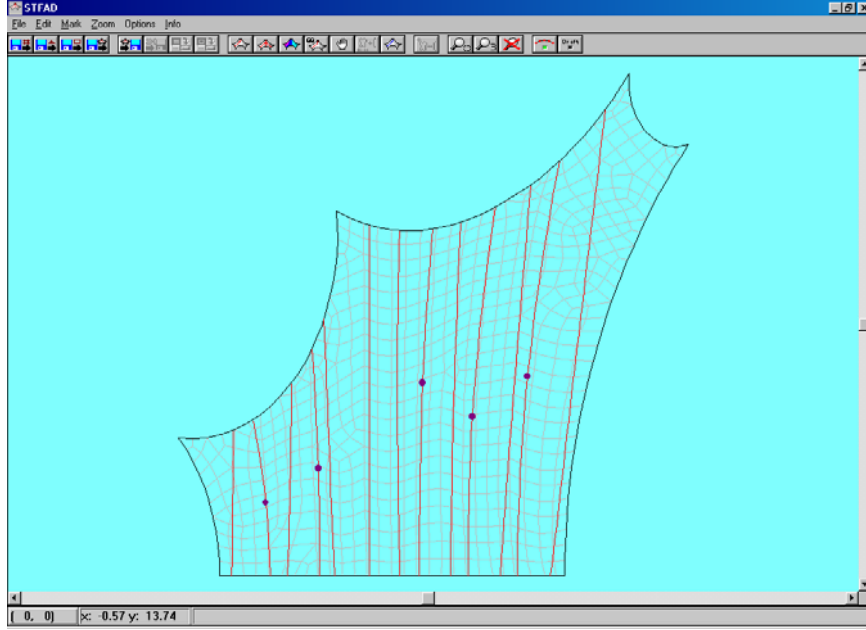
Şekil 4.12 Membran örtüde panellerin belirlenmesi (Stroebel, Dr. Dieter, 2002)

Uzayda eğrisel bir yüzey oluşturan kalıp panelleri yatay düzleme indirgenerek hazırlanır. Bu işlem bilgisayar ortamında, jeodezik yöntemler veya maket üzerinde kağıt şeritler yöntemleri kullanılarak yapılabilir. Bilgisayar ortamında kalıplarının çıkarılmasında izlenen adımlar (Stroebel, Dr. Dieter, 2002):

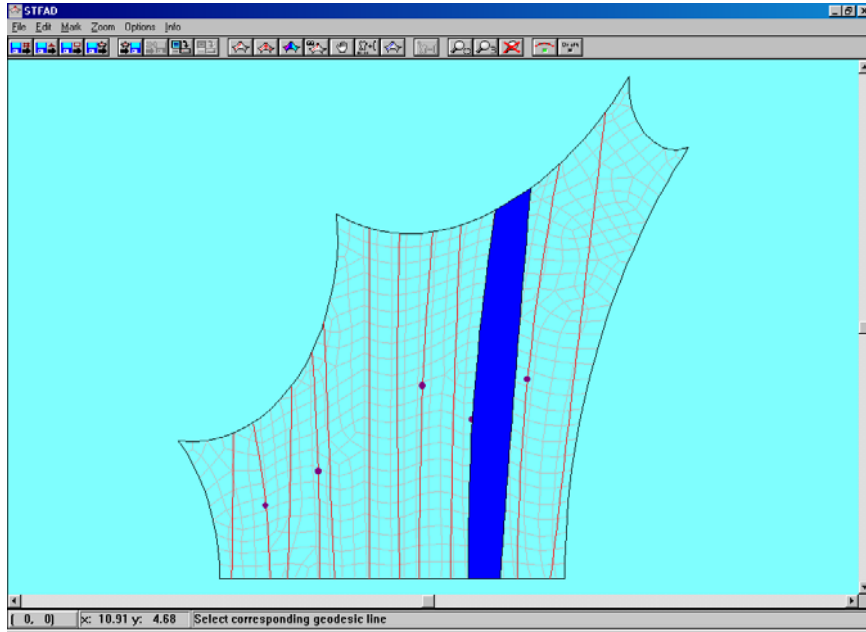
1. Membran örtü formu, kullanılacak kumaşın genişliğine göre şeritlere bölünür. Bu şeritler panel olarak adlandırılır (Şekil 4.13).
2. Kalıbı çıkarılacak yüzeyin jeodesik hatları belirlenir (Şekil 4.14).
3. Bu hatlar üzerinde paneller seçilir (Şekil 4.15).
4. Seçilen paneller birleştirilerek üçüncü boyutta incelenir (Şekil 4.16).
5. Tasarım ölçütlerine göre gerekli düzeltilmeler yapıldıktan sonra kesme hatları belirlenir (Şekil 4.17).
6. Malzemenin zaman içinde esneyeceği dikkate alınarak kalıplar belli oranda küçültülür (Şekil 4.18). Böylece esneme nedeniyle oluşacak gerilme kayıpları önlenir ve yüzeyin devamlı gerilme altında tutulması sağlanır.
7. Kesilecek kalıpların geometrisi her kalıba ayrı bir sayfada koordinatları ile verilerek raporlanır (Şekil 4.19).



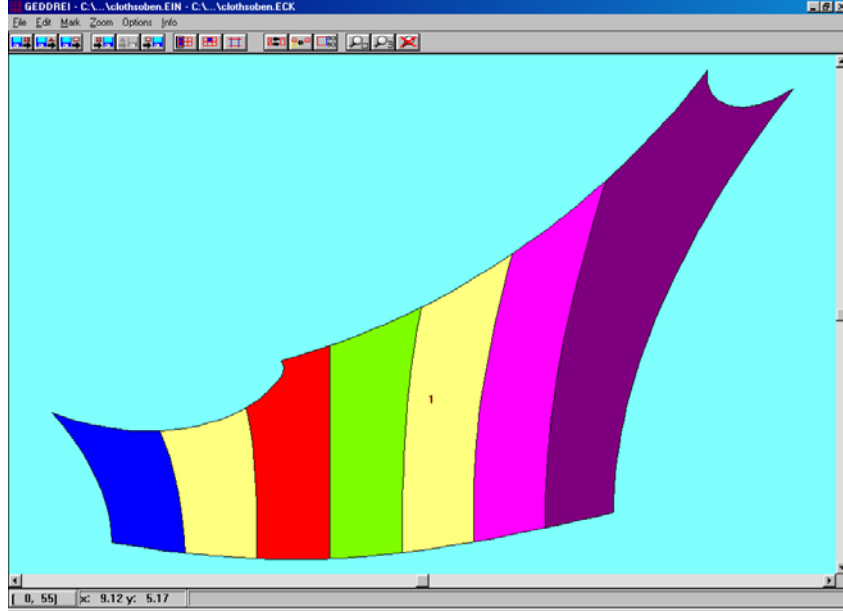
Şekil 4.13 Membran örtüde panellerin belirlenmesi



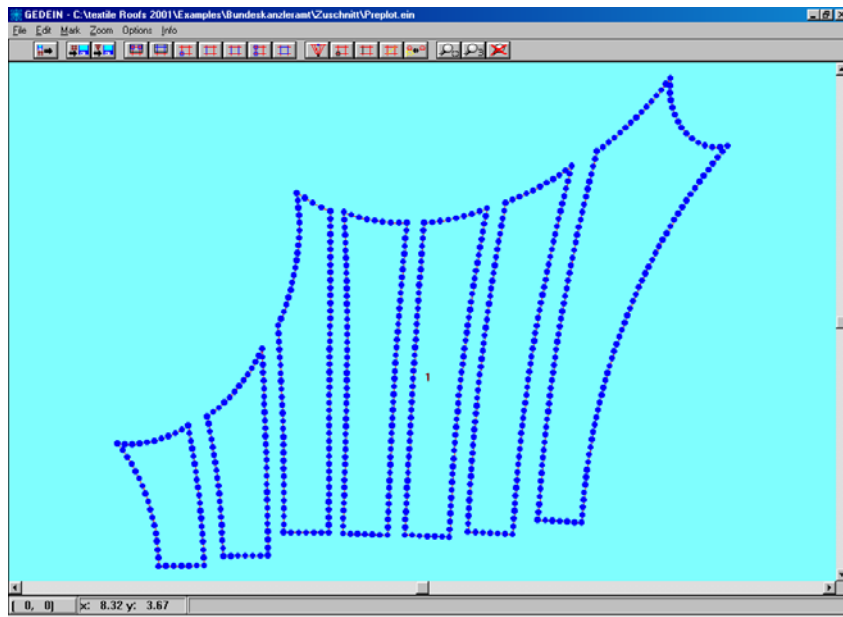
Şekil 4.14 Membran örtüdeki eğriselliğin düzleme aktarılması



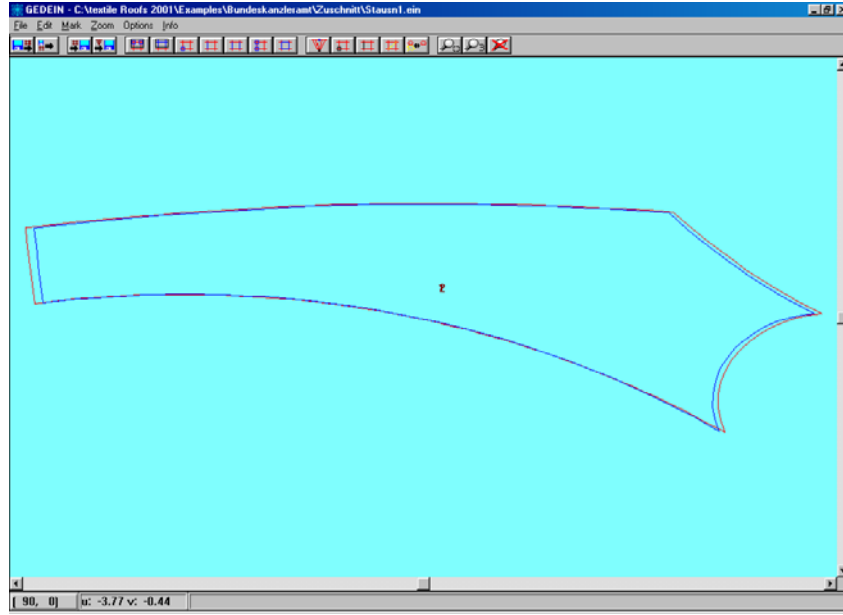
Şekil 4.15 Düzleme aktarılacak panelin belirlenmesi



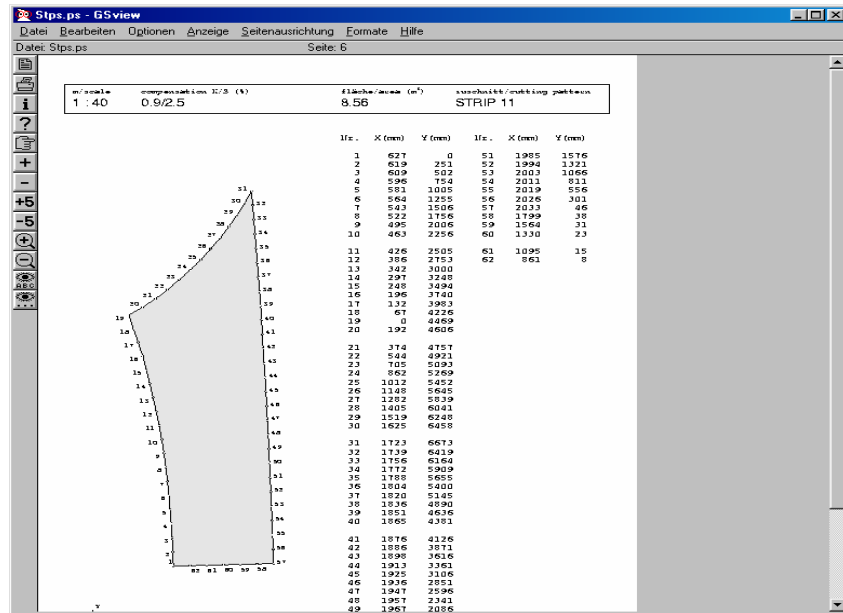
Şekil 4.16 Belirlenen panellerin üçüncü boyutta incelenmesi



Şekil 4.17 Kesme hatlarının panellere ayrılmış halde belirlenmesi



Şekil 4.18 Gerilme kayıpları göz önünde tutularak kalıpların küçültülmesi



Şekil 4.19 Kesme kalıbı geometrik koordinatlarının raporlanması

5. ÇADIR SİSTEM MEMBRAN KALIPLARINDAKİ FİRE ORANININ BELİRLENMESİ

Bu çalışmada yüzey formları arasındaki benzerliklerden yararlanılarak; yüzey alanları için gerekli toplam kumaş alanı ve toplam kumaş boyu bulunacaktır. İncelenen formlar; koni, kesik koni, hiperboloid, hiperbolikparaboloiddir. Her form için öncelikle yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranı olarak tanımlanan s= yüzey katsayısı ve kumaş alanının izdüşüm plan alanına oranı olarak tanımlanan k sabitini saptamak, sonra toplam kumaş alanı ile yüzey alanı arasındaki oran olarak tanımlanan fire incelenecektir. Bütün çalışma boyunca ortaya çıkan bağıntılarda açı değeri Radian cinsinden kullanılacaktır.

5.1 Koni

Koni yüzeydeki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

h = Koni Yüksekliği

r = Koni Taban Yarıçapı

$$\alpha = \text{Yükseklik/ Taban Yarıçapı} = \frac{h}{r} \quad (1)$$

$$a = \text{Yanal Yüzey Uzunluğu} = \sqrt{h^2 + r^2} \quad (\text{Hipotenüs})$$

$$\text{Burada } h, \alpha \text{ olarak tanımlandığında } a = \sqrt{\alpha^2 r^2 + r^2} = \sqrt{(\alpha^2 + 1) + r^2} = r \sqrt{\alpha^2 + 1} \text{ olur. } (2)$$

$$A_1 = \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \pi r^2$$

$$A_y = \text{Koni Yüzey Alanı} = \pi r a$$

$$\Ç = \text{Koni Taban Çevresi} = 2 \pi r$$

w = Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = \frac{\Ç}{w} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{w} \quad (3)$$

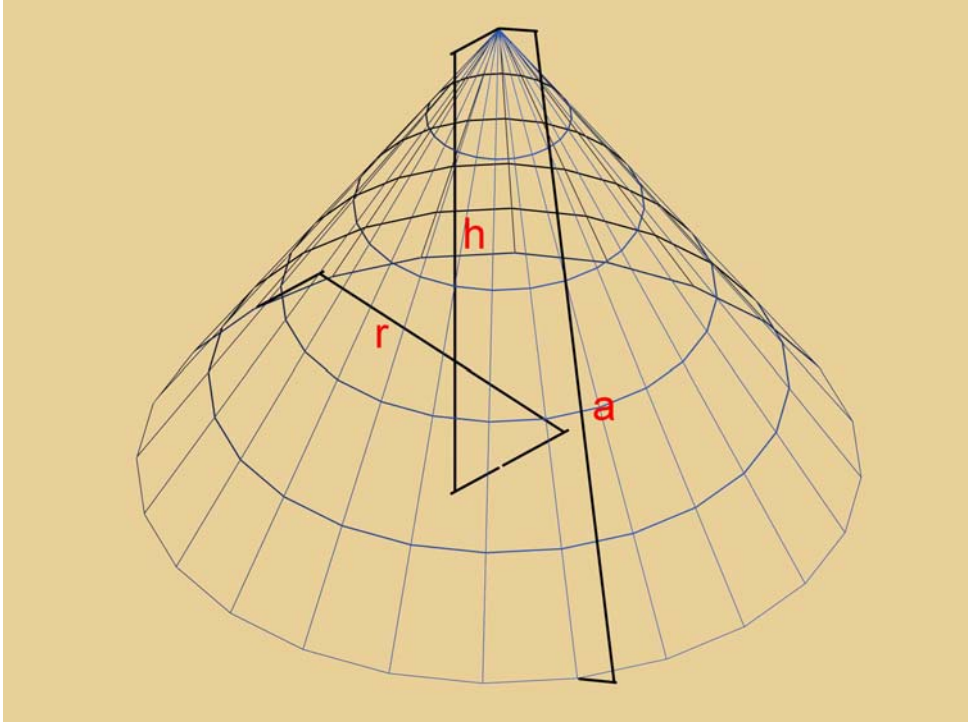
p = Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 - 1 - 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = \frac{n \cdot a}{p}$$

$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = L \cdot w = \frac{(na)}{p} \cdot w$$

5.1.1 Koni Yüze Katsayısı (s)

Yüze Katsayısı (s) yüze alanının iz düşüm plan alanına oranıdır.



Şekil 5.1 Koni yüze ve ayrıtları

$$s = \text{Yüze Katsayısı} = \text{Koni Yüze Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_y / A_i = \frac{\pi r a}{\pi r^2}$$

(2) eşitliğinden yararlanarak a yazıldığında,

$$s = \frac{(\pi r r \sqrt{\alpha^2 + 1})}{\pi r^2} = \frac{(\pi r^2 \sqrt{\alpha^2 + 1})}{\pi r^2}$$

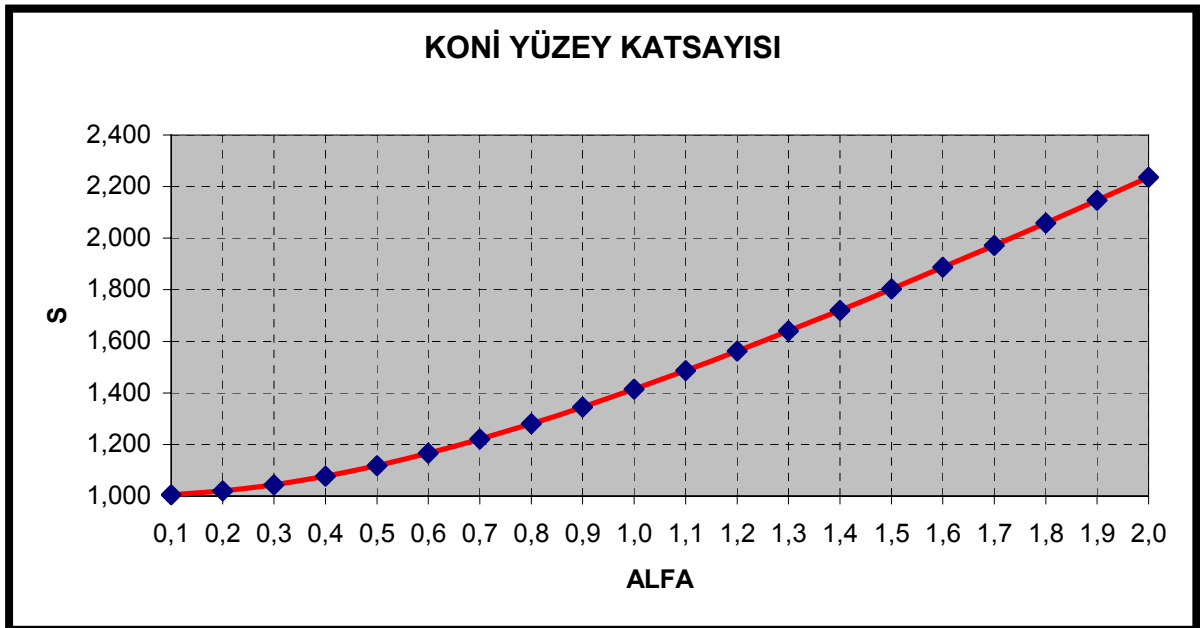
$s = \sqrt{\alpha^2 + 1}$ elde edilir. Burada α (1) eşitliği ile tanımlandığında koni yüze için,

$$s = \sqrt{\alpha^2 + 1} = \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \text{ olarak bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece r ve h değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.1 α 0,1 – 2,0 değer aralığında s yüzey katsayısı tablosu

Alfa	S
0,1	1,005
0,2	1,020
0,3	1,044
0,4	1,077
0,5	1,118
0,6	1,166
0,7	1,221
0,8	1,281
0,9	1,345
1,0	1,414
1,1	1,487
1,2	1,562
1,3	1,640
1,4	1,720
1,5	1,803
1,6	1,887
1,7	1,972
1,8	2,059
1,9	2,147
2,0	2,236



Şekil 5.2 s ve α değerlerine bağlı olarak koni yüzey katsayısı grafiği

5.1.2 Koni k Sabiti

k sabiti Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranıdır.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_k / A_i = \frac{Lw}{\pi r^2} = \frac{\left(\frac{na}{p}\right)_w}{\pi r^2}$$

Burada, n (3) eşitliği ile, a (2) eşitliği ile tanımlandığında,

$$k = \frac{\left(\frac{2\pi r}{w}\right)\left(\frac{r\sqrt{\alpha^2 + 1}}{p}\right)_w}{\pi r^2} = \frac{2\sqrt{\alpha^2 + 1}}{p} \text{ elde edilir. Burada, } \alpha \text{ (1) eşitliği ile tanımlandığında}$$

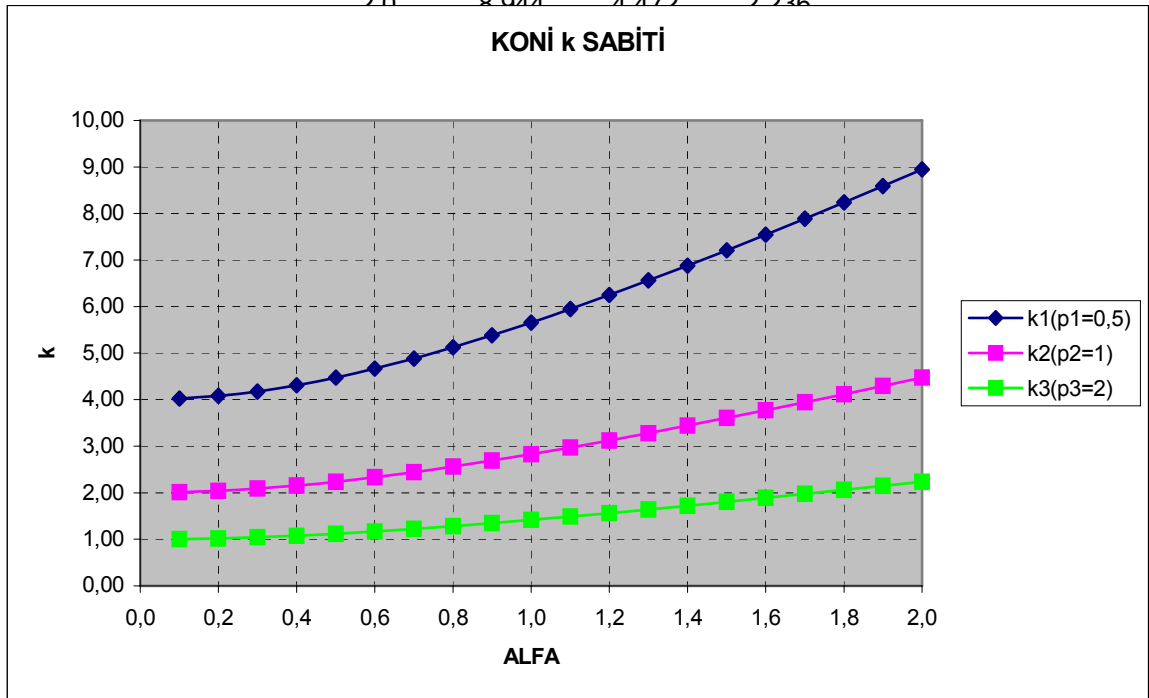
koni yüzey için k sabiti,

$$k = \frac{2\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}}{p} \text{ olarak bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece r ve h değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

Çizelge 5.2 α 0,1 – 2,0 değer aralığında p değerlerine göre k sabiti tablosu

Alfa	k1(p1=0,5)	k2(p2=1)	k3(p3=2)
0,1	4,020	2,010	1,005
0,2	4,079	2,040	1,020
0,3	4,176	2,088	1,044
0,4	4,308	2,154	1,077
0,5	4,472	2,236	1,118
0,6	4,665	2,332	1,166
0,7	4,883	2,441	1,221
0,8	5,122	2,561	1,281
0,9	5,381	2,691	1,345
1,0	5,657	2,828	1,414
1,1	5,946	2,973	1,487
1,2	6,248	3,124	1,562
1,3	6,560	3,280	1,640
1,4	6,882	3,441	1,720
1,5	7,211	3,606	1,803
1,6	7,547	3,774	1,887
1,7	7,889	3,945	1,972
1,8	8,237	4,118	2,059
1,9	8,588	4,294	2,147
2,0	8,944	4,472	2,236

Şekil 5.3 p ve α değerlerine bağlı olarak koni k sabiti grafiği

5.1.3 Koni Fire

Fire; Toplam Kumaş Alanının Yüzey Alanına oranıdır.

$$\text{Fire} = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{Yüzey Alanı} = A_k / A_y = \frac{\left(\frac{na}{p}\right)_w}{\pi r a}$$

Burada, n (3) eşitliği ile , a (2) eşitliği ile tanımlandığında,

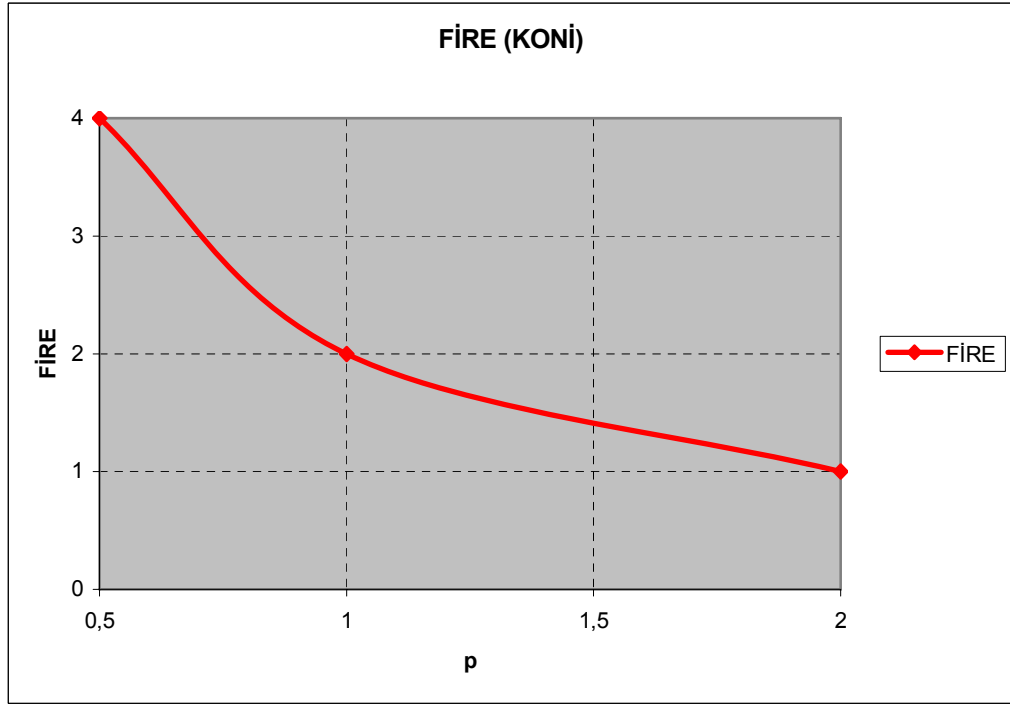
$$\text{Fire} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{w}\right)\left(\frac{r\sqrt{\alpha^2 + 1}}{p}\right)_w}{\pi r^2 \sqrt{\alpha^2 + 1}} = 2 / p \text{ elde edilir. Ayrıca, fireyi k sabitinin yüzey katsayısına oranından,}$$

$$\text{Fire} = k \text{ sabiti} / \text{Yüzey katsayısı} = \frac{k}{s} = \frac{2\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}}{p\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}} = 2 / p \text{ olarak da bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece p değişkenine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı ve ne kadar fire vereceği bilinebilecektir.

Çizelge 5.3 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu

p	FİRE
0,5	4
1	2
2	1



Şekil 5.4 p değerine bağlı olarak fire grafiği

5.2 Kesik Koni

Koni yüzeydeki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

h_a = Tam koni yüksekliği

$h_{\bar{u}}$ = Koninin kesilen kısmının yüksekliği

h = Kesik koni yüksekliği = $h_a - h_{\bar{u}}$

r_a =Kesik koni alt yarıçapı

$r_{\bar{u}}$ =Kesik koni üst yarıçapı

$$\alpha = \text{Yükseklik/ Taban Yarıçapı} = \frac{h_a}{r_a} = \frac{h_{\bar{u}}}{r_{\bar{u}}} \quad (1)$$

$$\beta = \text{üst yarıçap / alt yarıçap} = r_{\bar{u}} / r_a \quad (4)$$

$$A_i = \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \pi r_a^2$$

$$\zeta = \text{Kesik Koni Taban Çevresi} = 2 \pi r_a$$

w = Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = \zeta / w = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_a}{w} \quad (3)$$

p = Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 - 1 - 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = \frac{n \cdot a}{p}$$

$$a_a = \text{Tam koni yanal yüzey uzunluğu} = \sqrt{h_a^2 + r_a^2} \quad (\text{Hipotenüs}) \quad (5)$$

$$a_{\bar{u}} = \text{Koninin kesilen kısmının yanal yüzey uzunluğu} = \sqrt{h_{\bar{u}}^2 + r_{\bar{u}}^2} \quad (\text{Hipotenüs}) \quad (6)$$

$$a = \text{Kesik Koni Yanal Yüzey Uzunluğu} = a_a - a_{\bar{u}}$$

$$a = (\sqrt{h_a^2 + r_a^2}) - (\sqrt{h_{\bar{u}}^2 + r_{\bar{u}}^2})$$

Burada h, α olarak tanımlandığında,

$$a = (r_a \sqrt{\alpha^2 + 1}) - (r_{\bar{u}} \sqrt{\alpha^2 + 1}) = (\sqrt{\alpha^2 + 1}) (r_a - r_{\bar{u}}) \text{ bulunur. } r_{\bar{u}} \text{ (4) eşitliğinden}$$

yararlanılarak β olarak yazıldığında,

$$a = r_a (\sqrt{\alpha^2 + 1}) (1 - \beta) \text{ elde edilir.} \quad (7)$$

$$A_y = \text{Kesik Koni Yüzey Alanı} = \pi r_a a$$

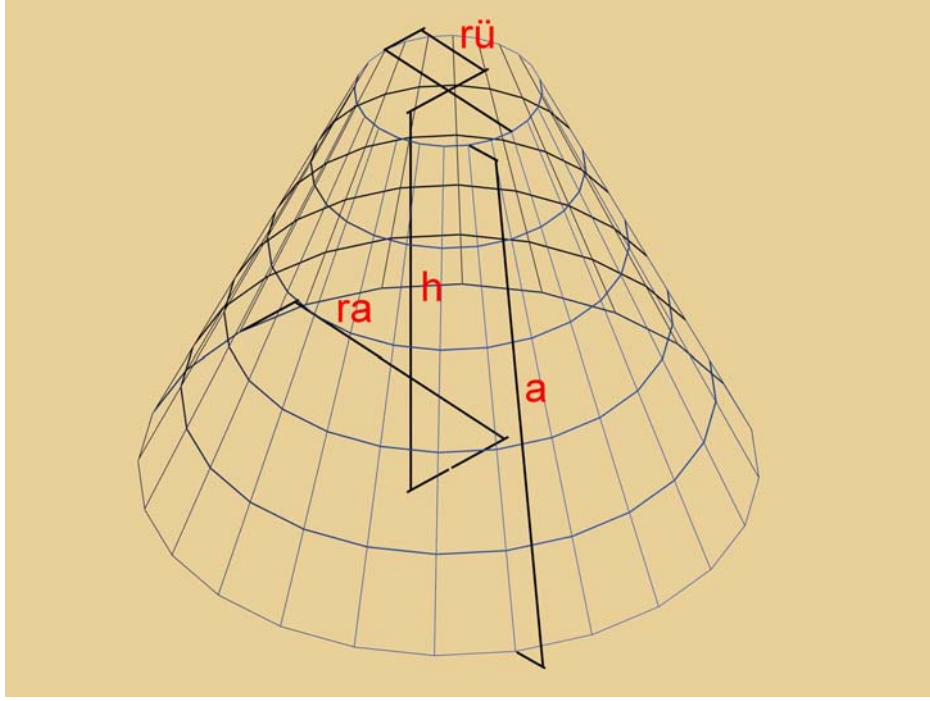
$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = L w = \frac{(na)}{p} w$$

n (3) eşitliği yerine yazıldığında,

$$A_k = \frac{(2\pi r_a a)}{p} \text{ elde edilir.}$$

5.2.1 Kesik Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranıdır.



Şekil 5.5 Kesik koni yüzeyi ve ayrıtları

$$s = \text{Kesik Koni Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \frac{\pi(r_a a_a - r_u a_u)}{\pi r_a^2}$$

Burada a_a (5) eşitliği, a_u (6) eşitliği ile tanımlandığında,

$$s = \frac{\pi \left(r_a \sqrt{h_a^2 + r_a^2} - r_u \sqrt{h_u^2 + r_u^2} \right)}{\pi r_a^2}, \text{ (2) eşitliğinden } r_a \text{ ve } r_u \text{ yazıldığında,}$$

$$s = \frac{\pi \left(r_a \sqrt{r_a^2 (\alpha^2 + 1)} - r_u \sqrt{r_u^2 (\alpha^2 + 1)} \right)}{\pi r_a^2} = \frac{\pi (r_a^2 - r_u^2) \sqrt{\alpha^2 + 1}}{\pi r_a^2} \text{ bulunur. (4) eşitliğinden } r_a \text{ ve } r_u$$

yazıldığında,

$$s = \frac{\pi r_a^2 (1 - \beta^2) \sqrt{\alpha^2 + 1}}{\pi r_a^2} = \sqrt{(\alpha^2 + 1)} (1 - \beta^2) \text{ elde edilir. Burada } \alpha \text{ ve } \beta \text{ için (1) ve (4) eşitlikleri}$$

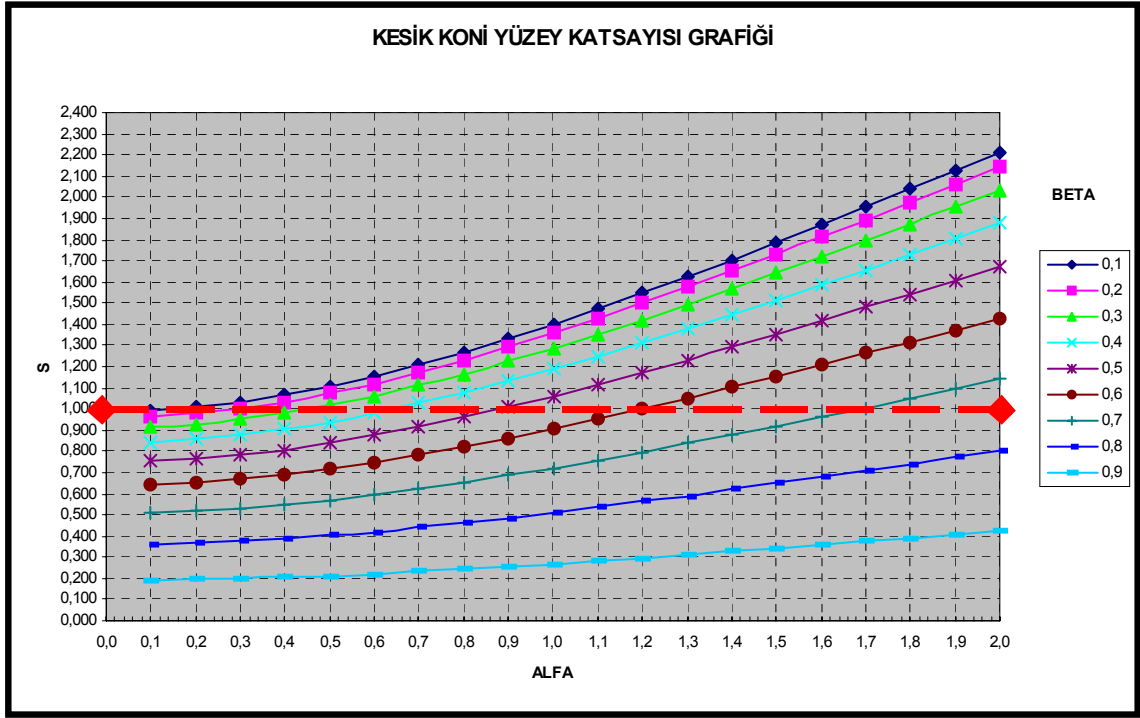
yazıldığında kesik koni için yüzey katsayısı,

$$s = \left(\sqrt{\left(\frac{h_a}{r_a} \right)^2 + 1} \right) \left(1 - \left(\frac{r_{\ddot{u}}}{r_a} \right)^2 \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece r_a , $r_{\ddot{u}}$ ve h_a değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunacaktır.

Çizelge 5.4 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında s yüzey katsayısı tablosu

ALFA \ BETA	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,995	0,965	0,915	0,844	0,754	0,643	0,513	0,362	0,191
0,2	1,010	0,979	0,928	0,857	0,765	0,653	0,520	0,367	0,194
0,3	1,034	1,002	0,950	0,877	0,783	0,668	0,532	0,376	0,198
0,4	1,066	1,034	0,980	0,905	0,808	0,689	0,549	0,388	0,205
0,5	1,107	1,073	1,017	0,939	0,839	0,716	0,570	0,402	0,212
0,6	1,155	1,120	1,061	0,980	0,875	0,746	0,595	0,420	0,222
0,7	1,208	1,172	1,111	1,025	0,915	0,781	0,623	0,439	0,232
0,8	1,268	1,229	1,165	1,076	0,960	0,820	0,653	0,461	0,243
0,9	1,332	1,292	1,224	1,130	1,009	0,861	0,686	0,484	0,256
1,0	1,400	1,358	1,287	1,188	1,061	0,905	0,721	0,509	0,269
1,1	1,472	1,427	1,353	1,249	1,115	0,951	0,758	0,535	0,282
1,2	1,546	1,500	1,421	1,312	1,172	1,000	0,797	0,562	0,297
1,3	1,624	1,575	1,493	1,378	1,230	1,050	0,836	0,590	0,312
1,4	1,703	1,652	1,566	1,445	1,290	1,101	0,877	0,619	0,327
1,5	1,785	1,731	1,641	1,514	1,352	1,154	0,919	0,649	0,343
1,6	1,868	1,811	1,717	1,585	1,415	1,208	0,962	0,679	0,358
1,7	1,953	1,893	1,795	1,657	1,479	1,262	1,006	0,710	0,375
1,8	2,039	1,977	1,874	1,730	1,544	1,318	1,050	0,741	0,391
1,9	2,126	2,061	1,954	1,804	1,610	1,374	1,095	0,773	0,408
2,0	2,214	2,147	2,035	1,878	1,677	1,431	1,140	0,805	0,425



Şekil 5.6 s, α , β değerlerine bağlı olarak kesik koni yüzey katsayısı grafiği

5.2.2 Kesik Koni k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile r_a , r_u , h ve p değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_k / A_i = \frac{\left(\frac{2\pi r_a a}{p} \right)}{\pi r_a a} = \frac{2a}{p r_a} \text{ burada a yerine}$$

(7) eşitliği yazıldığında,

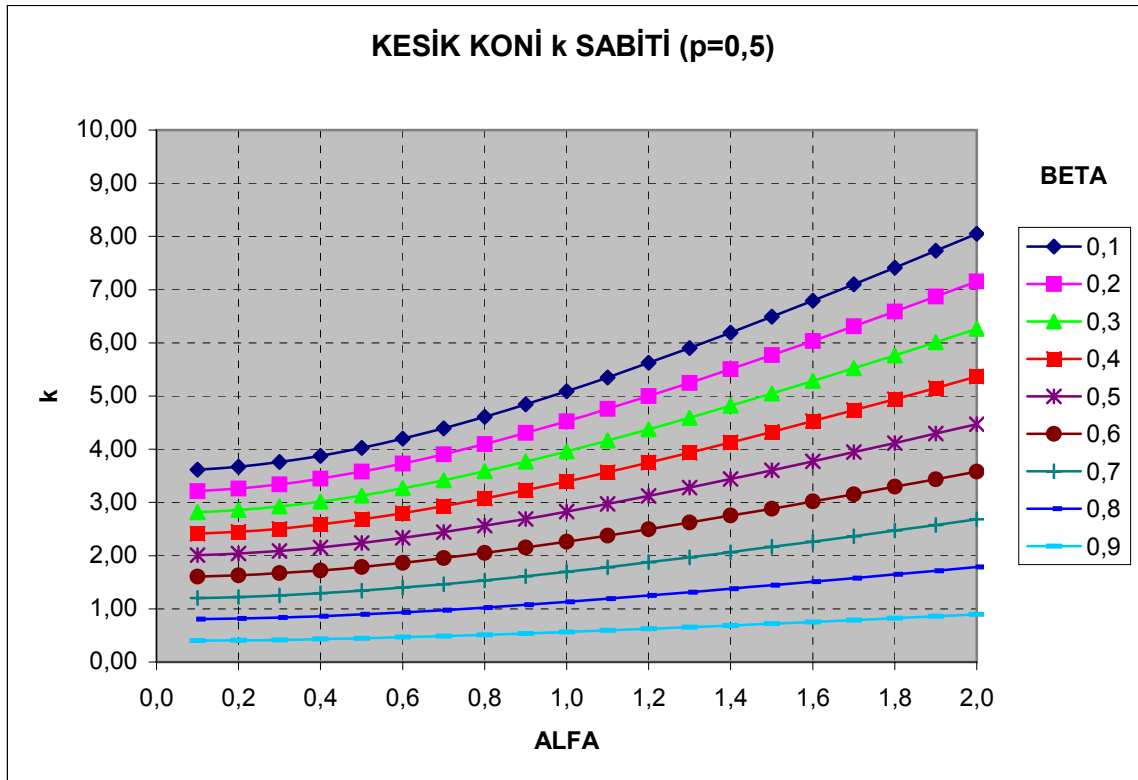
$$k = \frac{2r_a(1-\beta)\sqrt{\alpha^2+1}}{p r_a} = \frac{2(1-\beta)\sqrt{\alpha^2+1}}{p} \text{ elde edilir.}$$

Burada α ve β için (1) ve (4) eşitlikleri yazıldığında kesik koni için kesik koni k sabiti,

$$k = \frac{2 \left(1 - \left(\frac{r_u}{r_a} \right) \right) \sqrt{\left(\frac{h_a}{r_a} \right)^2 + 1}}{p} \text{ olarak bulunur.}$$

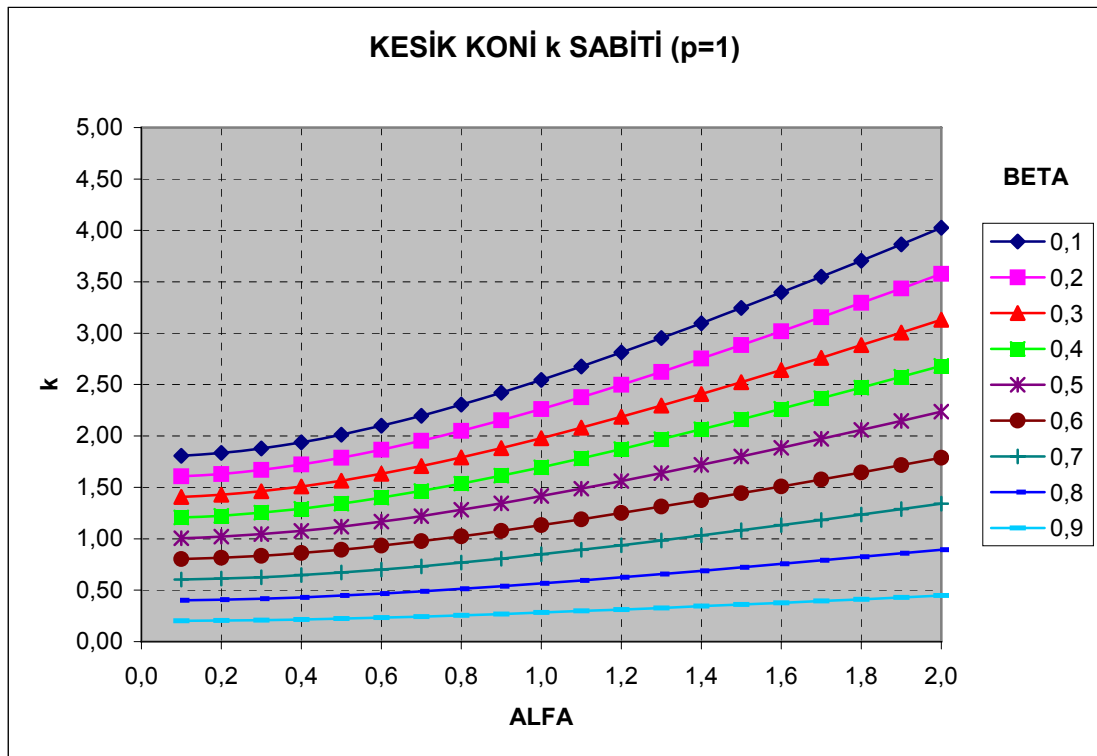
Çizelge 5.5 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında $p = 0,5$ için k sabiti tablosu

ALFA / BETA	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	3,6180	3,2160	2,8140	2,4120	2,0100	1,6080	1,2060	0,8040	0,4020
0,2	3,6713	3,2634	2,8555	2,4475	2,0396	1,6317	1,2238	0,8158	0,4079
0,3	3,7585	3,3409	2,9233	2,5057	2,0881	1,6704	1,2528	0,8352	0,4176
0,4	3,8773	3,4465	3,0157	2,5849	2,1541	1,7233	1,2924	0,8616	0,4308
0,5	4,0249	3,5777	3,1305	2,6833	2,2361	1,7889	1,3416	0,8944	0,4472
0,6	4,1983	3,7318	3,2653	2,7989	2,3324	1,8659	1,3994	0,9330	0,4665
0,7	4,3944	3,9061	3,4178	2,9296	2,4413	1,9530	1,4648	0,9765	0,4883
0,8	4,6102	4,0980	3,5857	3,0735	2,5612	2,0490	1,5367	1,0245	0,5122
0,9	4,8433	4,3052	3,7670	3,2289	2,6907	2,1526	1,6144	1,0763	0,5381
1,0	5,0912	4,5255	3,9598	3,3941	2,8284	2,2627	1,6971	1,1314	0,5657
1,1	5,3518	4,7571	4,1625	3,5679	2,9732	2,3786	1,7839	1,1893	0,5946
1,2	5,6234	4,9986	4,3737	3,7489	3,1241	2,4993	1,8745	1,2496	0,6248
1,3	5,9044	5,2484	4,5923	3,9363	3,2802	2,6242	1,9681	1,3121	0,6560
1,4	6,1937	5,5055	4,8173	4,1291	3,4409	2,7527	2,0646	1,3764	0,6882
1,5	6,4900	5,7689	5,0478	4,3267	3,6056	2,8844	2,1633	1,4422	0,7211
1,6	6,7925	6,0377	5,2830	4,5283	3,7736	3,0189	2,2642	1,5094	0,7547
1,7	7,1003	6,3114	5,5225	4,7335	3,9446	3,1557	2,3668	1,5778	0,7889
1,8	7,4129	6,5892	5,7656	4,9419	4,1183	3,2946	2,4710	1,6473	0,8237
1,9	7,7295	6,8707	6,0119	5,1530	4,2942	3,4353	2,5765	1,7177	0,8588
2,0	8,0498	7,1554	6,2610	5,3666	4,4721	3,5777	2,6833	1,7889	0,8944

Şekil 5.7 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği

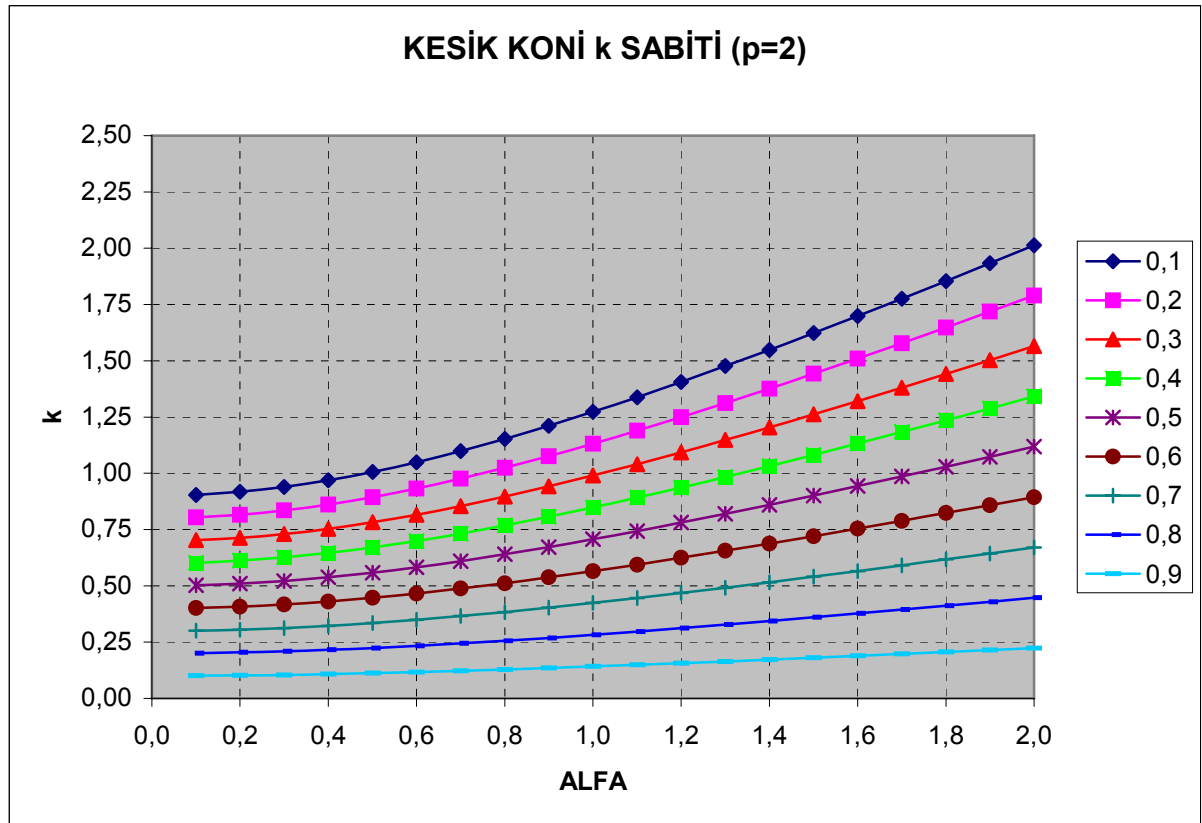
Çizelge 5.6 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında $p = 1$ için k sabiti tablosu

ALFA / BETA	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	1,8090	1,6080	1,4070	1,2060	1,0050	0,8040	0,6030	0,4020	0,2010
0,2	1,8356	1,6317	1,4277	1,2238	1,0198	0,8158	0,6119	0,4079	0,2040
0,3	1,8793	1,6704	1,4616	1,2528	1,0440	0,8352	0,6264	0,4176	0,2088
0,4	1,9387	1,7233	1,5078	1,2924	1,0770	0,8616	0,6462	0,4308	0,2154
0,5	2,0125	1,7889	1,5652	1,3416	1,1180	0,8944	0,6708	0,4472	0,2236
0,6	2,0991	1,8659	1,6327	1,3994	1,1662	0,9330	0,6997	0,4665	0,2332
0,7	2,1972	1,9530	1,7089	1,4648	1,2207	0,9765	0,7324	0,4883	0,2441
0,8	2,3051	2,0490	1,7929	1,5367	1,2806	1,0245	0,7684	0,5122	0,2561
0,9	2,4217	2,1526	1,8835	1,6144	1,3454	1,0763	0,8072	0,5381	0,2691
1,0	2,5456	2,2627	1,9799	1,6971	1,4142	1,1314	0,8485	0,5657	0,2828
1,1	2,6759	2,3786	2,0812	1,7839	1,4866	1,1893	0,8920	0,5946	0,2973
1,2	2,8117	2,4993	2,1869	1,8745	1,5620	1,2496	0,9372	0,6248	0,3124
1,3	2,9522	2,6242	2,2962	1,9681	1,6401	1,3121	0,9841	0,6560	0,3280
1,4	3,0968	2,7527	2,4087	2,0646	1,7205	1,3764	1,0323	0,6882	0,3441
1,5	3,2450	2,8844	2,5239	2,1633	1,8028	1,4422	1,0817	0,7211	0,3606
1,6	3,3962	3,0189	2,6415	2,2642	1,8868	1,5094	1,1321	0,7547	0,3774
1,7	3,5502	3,1557	2,7612	2,3668	1,9723	1,5778	1,1834	0,7889	0,3945
1,8	3,7064	3,2946	2,8828	2,4710	2,0591	1,6473	1,2355	0,8237	0,4118
1,9	3,8648	3,4353	3,0059	2,5765	2,1471	1,7177	1,2883	0,8588	0,4294
2,0	4,0249	3,5777	3,1305	2,6833	2,2361	1,7889	1,3416	0,8944	0,4472

Şekil 5.8 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği

Çizelge 5.7 α (0,1 – 2,0) ve β (0,1 – 0,9) değer aralığında $p = 2$ için k sabiti tablosu

ALFA / BETA	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,9045	0,8040	0,7035	0,6030	0,5025	0,4020	0,3015	0,2010	0,1005
0,2	0,9178	0,8158	0,7139	0,6119	0,5099	0,4079	0,3059	0,2040	0,1020
0,3	0,9396	0,8352	0,7308	0,6264	0,5220	0,4176	0,3132	0,2088	0,1044
0,4	0,9693	0,8616	0,7539	0,6462	0,5385	0,4308	0,3231	0,2154	0,1077
0,5	1,0062	0,8944	0,7826	0,6708	0,5590	0,4472	0,3354	0,2236	0,1118
0,6	1,0496	0,9330	0,8163	0,6997	0,5831	0,4665	0,3499	0,2332	0,1166
0,7	1,0986	0,9765	0,8545	0,7324	0,6103	0,4883	0,3662	0,2441	0,1221
0,8	1,1526	1,0245	0,8964	0,7684	0,6403	0,5122	0,3842	0,2561	0,1281
0,9	1,2108	1,0763	0,9418	0,8072	0,6727	0,5381	0,4036	0,2691	0,1345
1,0	1,2728	1,1314	0,9899	0,8485	0,7071	0,5657	0,4243	0,2828	0,1414
1,1	1,3379	1,1893	1,0406	0,8920	0,7433	0,5946	0,4460	0,2973	0,1487
1,2	1,4058	1,2496	1,0934	0,9372	0,7810	0,6248	0,4686	0,3124	0,1562
1,3	1,4761	1,3121	1,1481	0,9841	0,8201	0,6560	0,4920	0,3280	0,1640
1,4	1,5484	1,3764	1,2043	1,0323	0,8602	0,6882	0,5161	0,3441	0,1720
1,5	1,6225	1,4422	1,2619	1,0817	0,9014	0,7211	0,5408	0,3606	0,1803
1,6	1,6981	1,5094	1,3208	1,1321	0,9434	0,7547	0,5660	0,3774	0,1887
1,7	1,7751	1,5778	1,3806	1,1834	0,9862	0,7889	0,5917	0,3945	0,1972
1,8	1,8532	1,6473	1,4414	1,2355	1,0296	0,8237	0,6177	0,4118	0,2059
1,9	1,9324	1,7177	1,5030	1,2883	1,0735	0,8588	0,6441	0,4294	0,2147
2,0	2,0125	1,7889	1,5652	1,3416	1,1180	0,8944	0,6708	0,4472	0,2236

Şekil 5.9 α ve β değerlerine bağlı k sabiti grafiği

5.2.3 Kesik Koni Fire

Fire; Toplam Kumaş Alanının Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla r_a , r_u ve p değişkenlerine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı ve ne kadar fire vereceği bilinebilecektir.

Fire = Toplam Kumaş Alanı / Yüzey Alanı = k / s ' dir.

$$\text{Fire} = \frac{\left(\frac{2(1-\beta)\sqrt{\alpha^2+1}}{p} \right)}{(1-\beta^2)\sqrt{\alpha^2+1}} = \frac{2}{p(1+\beta)}$$

elde edilir. β için (4) eşitliği yazıldığında kesik koni

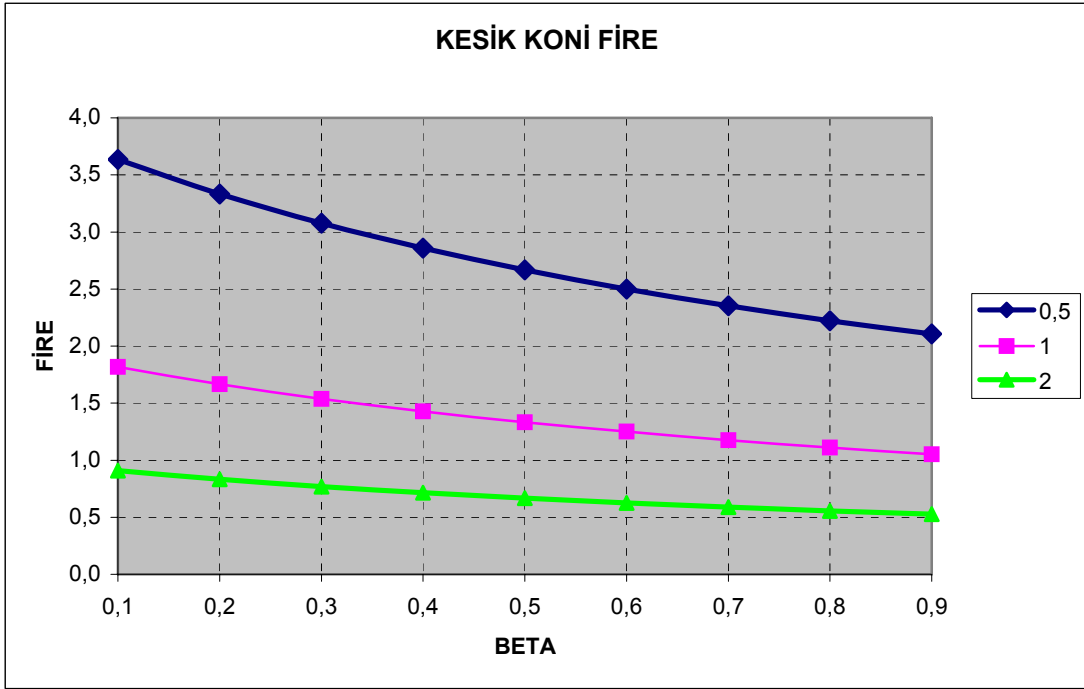
için fire,

$$\text{Fire} = \frac{2}{p \left(1 + \left(\frac{r_u}{r_a} \right) \right)}$$

olarak bulunur.

Çizelge 5.8 p (0,5 – 2) ve β ' ya bağlı fire tablosu

BETA / p	0,5	1	2
0,1	3,636	1,818	0,909
0,2	3,333	1,667	0,833
0,3	3,077	1,538	0,769
0,4	2,857	1,429	0,714
0,5	2,667	1,333	0,667
0,6	2,500	1,250	0,625
0,7	2,353	1,176	0,588
0,8	2,222	1,111	0,556
0,9	2,105	1,053	0,526



Şekil 5.10 p ve β değerine bağlı olarak fire grafiği

5.3 Hiperboloid 1

Düşey düzlemle kesilmiş bir hiperboloid yüzeyin yatayda çadır olarak kullanıldığı bir negatif Gauss eğriliği yüzeydir. Bu yüzeydeki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

t = Hiperboloid eni

z = Hiperboloid boyu

A_i = Hiperboloid izdüşüm plan alanı = $t z$

t' = Hiperboloid orta bölgedeki eni

$t' = t - 2f = t - 2\sigma g = t - 2\sigma \varepsilon t = t(1 - 2\sigma \varepsilon)$

f = Hiperboloid Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği

g = Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği

g' = Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Orta Bölgedeki Derinliği

$g' = g - f$

$$\varepsilon = g / t \quad (11)$$

$$\sigma = f / z \quad (12)$$

l= Hiperboloid Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğu

$$l = z \frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2} \right) \quad (10) \text{ (Radian)} (\text{Ishler, M., 1995})$$

c= Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğu

$$c = t \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \quad (8) \text{ (Radian)} (\text{Ishler, M., 1995})$$

c' = Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Orta Bölgedeki Yay Uzunluğu

$$c' = t(1 - 2\sigma\varepsilon) \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right)$$

$$c' = t \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \quad (9) \text{ (Radian)} (\text{Ishler, M., 1995})$$

w = Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = c / w \quad (13)$$

p = Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 – 1 – 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = \frac{nl}{p}$$

$$A_y = \text{Hiperboloid yüzey alanı} = (c + c')l$$

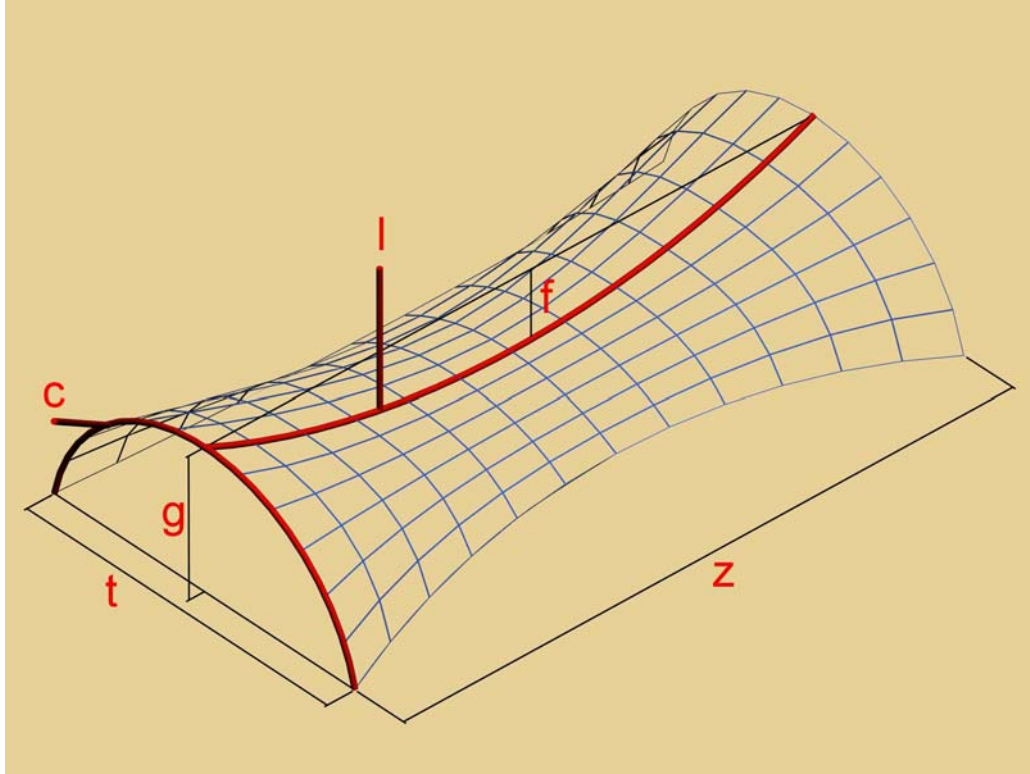
$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = L w = \frac{(nl)}{p} w$$

Burada n, (13) eşitliği yerine yazıldığında,

$$A_k = \frac{(cl)}{p} \text{ elde edilir.}$$

5.3.1 Hiperboloid 1 Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının plan alanına oranıdır.



Şekil 5.11 Hiperboloid 1 yüzeyi ve ayrıtları

$$s = \text{Hiperboloid Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \frac{(c + c')}{tz} l$$

Burada c ve c' için (8) ve (9) eşitlikleri yerine konduğunda,

$$s = \frac{t(1 - 2\sigma\varepsilon) \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2}\right) + t \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2}\right)}{tz} l$$

$$s = \frac{2t(1 - \sigma\varepsilon) \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2}\right)}{tz} l \text{ olarak bulunur. Burada } l, (10)\text{eşitliği ile}$$

tanımlandığında,

$$s = \frac{2t(1 - \sigma\varepsilon) \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2}\right) \left(\frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2}\right)}{tz}$$

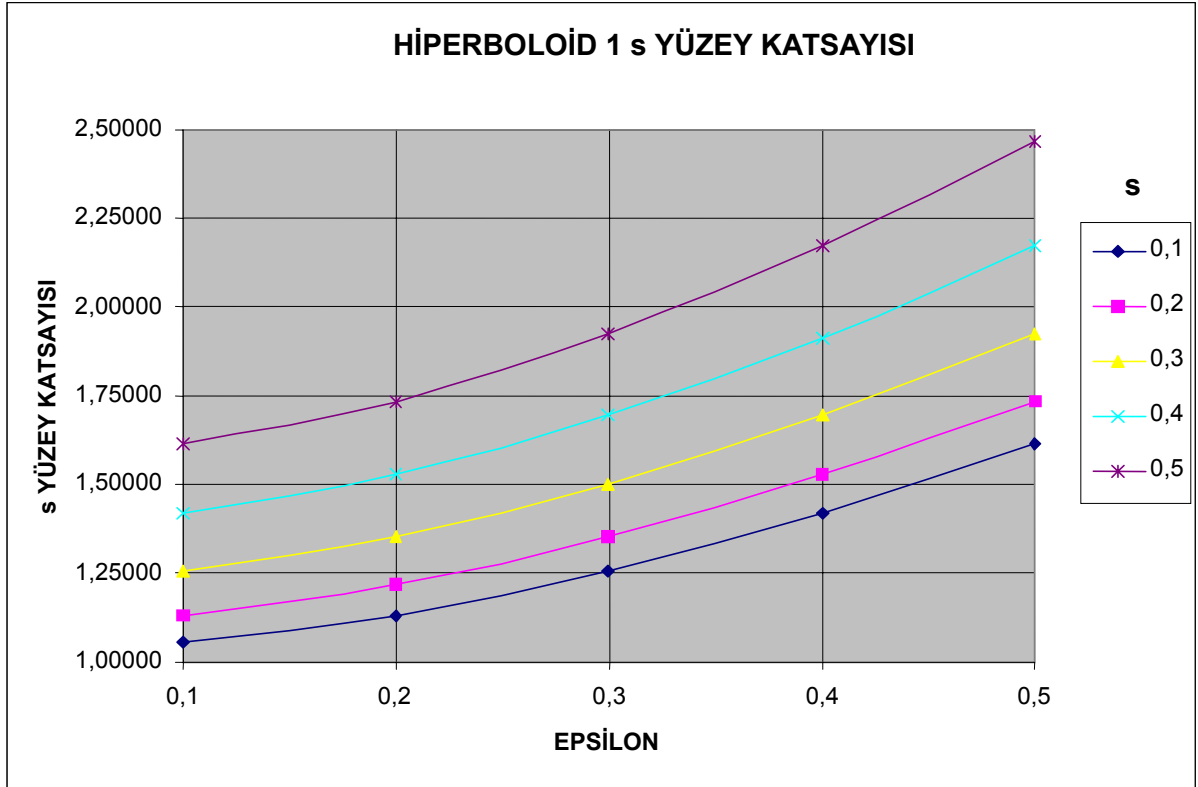
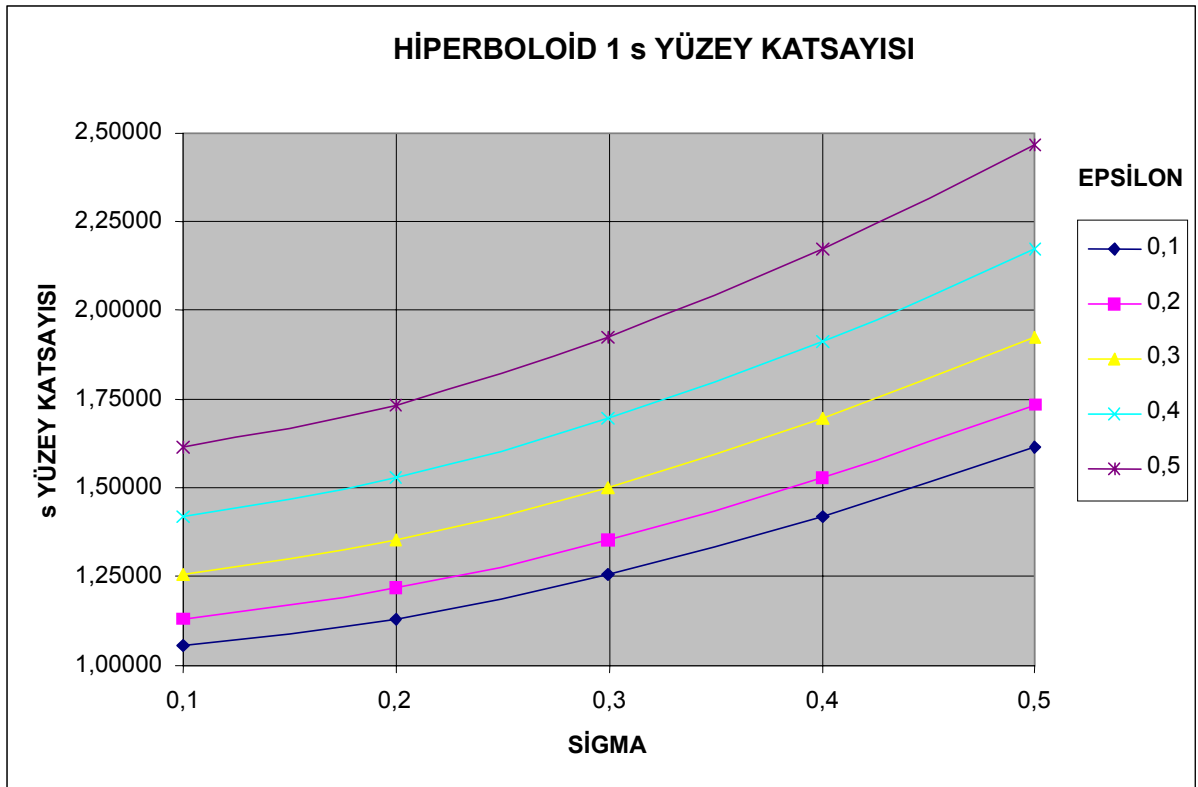
$s = 2(1 - \sigma\varepsilon) \left(\frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \left(\frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2} \right)$ elde edilir. Burada σ ve ε yerine (11) ve (12) eşitlikleri konduğunda yüzey katsayısı,

$$s = 2 \left(1 - \frac{fg}{zt} \right) \left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece t, z, g ve f değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.9 ε ve σ ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
	1,026457	1,103468	1,224951	1,383219	1,570796	
0,1	1,026457	1,05361	1,13266	1,25736	1,41981	1,61235
0,2	1,103468	1,13266	1,21764	1,35169	1,52634	1,73332
0,3	1,224951	1,25736	1,35169	1,50050	1,69438	1,92415
0,4	1,383219	1,41981	1,52634	1,69438	1,91329	2,17276
0,5	1,570796	1,61235	1,73332	1,92415	2,17276	2,46740

Şekil 5.12 ϵ ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiğiŞekil 5.13 ϵ ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği

5.3.2 Hiperboloid 1 k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile t, z, g, f ve p değişkenleri formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \frac{(cl)}{p}$$

Burada c ve l, (8) ve (10) eşitlikleri ile tanımlandığında,

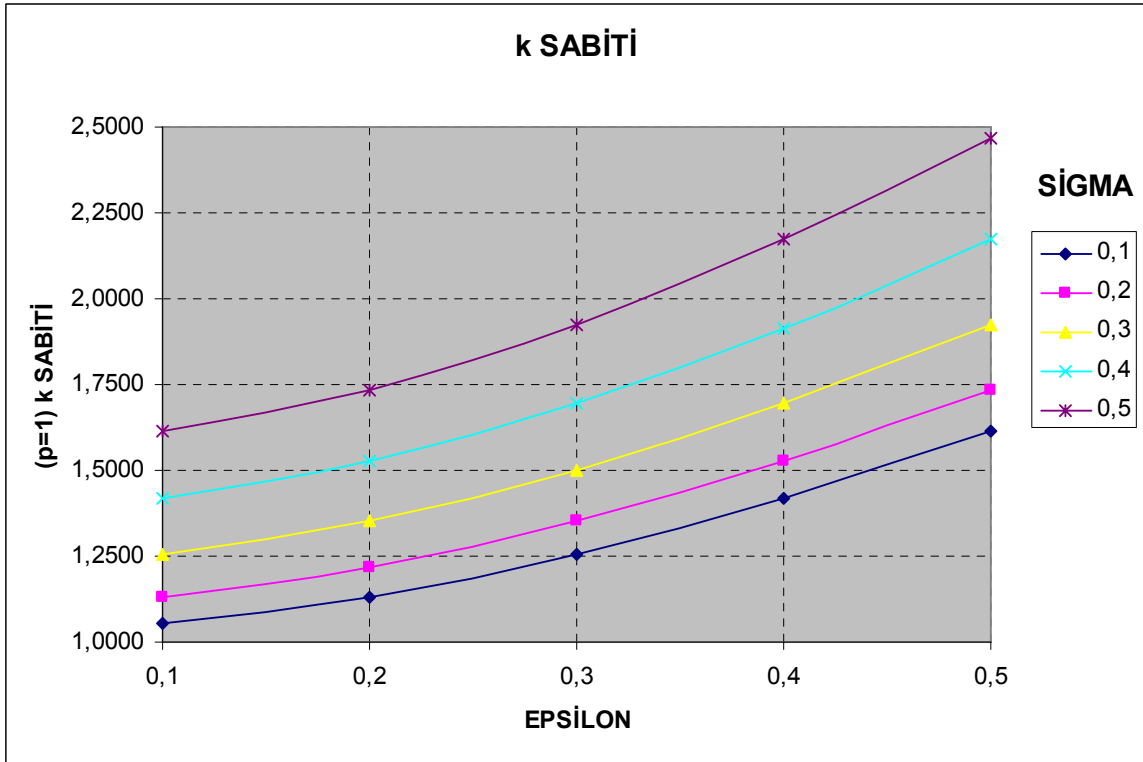
$$k = \frac{\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2}\right) \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2}\right)}{p} \text{ bulunur. Burada } \sigma \text{ ve } \varepsilon \text{ yerine (11)}$$

ve (12) eşitlikleri konduğunda k sabiti,

$$k = \frac{\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2}\right) \left(\frac{z^2+4f^2}{4fz}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2}\right)}{p} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.10 ε ve σ ' ya bağlı k sabiti tablosu (p= 1 için)

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5						
	1,0265	1,1035	1,2250	1,3832	1,5708						
0,1	1,0265	1,0536	1,0536	1,1327	1,1327	1,2574	1,2574	1,4198	1,4198	1,6124	1,6124
0,2	1,1035	1,1327	1,1327	1,2176	1,2176	1,3517	1,3517	1,5263	1,5263	1,7333	1,7333
0,3	1,2250	1,2574	1,2574	1,3517	1,3517	1,5005	1,5005	1,6944	1,6944	1,9241	1,9241
0,4	1,3832	1,4198	1,4198	1,5263	1,5263	1,6944	1,6944	1,9133	1,9133	2,1728	2,1728
0,5	1,5708	1,6124	1,6124	1,7333	1,7333	1,9241	1,9241	2,1728	2,1728	2,4674	2,4674



Şekil 5.14 ε ve σ ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p = 1$ için)

5.3.3 Hiperboloid 1 Fire

Toplam Kumaş Alanının Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla p , σ , ε değişkenlerine bağlı olarak üretim aşamasında kumaşa ne kadar fire vereceği bilinebilecektir.

Fire= Toplam Kumaş Alanı / Hiperboloid Yüzey Alanı = k / s

$$\frac{\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon}\right) \cos^{-1}\left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2}\right) \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma}\right) \cos^{-1}\left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2}\right)}{p}$$

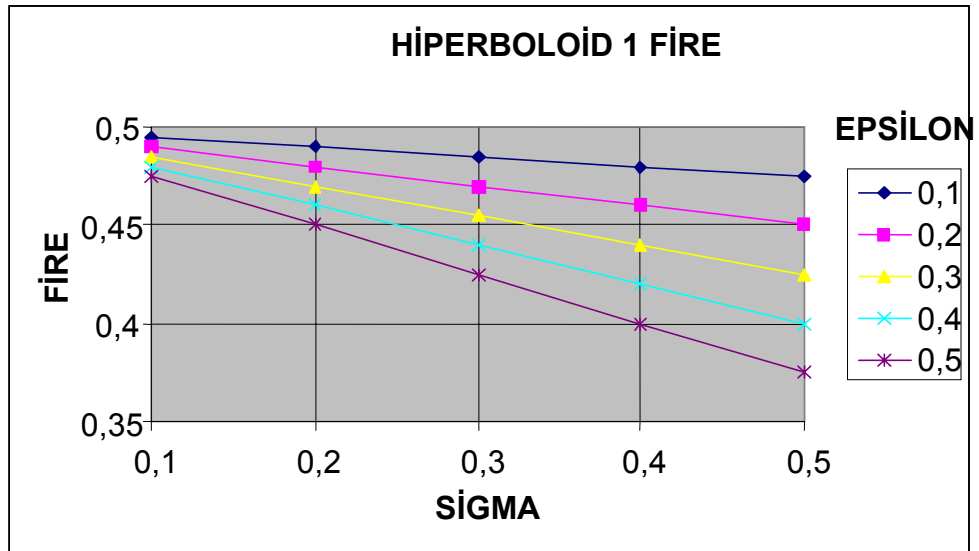
$$\text{Fire} = \frac{p}{2(1-\sigma\varepsilon) \left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon}\right) \cos^{-1}\left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2}\right) \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma}\right) \cos^{-1}\left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2}\right)}$$

$\text{Fire} = \frac{1}{2p(1-\sigma\varepsilon)}$ bulunur. Burada σ ve ε yerine (11) ve (12) eşitlikleri konduğunda,

$$\text{Fire} = \frac{zt}{2p(zt - fg)}$$
 olarak bulunur.

Çizelge 5.11 $p = 1$ için ε ve σ' ya bağlı fire tablosu

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	0,495	0,49	0,485	0,48	0,475
0,2	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45
0,3	0,485	0,47	0,455	0,44	0,425
0,4	0,48	0,46	0,44	0,42	0,4
0,5	0,475	0,45	0,425	0,4	0,375

Şekil 5.15 $p = 1$ için ε ve σ' ya bağlı fire grafiği

5.4 Hiperboloid 2

Hiperboloid 2 yüzeydeki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

h=Yükseklik

r= Hiperboloid 2 Yarıçapı

$$\alpha = \text{Yükseklik/ Taban Yarıçapı} = \frac{h}{r} \quad (1)$$

$$a = \text{Yanal Yüzey Uzunluğu} = \sqrt{h^2 + r^2} \quad (\text{Hipotenüs})$$

$$\text{Burada } h, \alpha \text{ olarak tanımlandığında } a = \sqrt{\alpha^2 r^2 + r^2} = \sqrt{(\alpha^2 + 1)r^2} = r \sqrt{\alpha^2 + 1} \text{ olur. } (2)$$

f= Yayın Eğrilik Derinliği

$$A_i = \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \pi r^2$$

$$\Ç = \text{Hiperboloid 2 Taban Çevresi} = 2 \pi r$$

w =Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = \Ç / w = 2 \pi r / w \quad (3)$$

p=Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 – 1 – 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = n l / p$$

$$\gamma = \text{Yayın Eğrilik Derinliği / Yanal Yüzey Uzunluğu} = f / a \quad (0 < f \leq a/4) \quad (14)$$

l=Yanal Yüzey Yay Uzunluğu

$$l = \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4f} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right) \quad (\text{Radian}) \quad (\text{Ishler, M., 1995})$$

f, (14) eşitliğinden yararlanarak γ ile ifade edildiğinde,

$$l = \left(\frac{a^2 + 4\gamma^2 a^2}{4\gamma a} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4\gamma^2 a^2}{a^2 + 4\gamma^2 a^2} \right) = \left(\frac{a^2(1 + 4\gamma^2)}{4\gamma a} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2(1 - 4\gamma^2)}{a^2(1 + 4\gamma^2)} \right)$$

$$l = \left(\frac{a(1 + 4\gamma^2)}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right)$$

Buradaki a , (2) eşitliği ile tanımlandığında,

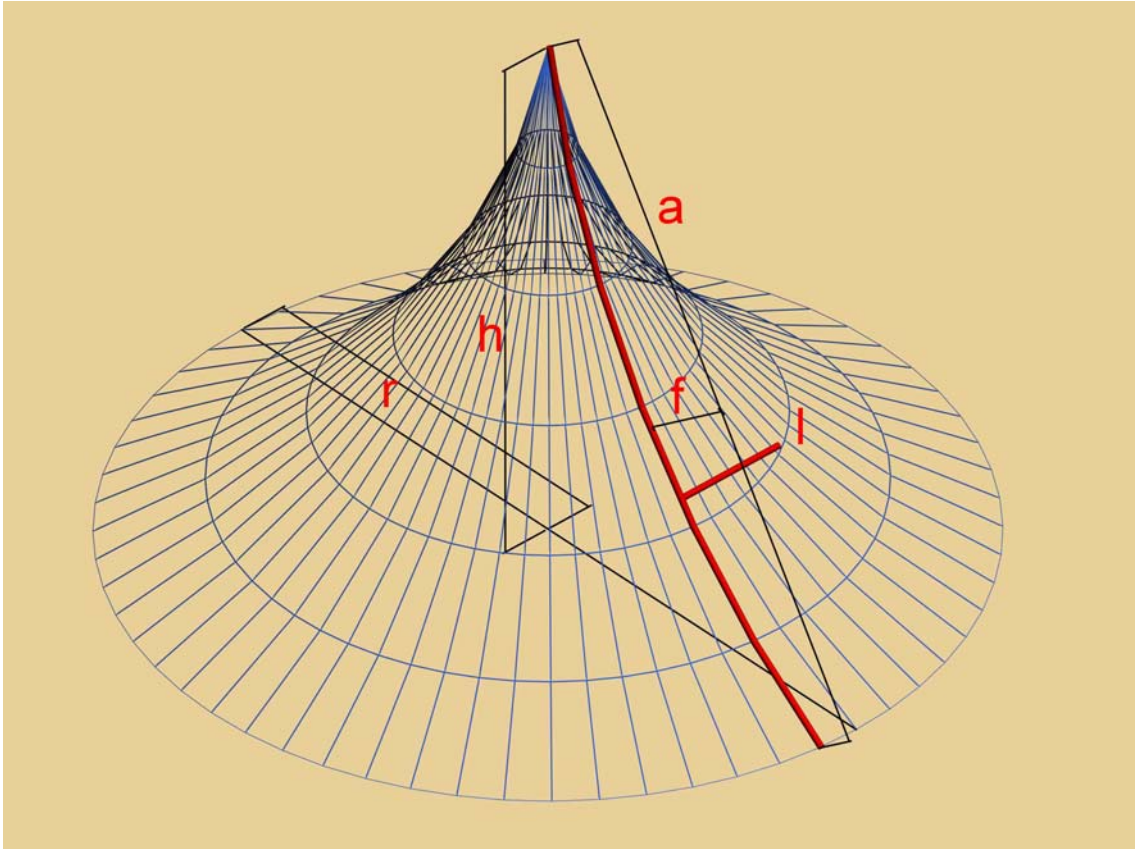
$$l = r \left(\sqrt{\alpha^2 + 1} \right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right) \text{ elde edilir.} \quad (\text{Radian}) \quad (15)$$

$$A_y = \text{Hiperboloid 2 Yüzey Alanı} = \pi r l$$

$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = w L = \frac{wnl}{p}$$

5.4.1 Hiperboloid 2 Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranıdır.



Şekil 5.16 Hiperboloid 2 yüzeyi ve ayrıtları

$$s = \text{Hiperboloid 2 Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_y / A_i = \frac{\pi r l}{\pi r^2} = \frac{l}{r}$$

l , (15) eşitliği ile tanımlandığında,

$$s = \frac{\left(r\sqrt{\alpha^2 + 1}\right)\left(\frac{1+4\gamma^2}{4\gamma}\right)\text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2}\right)}{r} \quad (\text{Radian})$$

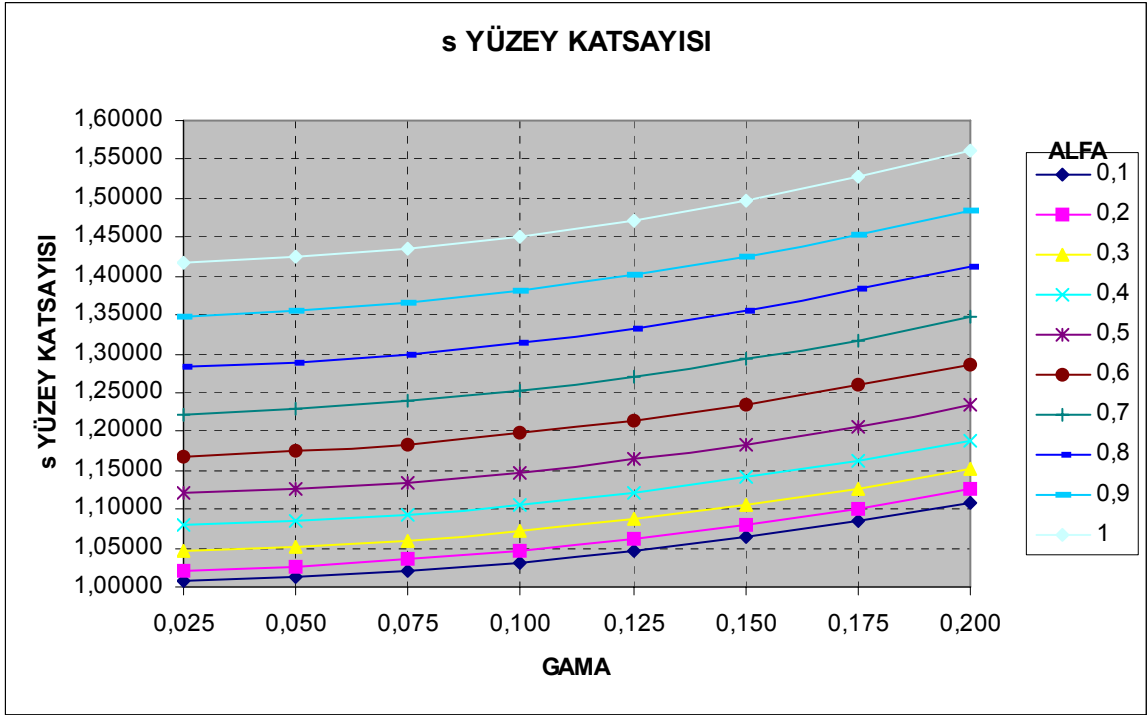
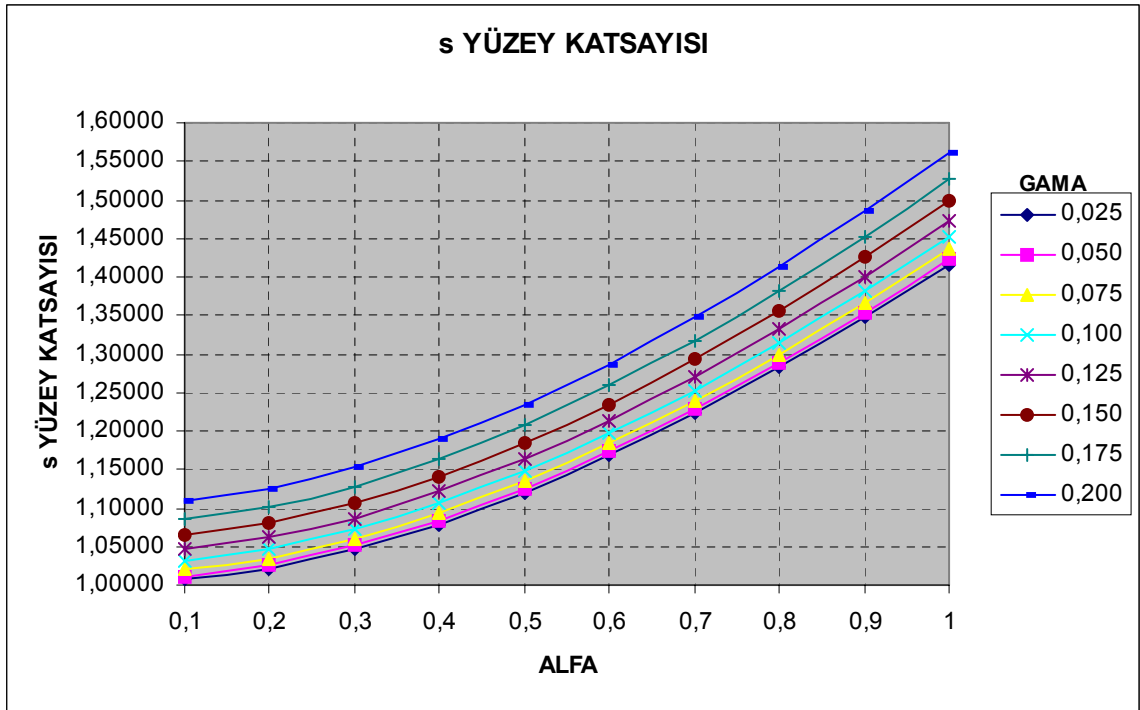
$s = \left(\sqrt{\alpha^2 + 1}\right)\left(\frac{1+4\gamma^2}{4\gamma}\right)\text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2}\right)$ elde edilir. Burada α ve γ , (1) ve (14) eşitlikleri ile tanımlandığına,

$$s = \left(\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}\right)\left(\frac{a^2 + 4f^2}{4fa}\right)\text{Cos}^{-1}\left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2}\right) \text{ olarak bulunur.}$$

Bu katsayı sayesinde sadece r, h, f ve a değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.12 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu

$\gamma \setminus \alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,025	1,00666	1,02150	1,04577	1,07883	1,11990	1,16813	1,22269	1,28276	1,34760	1,41657
0,050	1,01167	1,02659	1,05098	1,08420	1,12547	1,17395	1,22878	1,28915	1,35431	1,42362
0,075	1,02000	1,03503	1,05962	1,09312	1,13473	1,18361	1,23888	1,29975	1,36545	1,43533
0,100	1,03158	1,04678	1,07165	1,10553	1,14761	1,19704	1,25295	1,31451	1,38096	1,45163
0,125	1,04635	1,06178	1,08700	1,12136	1,16405	1,21419	1,27090	1,33333	1,40074	1,47242
0,150	1,06424	1,07993	1,10559	1,14053	1,18395	1,23495	1,29263	1,35613	1,42468	1,49760
0,175	1,08515	1,10115	1,12731	1,16294	1,20721	1,25921	1,31802	1,38277	1,45267	1,52702
0,200	1,10897	1,12532	1,15205	1,18847	1,23372	1,28685	1,34695	1,41313	1,48457	1,56054

Şekil 5.17 α ve γ ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiğiŞekil 5.18 α ve γ ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği

5.4.2 Hiperboloid 2 k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile r, h, f, a ve p değişkenleri formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_k / A_i = \frac{\left(\frac{nlw}{p}\right)}{\pi r^2}$$

Burada n, (3) eşitliği ile tanımlandığında,

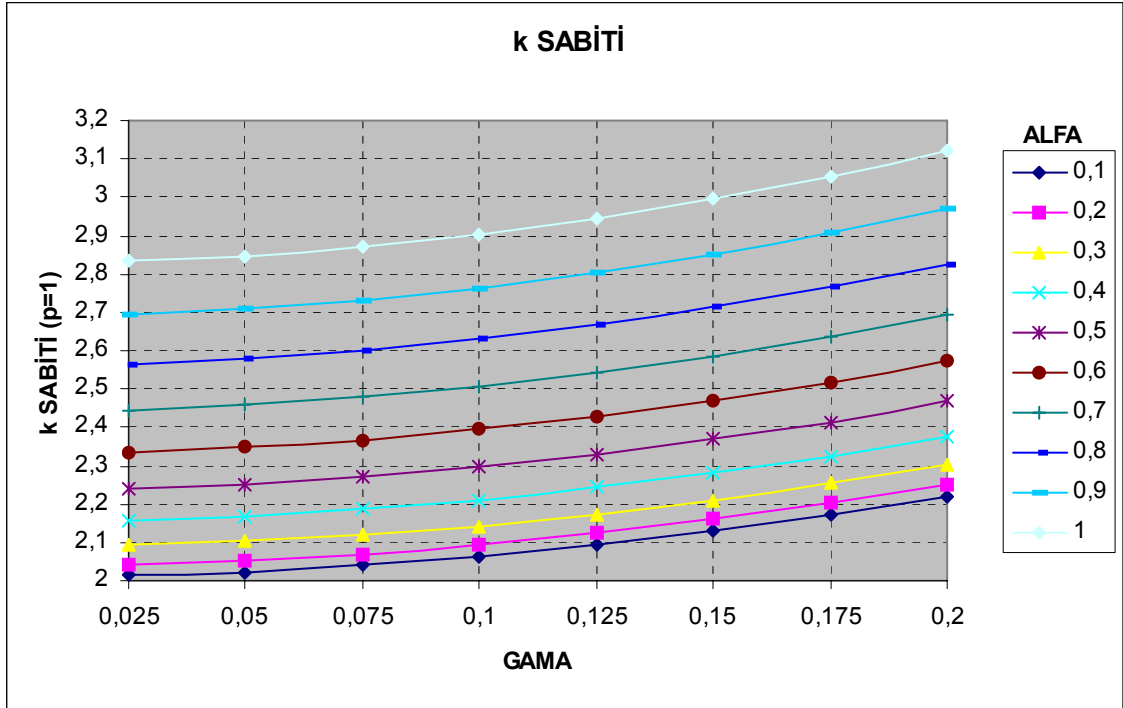
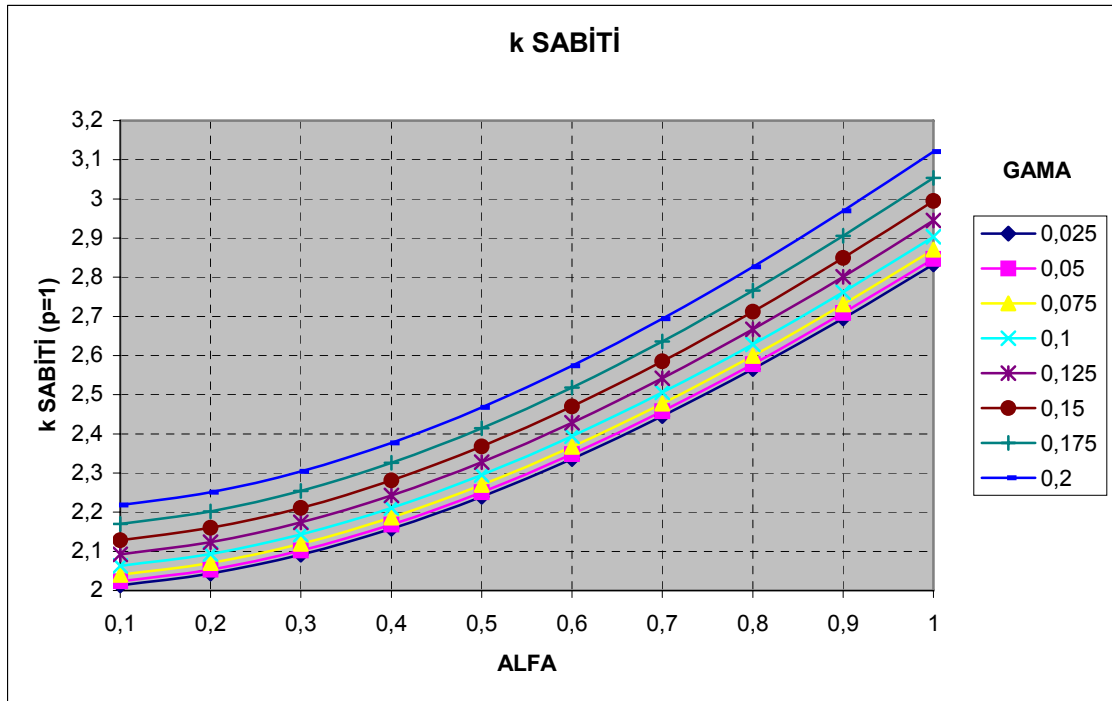
$k = \frac{2l}{pr}$ elde edilir. Burada l, (15) eşitliği ile tanımlandığında,

$k = \left(\sqrt{\alpha^2 + 1}\right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{2\gamma p}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2}\right)$ bulunur. Burada α ve γ , (1) ve (14) eşitlikleri ile tanımlandığına,

$$k = \left(\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}\right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{2pfa}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2}\right) \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.13 α ve γ ' ya bağlı p= 1 için k sabiti tablosu

$\gamma \setminus \alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,025	2,01332	2,04301	2,09154	2,15765	2,23979	2,33627	2,44538	2,56552	2,69521	2,83314
0,050	2,02335	2,05318	2,10195	2,16840	2,25095	2,34790	2,45755	2,57829	2,70863	2,84725
0,075	2,03999	2,07007	2,11924	2,18623	2,26946	2,36721	2,47777	2,59950	2,73091	2,87066
0,100	2,06315	2,09357	2,14330	2,21106	2,29523	2,39409	2,50590	2,62901	2,76191	2,90326
0,125	2,09270	2,12356	2,17400	2,24273	2,32810	2,42838	2,54179	2,66667	2,80147	2,94484
0,150	2,12848	2,15986	2,21117	2,28107	2,36791	2,46990	2,58525	2,71226	2,84937	2,99519
0,175	2,17030	2,20230	2,25461	2,32588	2,41443	2,51842	2,63604	2,76555	2,90535	3,05403
0,200	2,21794	2,25064	2,30411	2,37694	2,46743	2,57371	2,69391	2,82626	2,96913	3,12108

Şekil 5.19 α ve γ ' ya bağlı k sabiti grafiğiŞekil 5.20 α ve γ ' ya bağlı k sabiti grafiği

5.4.3 Hiperboloid 2 Fire

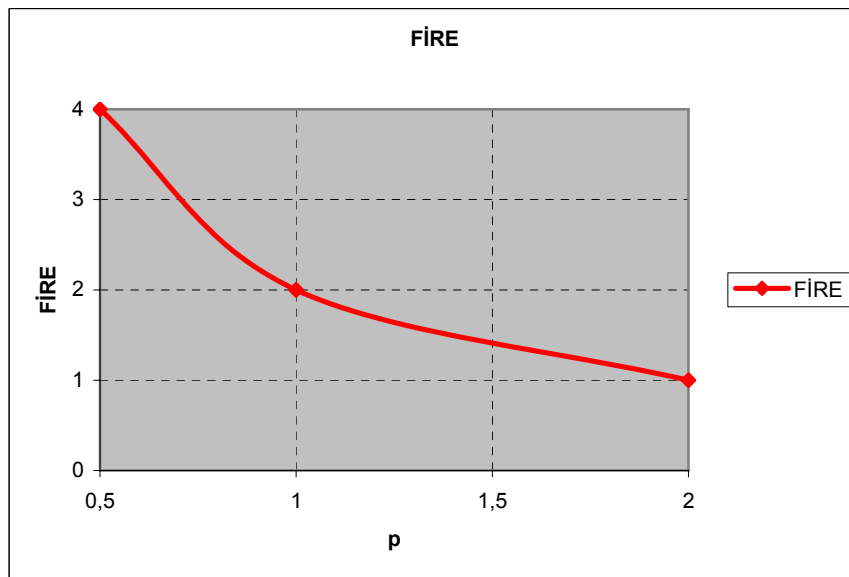
Toplam Kumaş Alanının Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla p değişkenine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı ve ne kadar fire vereceği bilinebilecektir. p değerinin artması, kullanılacak kumaşta firenin azalmasına neden olur.

Fire = Toplam Kumaş Alanı / Yüzey Alanı = $\frac{\left(\frac{wnl}{p}\right)}{\pi r l} = \frac{wn}{\pi r p}$ bulunur. n, (3) eşitliği ile tanımlandığında,

$$\text{Fire} = \frac{w2\pi r}{\pi r p} = \frac{2}{p} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.14 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu

p	FİRE
0,5	4
1	2
2	1



Şekil 5.21 p değerine bağlı olarak fire grafiği

5.5 Hiperboloid 3

Bir yarım hiperbolün dönme eksenine çakıştırılması sonucu elde edilen hiperboloid yüzeyin yatay düzlemlerle kesilmesi sonucu elde edilen kesik koniye benzer yüzeydir. Bütün işlem mantığı kesik koni ile aynıdır. Yanal yüzey uzunluğunun yerine hiperboloid formun şeklini veren yay uzunluğu l yer alır. Hiperboloid 3'deki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

h = Hiperboloid 3 yükseklik

r_a = Hiperboloid 3 alt yarıçapı

r_u = Hiperboloid 3 üst yarıçapı

$$\alpha = \text{Yükseklik} / \text{Taban yarıçapı} = h / r_a \quad (1)$$

$$\beta = \text{üst yarıçap} / \text{alt yarıçap} = r_u / r_a \quad (4)$$

f = Yayın Eğrilik Derinliği

$$A_i = \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \pi r_a^2$$

$$\zeta = \text{Hiperboloid 3 Taban Çevresi} = 2 \pi r_a$$

w =Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = \zeta / w = 2 \pi r_a / w \quad (3)$$

p =Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı ($0,5 - \underline{1} - 2$)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = n l / p$$

$$\gamma = \text{Yayın Eğrilik Derinliği} / \text{Yanal Yüzey Uzunluğu} = f / a \quad (0 < f \leq a/4) \quad (14)$$

$$a = \sqrt{(r_a - r_u)^2 + h^2} \quad (\text{Hipotenüs})$$

Burada h ve r_u , (1) ve (4) eşitliğinden yararlanarak tanımlandığında,

$$a = \sqrt{(r_a - \beta r_a)^2 + (\alpha r_a)^2} = \sqrt{r_a^2 (1 - \beta)^2 + \alpha^2 r_a^2} = r_a \sqrt{(1 - \beta)^2 + \alpha^2} \text{ elde edilir.} \quad (16)$$

l =Yanal Yüzey Yay Uzunluğu

$$l = \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4f} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right) \quad (\text{Radian}) \quad (\text{Ishler, M., 1995})$$

f, (14) eşitliğinden yararlanarak γ ile ifade edildiğinde,

$$l = \left(\frac{a^2 + 4\gamma^2 a^2}{4\gamma a} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4\gamma^2 a^2}{a^2 + 4\gamma^2 a^2} \right) = \left(\frac{a^2(1 + 4\gamma^2)}{4\gamma a} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2(1 - 4\gamma^2)}{a^2(1 + 4\gamma^2)} \right)$$

$$l = \left(\frac{a(1 + 4\gamma^2)}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right)$$

Buradaki a, (16) eşitliği ile tanımlandığında,

$$l = r_a \left(\sqrt{(1 - \beta)^2 + \alpha^2} \right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right) \quad (\text{Radian}) \quad (17)$$

$$A_y = \text{Hiperboloid 3 Yüzey Alanı} = \pi l \left(\frac{r_a + r_{\bar{u}}}{2} \right)$$

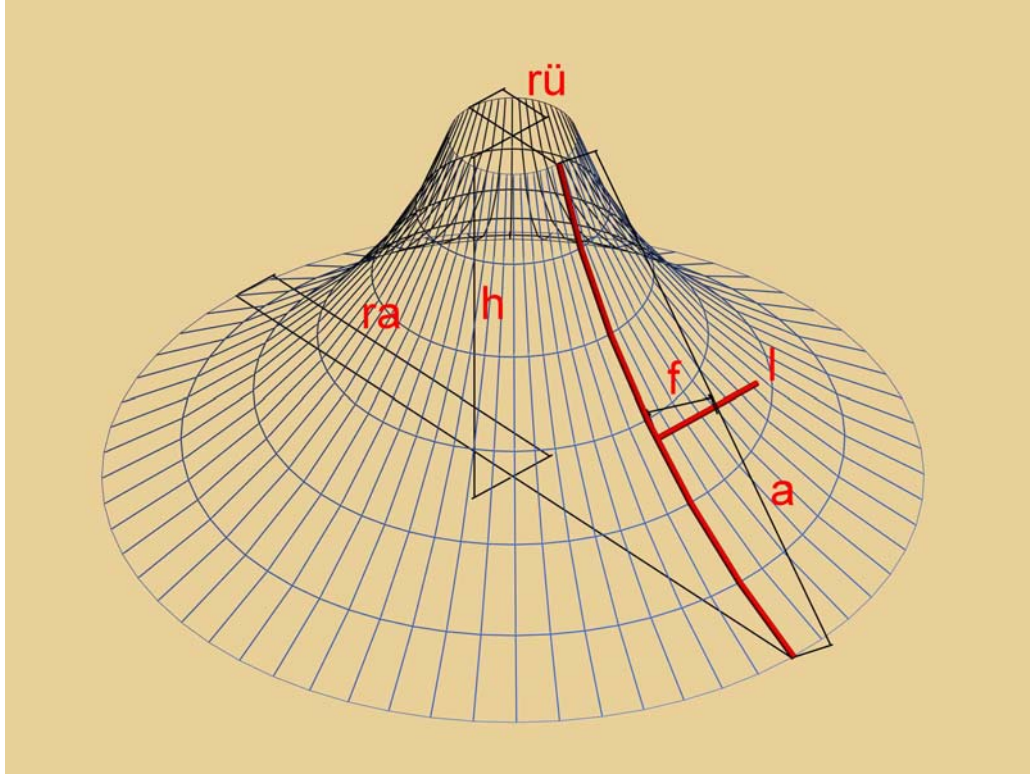
$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = L w = \frac{(nl)}{p} w$ bulunur. n, (3) eşitliği yerine yazıldığında,

$$A_k = \frac{(2\pi r_a l)}{p} \text{ elde edilir.}$$

Bu konuyla ilgili örnek çalışma Ek 2’de verilmiştir.

5.5.1 Hiperboloid 3 Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranıdır.



Şekil 5.22 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları

$$s = \text{Hiperboloid 3 Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \frac{\pi \left(\frac{r_a + r_u}{2} \right) l}{\pi r_a^2} = \frac{l(r_a + r_u)}{2r_a^2}$$

Burada r_u , (4) eşitliği ile tanımlandığında,

$$s = \frac{l(1 + \beta)}{2r_a} \text{ bulunur. } l, (17) \text{ eşitliği ile tanımlandığında,}$$

$$s = \frac{(1 + \beta) \left(\sqrt{(1 - \beta)^2 + \alpha^2} \right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right)}{2} \quad (\text{Radian}) \text{ elde edilir. Burada, } \alpha \text{ yerine}$$

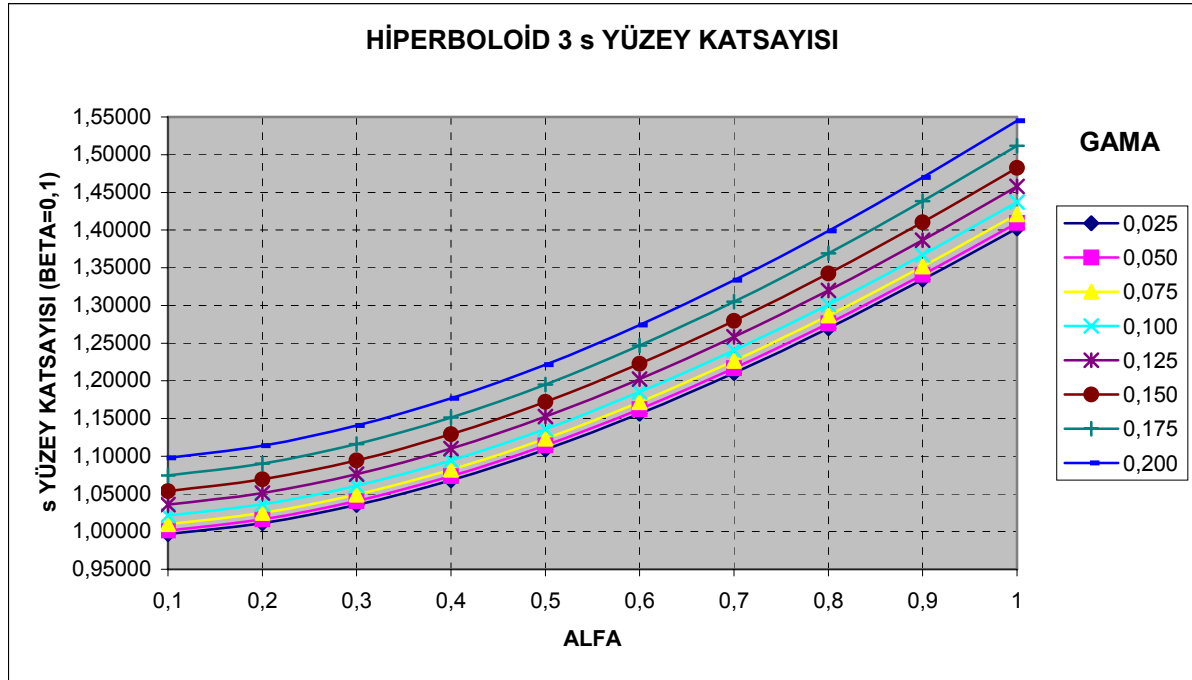
(1), β yerine (4), γ yerine (14) eşitlikleri yazıldığında,

$$s = \frac{(r_a + r_u) \left(\sqrt{(r_a - r_u)^2 + h^2} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4fa} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right)}{2r_a^2} \text{ elde edilir.}$$

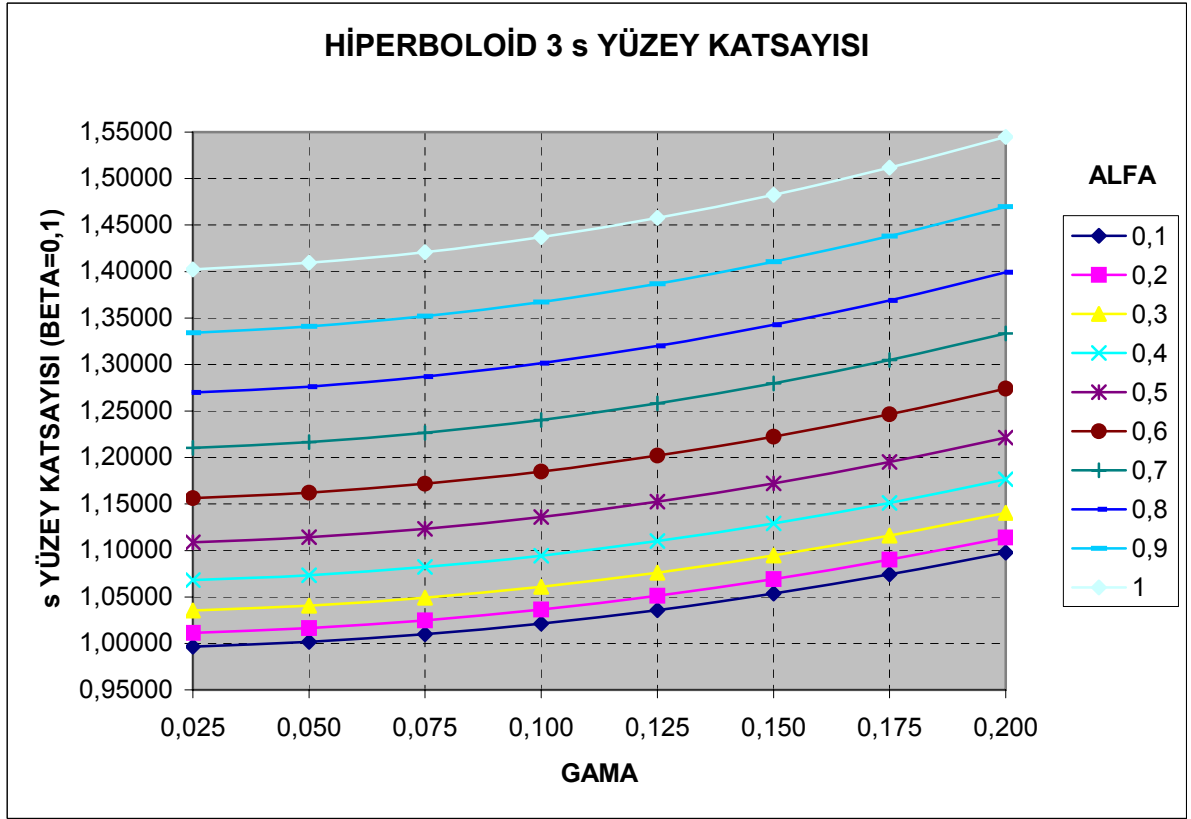
Bu katsayı sayesinde sadece r_a , r_{i_s} , h , a ve f değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.15 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu ($\beta=0,1$)

$\gamma' \setminus \alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,025	0,99660	1,01129	1,03531	1,06804	1,10870	1,15645	1,21046	1,26993	1,33413	1,40240
0,050	1,00156	1,01632	1,04047	1,07336	1,11422	1,16221	1,21649	1,27625	1,34077	1,40939
0,075	1,00980	1,02468	1,04903	1,08219	1,12338	1,17177	1,22649	1,28675	1,35180	1,42098
0,100	1,02126	1,03632	1,06094	1,09447	1,13614	1,18507	1,24042	1,30136	1,36715	1,43711
0,125	1,03589	1,05116	1,07613	1,11015	1,15241	1,20205	1,25819	1,32000	1,38673	1,45770
0,150	1,05360	1,06913	1,09453	1,12913	1,17211	1,22260	1,27970	1,34257	1,41044	1,48262
0,175	1,07430	1,09014	1,11603	1,15131	1,19514	1,24662	1,30484	1,36895	1,43815	1,51175
0,200	1,09788	1,11407	1,14053	1,17659	1,22138	1,27399	1,33349	1,39900	1,46972	1,54493



Şekil 5.23 α ve γ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği



Şekil 5.24 α ve γ ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği

5.5.2 Hiperboloid 3 k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile r_a , $r_{\bar{u}}$, h , a , f ve p değişkenleri formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_k / A_i = \frac{\left(\frac{nlw}{p} \right)}{\pi r_a^2}$$

Burada n , (3) eşitliği ile tanımlandığında,

$$k = \frac{2l}{p r_a} \text{ elde edilir. Burada } l, (17) \text{ eşitliği ile tanımlandığında,}$$

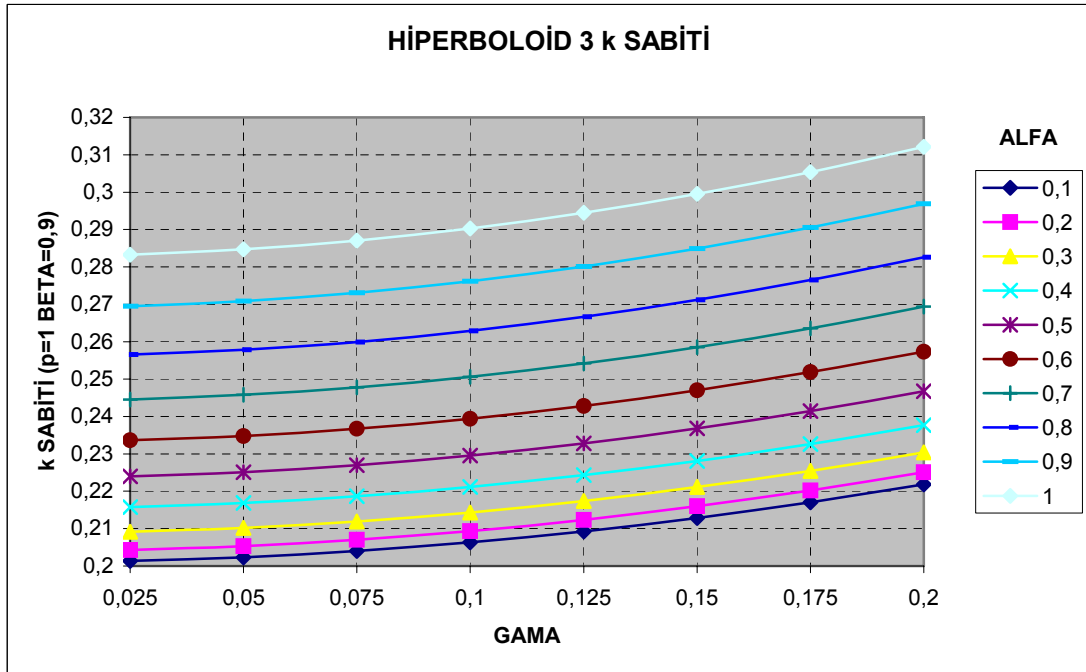
$$k = \left(\sqrt{(1-\beta^2)+\alpha^2} \right) \left(\frac{1+4\gamma^2}{2\gamma p} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2} \right) \text{ bulunur. Burada, } \alpha \text{ yerine (1), } \beta \text{ yerine (4), } \gamma$$

yerine (14) eşitlikleri yazıldığında,

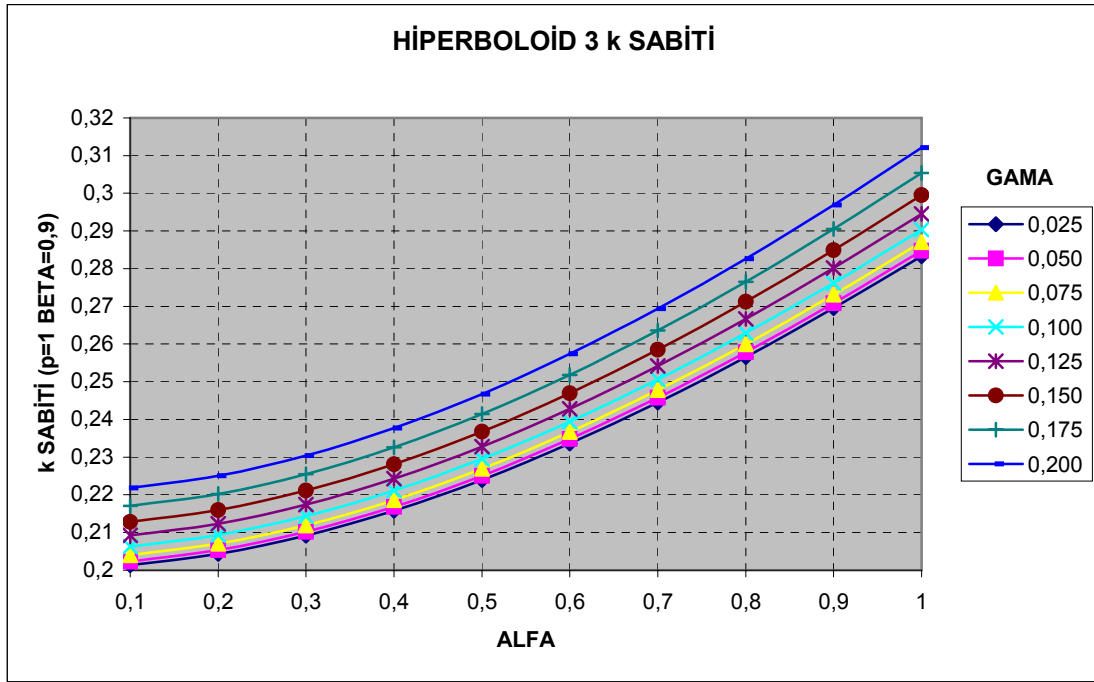
$$k = \left(\sqrt{\frac{(r_a - r_{ii})^2 + h^2}{r_a^2}} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{2pfa} \right) \cos^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.16 α ve γ ' ya bağlı $p=1$ için k sabiti tablosu ($\beta=0,9$)

$\gamma \setminus \alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,025	0,20133	0,20430	0,20915	0,21577	0,22398	0,23363	0,24454	0,25655	0,26952	0,28331
0,050	0,20233	0,20532	0,21020	0,21684	0,22509	0,23479	0,24576	0,25783	0,27086	0,28472
0,075	0,20400	0,20701	0,21192	0,21862	0,22695	0,23672	0,24778	0,25995	0,27309	0,28707
0,100	0,20632	0,20936	0,21433	0,22111	0,22952	0,23941	0,25059	0,26290	0,27619	0,29033
0,125	0,20927	0,21236	0,21740	0,22427	0,23281	0,24284	0,25418	0,26667	0,28015	0,29448
0,150	0,21285	0,21599	0,22112	0,22811	0,23679	0,24699	0,25853	0,27123	0,28494	0,29952
0,175	0,21703	0,22023	0,22546	0,23259	0,24144	0,25184	0,26360	0,27655	0,29053	0,30540
0,200	0,22179	0,22506	0,23041	0,23769	0,24674	0,25737	0,26939	0,28263	0,29691	0,31211



Şekil 5.25 α ve γ ' ya bağlı k sabiti grafiği



Şekil 5.26 α ve γ ' ya bağlı k sabiti grafiği

5.5.3 Hiperboloid 3 Fire

Toplam Kumaş Alanının Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla r_a , r_u ve p değişkenlerine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı ve ne kadar fire vereceği bilinebilecektir.

$$\text{Fire} = \frac{\text{Toplam Kumaş Alanı}}{\text{Yüzey Alanı}} = k / s$$

$$\text{Fire} = \frac{\left[\left(\sqrt{(1-\beta^2) + \alpha^2} \right) \left(\frac{1+4\gamma^2}{2p\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2} \right) \right]}{\left[\frac{(1+\beta) \left(\sqrt{(1-\beta^2) + \alpha^2} \right) \left(\frac{1+4\gamma^2}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2} \right)}{2} \right]}$$

$$\text{Fire} = \frac{4}{p(1+\beta)}$$

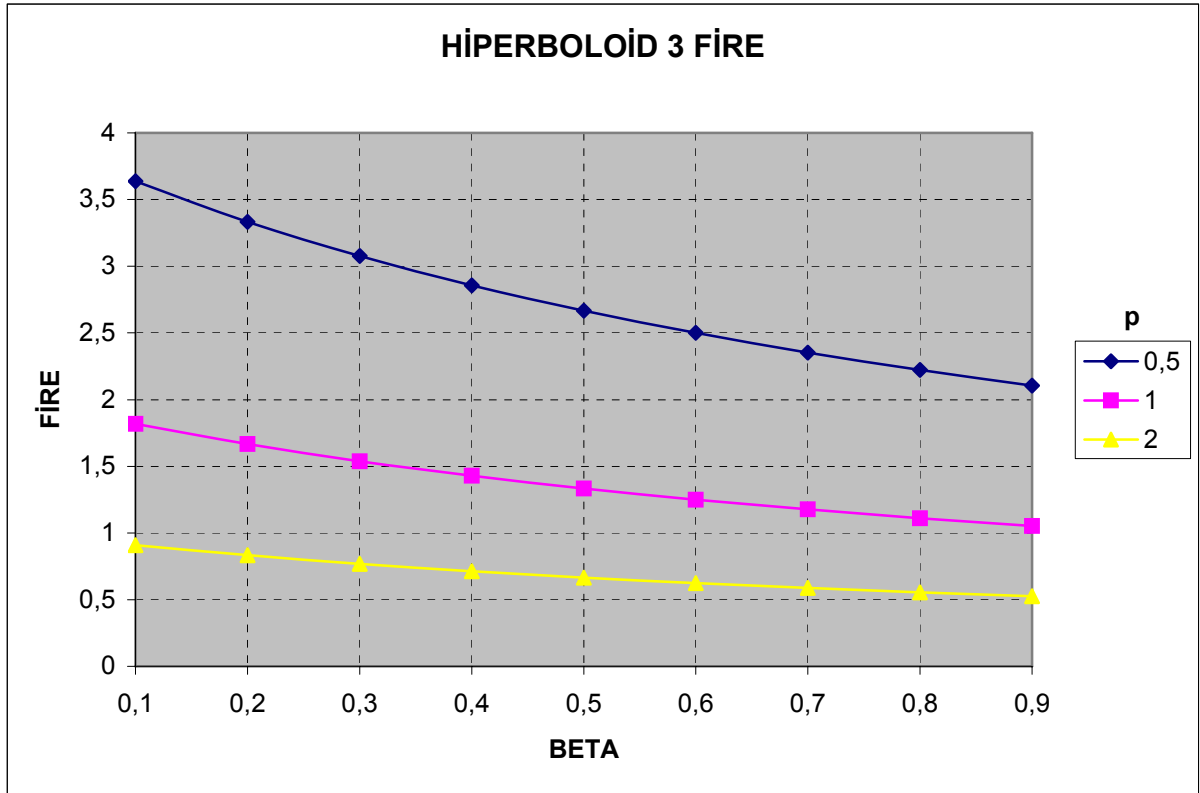
bulunur. Burada β yerine (4) eşitliği yazıldığında,

$$\text{Fire} = \frac{4r_a}{p(r_a + r_u)}$$

elde edilir.

Çizelge 5.17 p ve β değerlerine bağlı fire tablosu

p \ β	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,5	3,6364	3,3333	3,0769	2,8571	2,6667	2,5	2,3529	2,2222	2,1053
1	1,8182	1,6667	1,5385	1,4286	1,3333	1,25	1,1765	1,1111	1,0526
2	0,9091	0,8333	0,7692	0,7143	0,6667	0,625	0,5882	0,5556	0,5263

Şekil 5.27 p ve β değerlerine bağlı olarak fire grafiği

5.6 Hiperbolikparaboloid 1

Hiperbolikparaboloid 1 formu negatif Gauss eğrilikli yüzeydir. Hiperbolikparaboloid 1'deki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan notasyonlar:

t= Hiperbolikparaboloid 1 eni

z= Hiperbolikparaboloid 1 boyu

A_i = Hiperbolikparaboloid 1 izdüşüm plan alanı = t z

f= Hiperbolikparaboloid 1 Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği

g= Hiperbolikparaboloid 1 Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği

l= Hiperbolikparaboloid 1 Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğu

$$l = z \frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2} \right) \quad (10) \text{ (Radian)(Ishler, M., 1995)}$$

c= Hiperbolikparaboloid 1 Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğu

$$c = t \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \quad (8) \text{ (Radian)(Ishler, M., 1995)}$$

$$\varepsilon = g / t \quad (11)$$

$$\sigma = f / z \quad (12)$$

w =Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = c / w \quad (13)$$

p=Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 – 1 – 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = \frac{nl}{p}$$

A_y = Hiperbolikparaboloid 1 yüzey alanı = cl

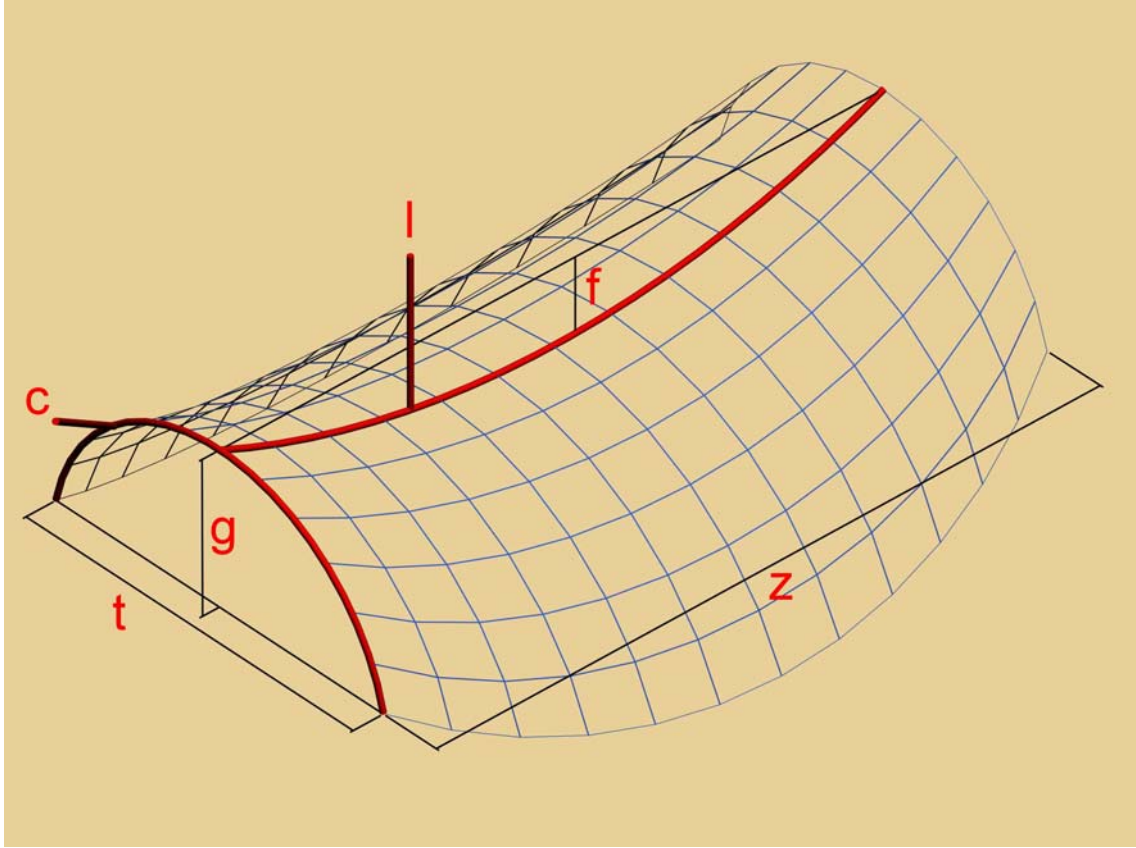
$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = L w = \frac{(nl)}{p} w$$

Burada n, (13) eşitliği yerine yazıldığında,

$A_k = \frac{(cl)}{p}$ elde edilir.

5.6.1 Hiperbolikparaboloid 1 Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranıdır.



Şekil 5.28 Hiperbolikparaboloid 1 yüzeyi ve ayrıtları

$s = \text{Hiperbolikparaboloid 1 Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = \frac{cl}{zt}$

Burada c yerine (8), l yerine (10) eşitlikleri konduğunda,

$$s = \frac{\left[t \left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[z \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{zt}$$

$$s = \left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right] \text{ elde edilir. (Radian)}$$

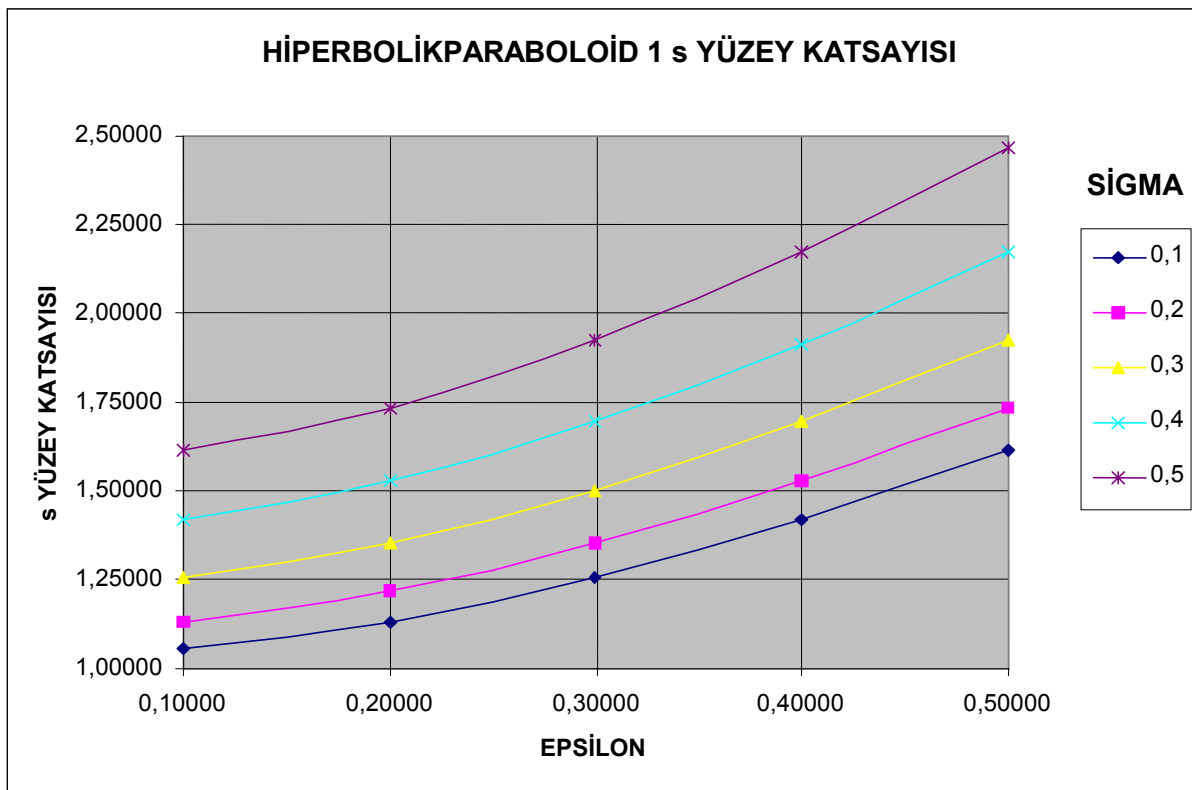
Burada ε yerine (11), σ yerine (12) eşitlikleri yazıldığında,

$$s = \left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \cos^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \cos^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right] \text{ olarak bulunur.}$$

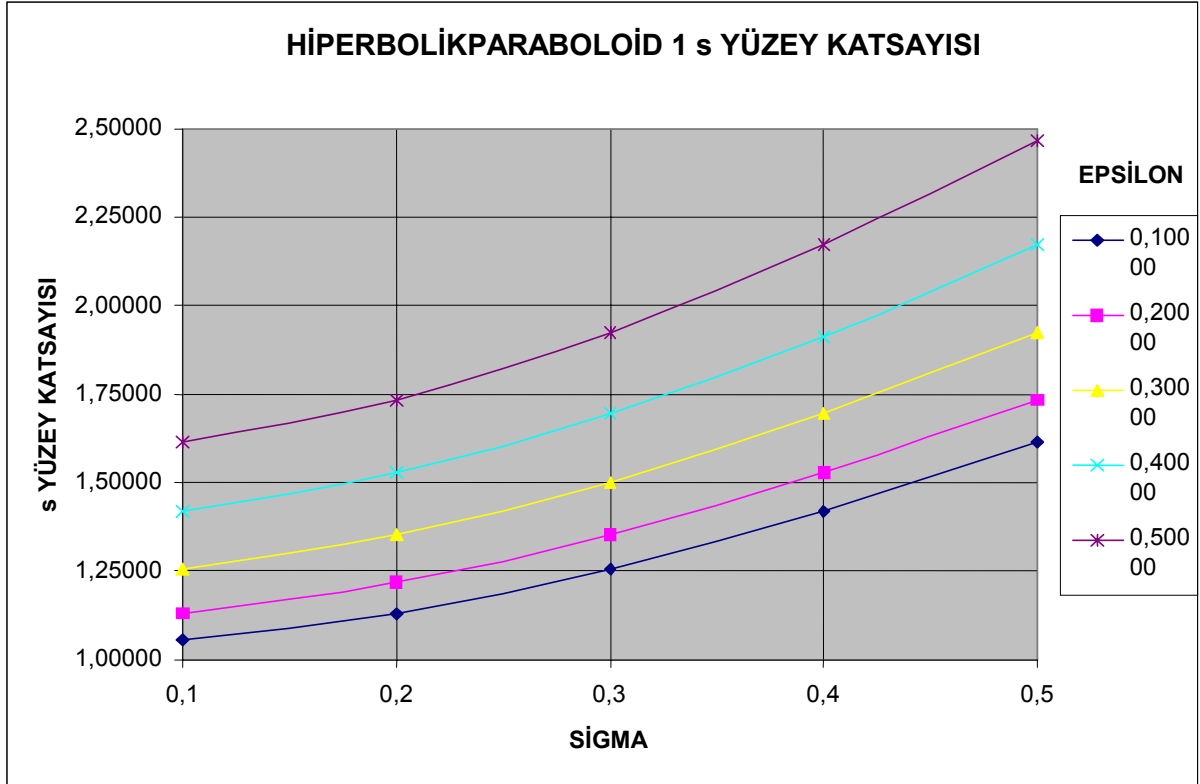
Bu katsayı sayesinde sadece t, z, g ve f değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.18 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
	1,026457	1,103468	1,224951	1,383219	1,570796	
0,10000	1,02646	1,05361	1,13266	1,25736	1,41981	1,61235
0,20000	1,10347	1,13266	1,21764	1,35169	1,52634	1,73332
0,30000	1,22495	1,25736	1,35169	1,50050	1,69438	1,92415
0,40000	1,38322	1,41981	1,52634	1,69438	1,91329	2,17276
0,50000	1,57080	1,61235	1,73332	1,92415	2,17276	2,46740



Şekil 5.29 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği



Şekil 5.30 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği

5.6.2 Hiperbolikparaboloid 1 k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile t, z, g, f ve p değişkenleri formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \frac{\text{Toplam Kumaş Alanı}}{\text{İzdüşüm Plan Alanı}} = \frac{A_k}{A_i} = \frac{cl}{pzt}$$

Burada c yerine (8), l yerine (10) eşitlikleri konduğunda,

$$k = \frac{\left[t \left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \cos^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[z \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \cos^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{pzt}$$

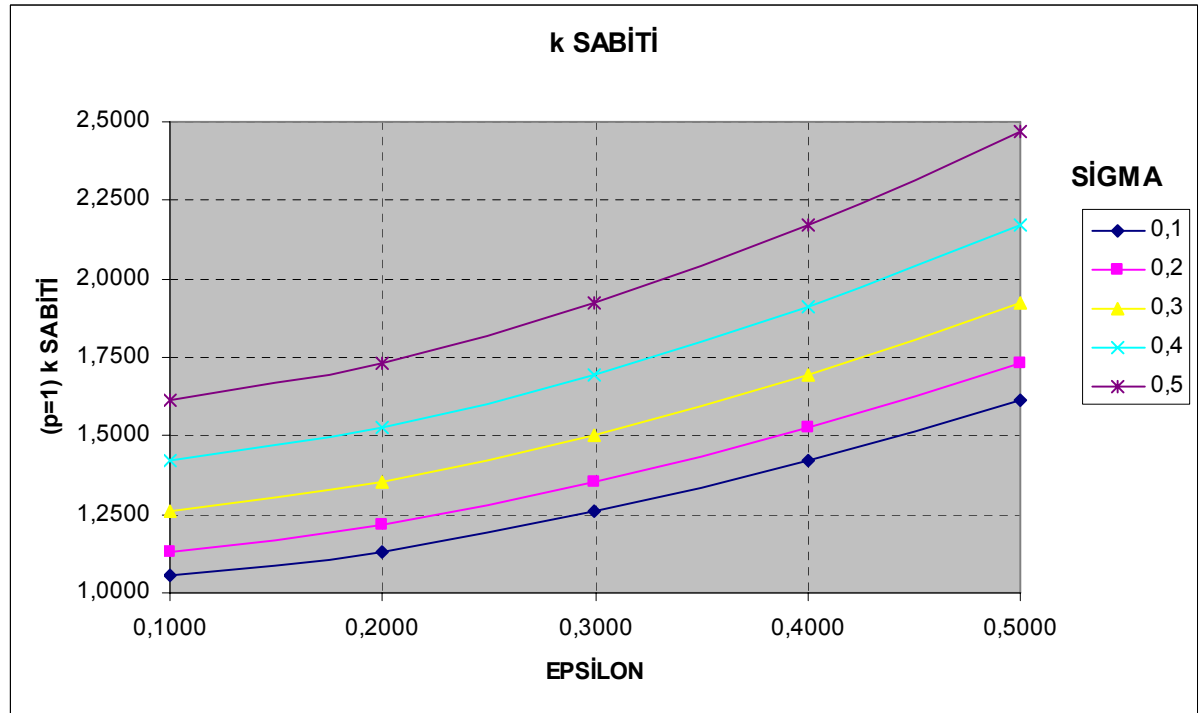
$$k = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \cos^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \cos^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{p} \text{ elde edilir. (Radian)}$$

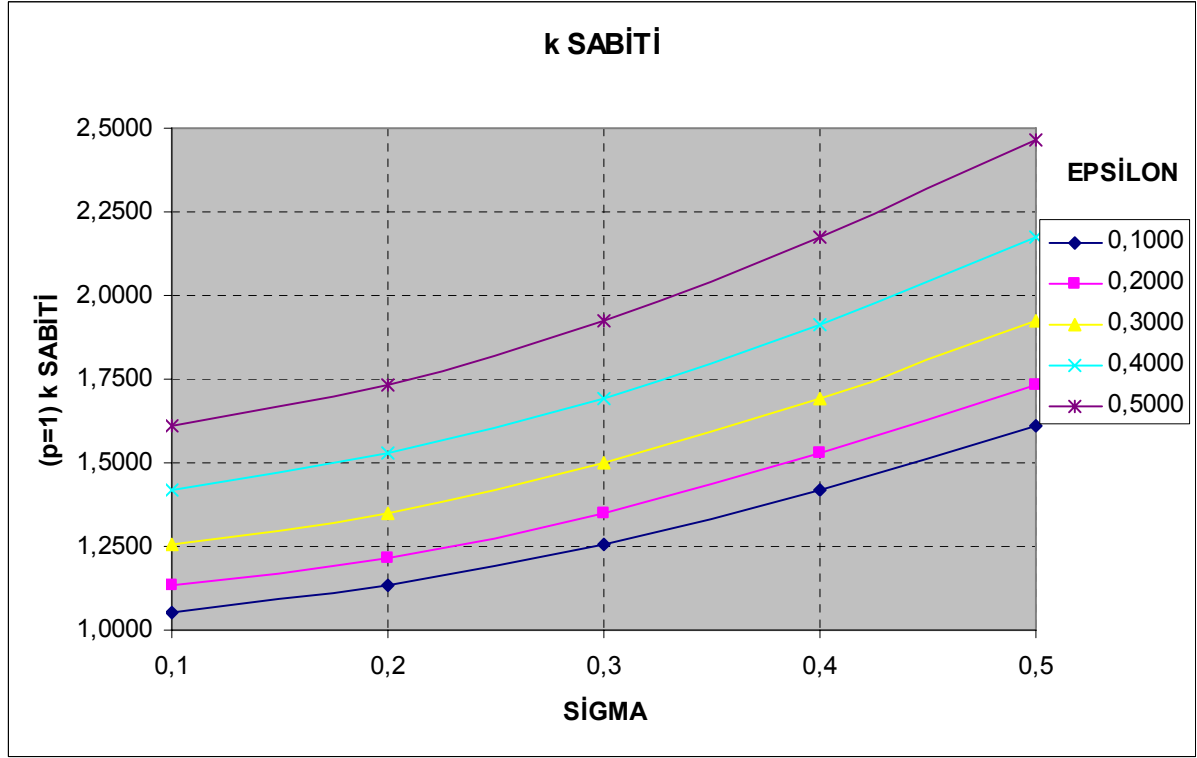
Burada ε yerine (11), σ yerine (12) eşitlikleri yazıldığında,

$$k = \frac{\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]}{p} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.19 ε ve σ' ya bağlı k sabiti tablosu ($p=1$ için)

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5						
	1,0265	1,1035	1,2250	1,3832	1,5708						
0,1000	1,0265	1,0536	1,0536	1,1327	1,1327	1,2574	1,2574	1,4198	1,4198	1,6124	1,6124
0,2000	1,1035	1,1327	1,1327	1,2176	1,2176	1,3517	1,3517	1,5263	1,5263	1,7333	1,7333
0,3000	1,2250	1,2574	1,2574	1,3517	1,3517	1,5005	1,5005	1,6944	1,6944	1,9241	1,9241
0,4000	1,3832	1,4198	1,4198	1,5263	1,5263	1,6944	1,6944	1,9133	1,9133	2,1728	2,1728
0,5000	1,5708	1,6124	1,6124	1,7333	1,7333	1,9241	1,9241	2,1728	2,1728	2,4674	2,4674

Şekil 5.31 ε ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p=1$ için)



Şekil 5.32 ε ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği (p= 1 için)

5.6.3 Hiperbolikparaboloid 1 Fire

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla p değişkenine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı bilinerek ne kadar fire verilebileceği bulunabilecektir.

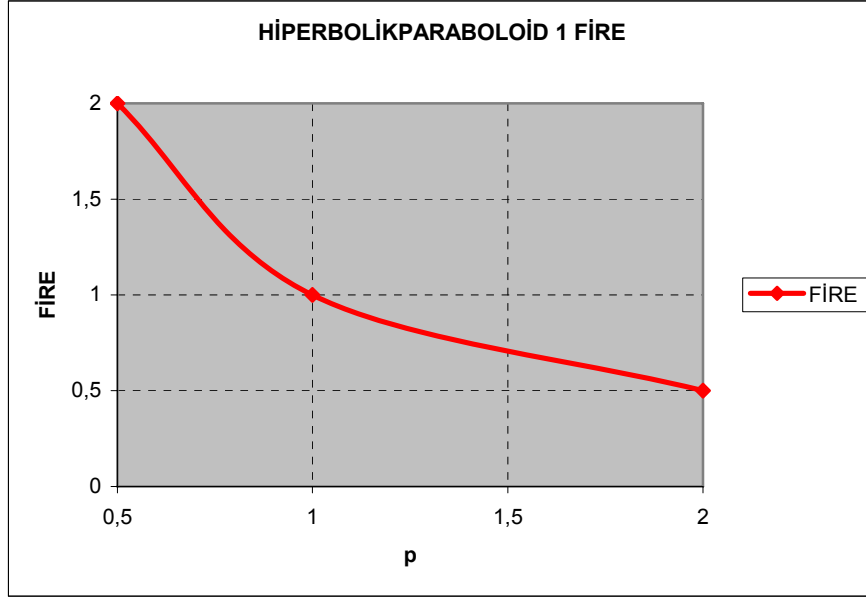
$$\text{Fire} = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{Yüzey Alanı} = k / s$$

$$\text{Fire} = \frac{p}{\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]} \quad (\text{Radian})$$

Fire= 1 / p olarak bulunur.

Çizelge 5.20 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu

p	FİRE
0,5	2
1	1
2	0,5



Şekil 5.33 p değerine bağlı olarak fire grafiği

5.7 Hiperbolikparaboloid 2

Hiperbolikparaboloid 2, kenarları yüzeyi oluşturan doğrulardan kesilerek ortaya çıkan çift eğrilikli yüzeydir. Bu form negatif Gauss eğrilikli yüzeydir. Hiperbolikparaboloid 2'deki yüzey katsayısı, k sabiti ve fire oranının belirlenmesinde kullanılan rotasyonlar:

t= Hiperbolikparaboloid 2 eni

z= Hiperbolikparaboloid 2 boyu

A_i = Hiperbolikparaboloid 2 izdüşüm plan alanı = t z

f= Hiperbolikparaboloid 2 Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği

g= Hiperbolikparaboloid 2 Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği

l= Hiperbolikparaboloid 2 Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğu

$$l = z \frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2} \right) \quad (10) \text{ (Radian)(Ishler, M., 1995)}$$

c= Hiperbolikparaboloid 2 Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğu

$$c = t \frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \quad (8) \text{ (Radian)(Ishler, M., 1995)}$$

$$\varepsilon = g / t \quad (11)$$

$$\sigma = f / z \quad (12)$$

w =Kumaş Genişliği

$$n = \text{Panel Sayısı} = c / w \quad (13)$$

p=Bir panelden alınabilecek kalıp sayısı (0,5 – 1 – 2)

$$L = \text{Toplam Kumaş Uzunluğu} = \frac{nl}{p}$$

$$A_y = \text{Hiperbolikparaboloid 2 yüzey alanı} = \frac{cl}{2}$$

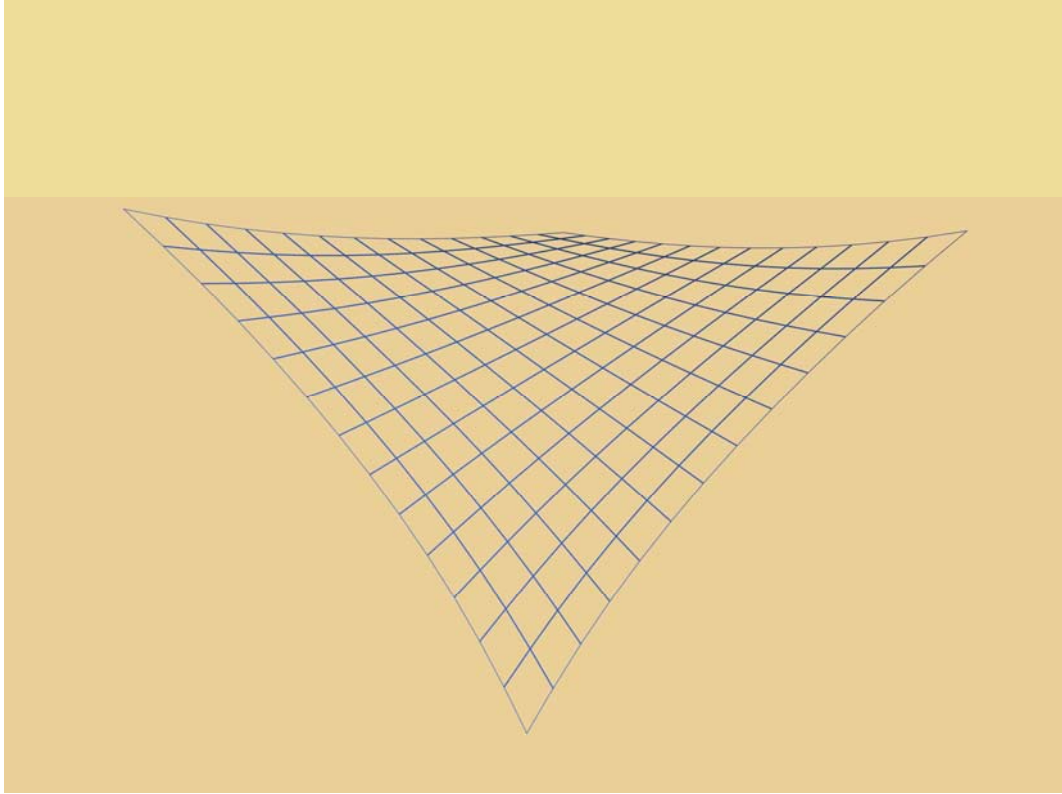
$$A_k = \text{Toplam Kumaş Alanı} = \frac{Lw}{2} = \frac{(nl)}{2p} w$$

Burada n, (13) eşitliği yerine yazıldığında,

$$A_k = \frac{(cl)}{2p} \text{ elde edilir.}$$

5.7.1 Hiperbolikparaboloid 2 Yüzey Katsayısı (s)

Yüzey katsayısı yüzey alanının izdüşüm plan alanına oranıdır. Yüzey alanı; hiperbolikparaboloid 1 yüzey alanının yarısına eşittir.



Şekil 5.34 Hiperbolikparaboloid 2 yüzeyi

$$s = \text{Hiperbolikparaboloid 2 Yüzey Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_y / 2A_i = \frac{cl}{2zt}$$

Burada c yerine (8), l yerine (10) eşitlikleri konduğunda,

$$s = \frac{\left[t \left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[z \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2zt}$$

$$s = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2} \text{ elde edilir. (Radian)}$$

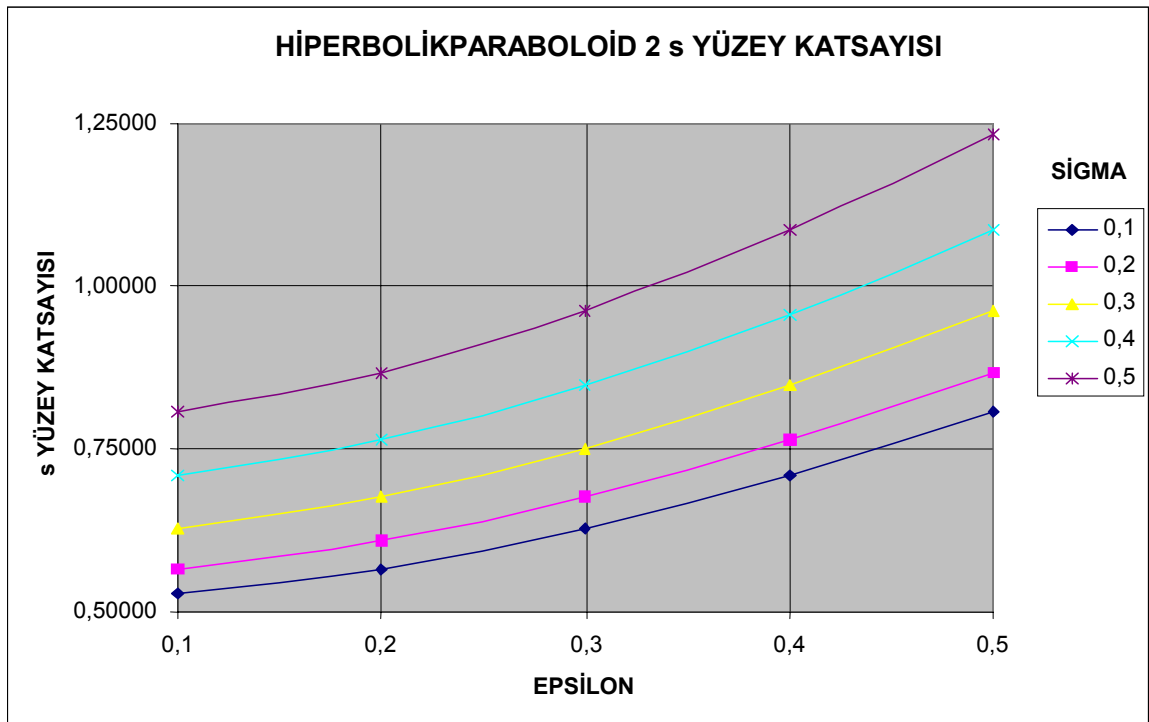
Burada ε yerine (11), σ yerine (12) eşitlikleri yazıldığında,

$$s = \frac{\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \cos^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \cos^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]}{2} \text{ olarak bulunur.}$$

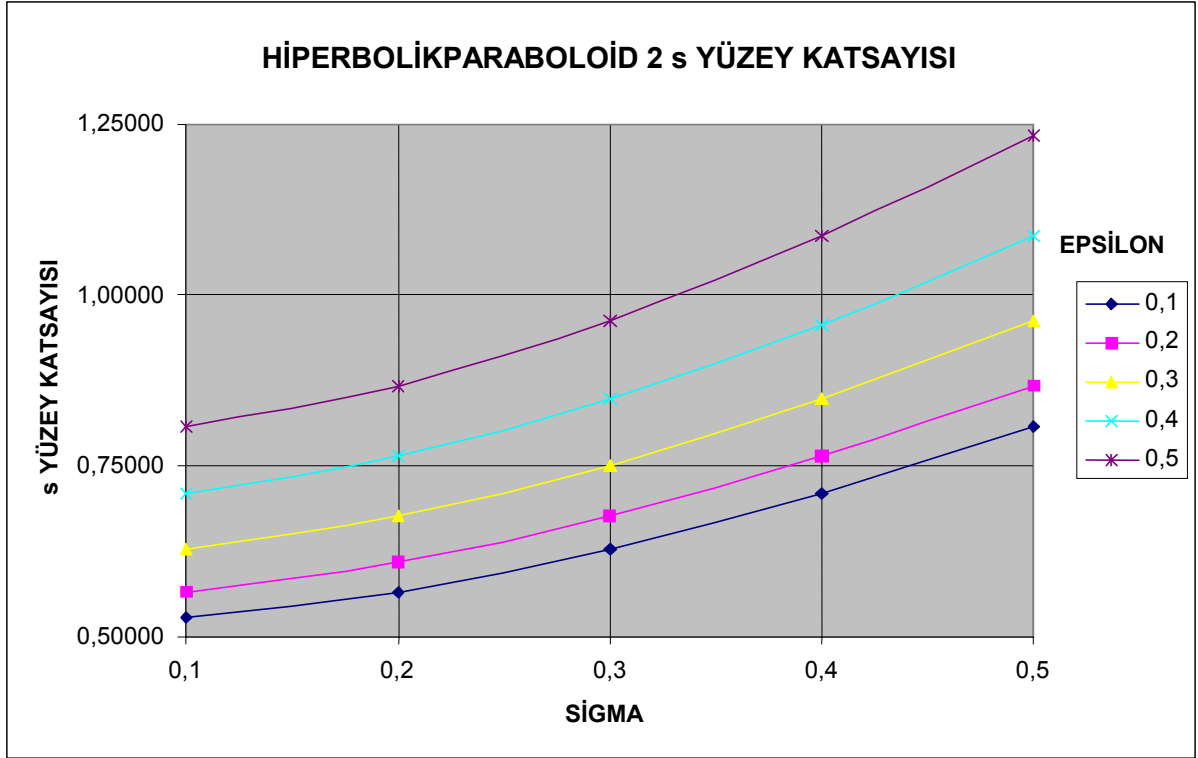
Bu katsayı sayesinde sadece t, z, g ve f değişkenlerini formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla yüzey alanı bulunabilecektir.

Çizelge 5.21 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı tablosu

$\varepsilon \setminus \sigma$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
		1,026457	1,103468	1,224951	1,383219	1,570796
0,1	1,026457	0,52681	0,56633	0,62868	0,70991	0,80618
0,2	1,103468	0,56633	0,60882	0,67585	0,76317	0,86666
0,3	1,224951	0,62868	0,67585	0,75025	0,84719	0,96207
0,4	1,383219	0,70991	0,76317	0,84719	0,95665	1,08638
0,5	1,570796	0,80618	0,86666	0,96207	1,08638	1,23370



Şekil 5.35 ε ve σ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği



Şekil 5.36 ε ve σ ' ya bağlı s yüzey katsayısı grafiği

5.7.2 Hiperbolikparaboloid 2 k Sabiti

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Plan Alanına oranı olan k sabiti ile t, z, g, f ve p değişkenleri formülde yerlerine koyup grafiklerin de yardımıyla toplam kumaş alanı ve sipariş edilecek toplam kumaş uzunluğu bulunabilecektir.

$$k = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{İzdüşüm Plan Alanı} = A_k / 2A_i = \frac{cl}{2pzt}$$

Burada c yerine (8), l yerine (10) eşitlikleri konduğunda,

$$k = \frac{\left[t \left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[z \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2pzt}$$

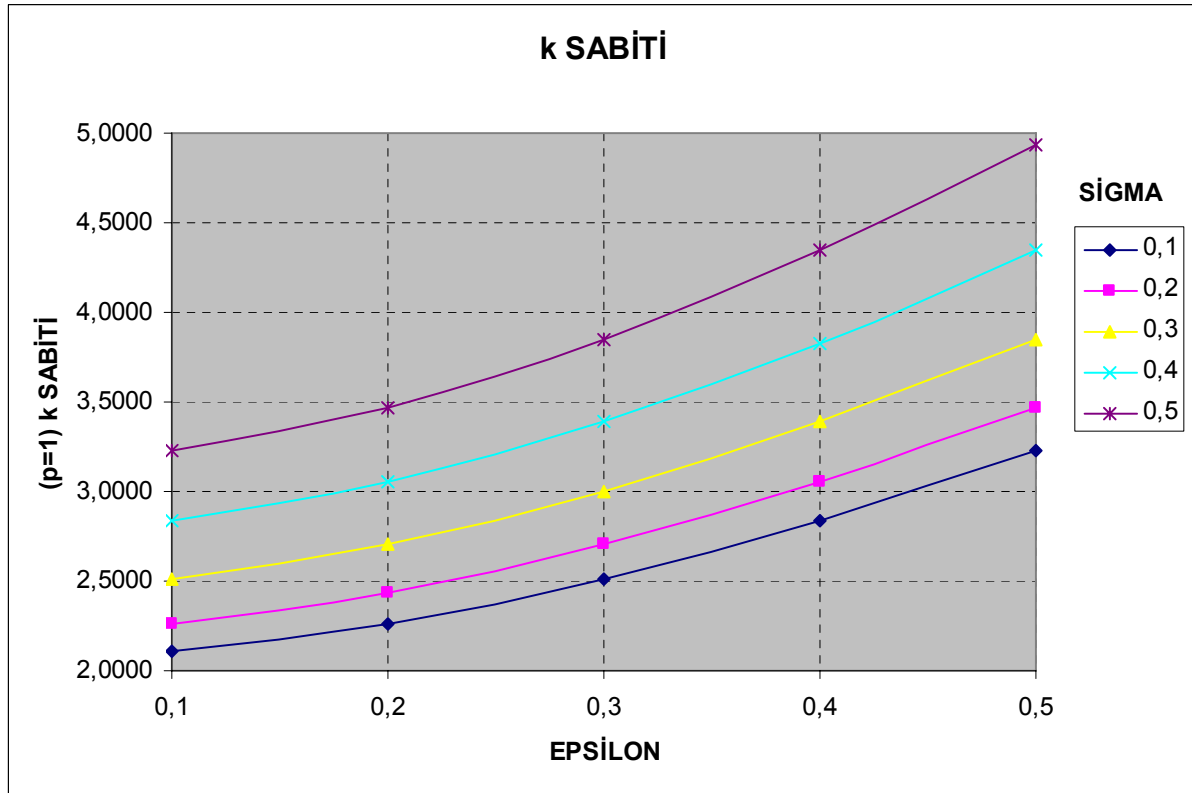
$$k = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2p} \text{ elde edilir. (Radian)}$$

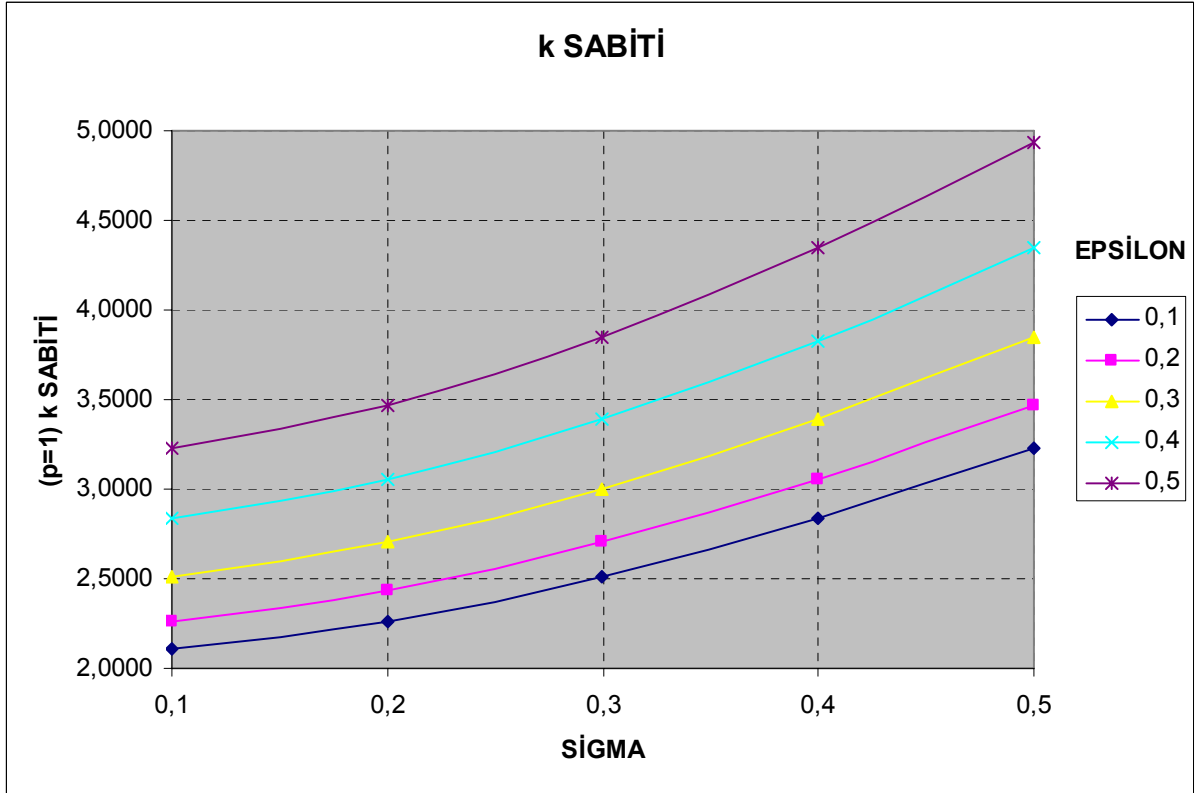
Burada ε yerine (11), σ yerine (12) eşitlikleri yazıldığında,

$$k = \frac{\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \cos^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \cos^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]}{2p} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.22 ε ve σ' ya bağlı k sabiti tablosu ($p=1$ için)

$\varepsilon \setminus \sigma$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5						
	1,0265	1,1035	1,225	1,3832	1,5708						
0,1	1,0265	1,0536	2,1072	1,1327	2,2653	1,2574	2,5147	1,4198	2,8396	1,6124	3,2247
0,2	1,1035	1,1327	2,2653	1,2176	2,4353	1,3517	2,7034	1,5263	3,0527	1,7333	3,4666
0,3	1,2250	1,2574	2,5147	1,3517	2,7034	1,5005	3,0010	1,6944	3,3888	1,9241	3,8483
0,4	1,3832	1,4198	2,8396	1,5263	3,0527	1,6944	3,3888	1,9133	3,8266	2,1728	4,3455
0,5	1,5708	1,6124	3,2247	1,7333	3,4666	1,9241	3,8483	2,1728	4,3455	2,4674	4,9348

Şekil 5.37 ε ve σ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p=1$ için)



Şekil 5.38 ε ve σ ' ya bağlı k sabiti grafiği ($p=1$ için)

5.7.3 Hiperbolikparaboloid 2 Fire

Toplam Kumaş Alanının İzdüşüm Yüzey Alanına oranı olan fire hesabıyla p değişkenine bağlı olarak üretim aşamasında kumaş genişliğinden kaç tane panel alınacağı bilinerek ne kadar fire verilebileceği bulunabilecektir.

$$\text{Fire} = \text{Toplam Kumaş Alanı} / \text{Yüzey Alanı} = k / s$$

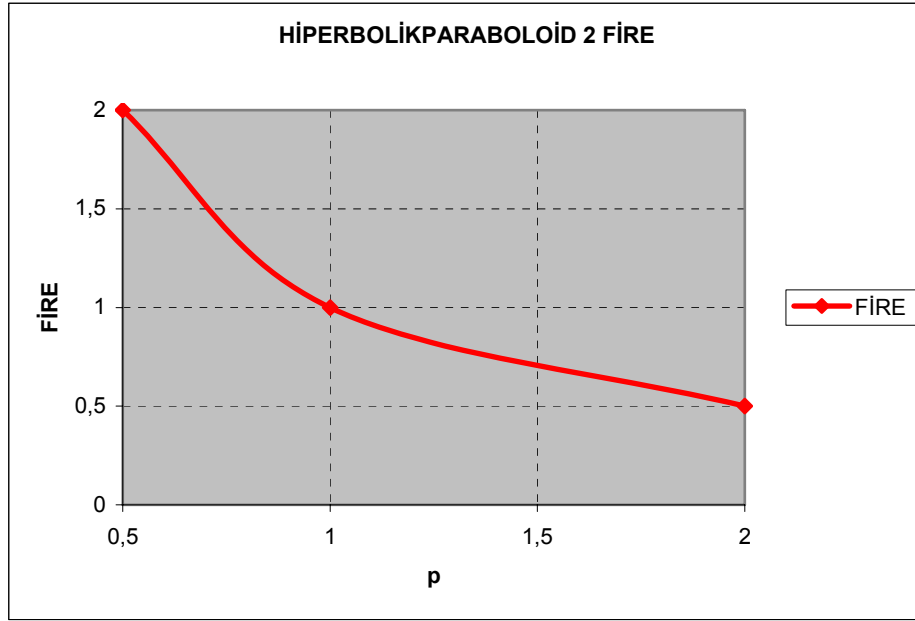
$$\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]$$

$$\text{Fire} = \frac{p}{\left[\left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right) \right]}$$

Fire= 1 / p olarak bulunur.

Çizelge 5.23 p 0,5 – 2 değer aralığında fire tablosu

p	FİRE
0,5	2
1	1
2	0,5



Şekil 5.39 p değerine bağlı olarak fire grafiği

6. FİRE ORANININ BELİRLENMESİNDE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu yapılan çalışma, membran tasarımcılarının ön tasarım aşamasında fireyi tespit ederek maliyeti forma bağlı olarak gerçeğe en yakın şekilde belirleyebilecektir. Ayrıca, membran kalıplarının en az fire elde edecek şekilde belirlenmesini yardımcı olacaktır. Buna göre kumaş yüzeyine membran kalıplarının en optimal şekilde yerleştirilmesi sağlanır. Fireyi azaltmak, yüksek maliyetli yapı olarak düşünülen membran yapıların imalat maliyetini düşüreceğinden daha da yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

6.1 Koni

Yapılan çalışmada koni formu ele alındığında bulunan sonuçlar;

- İzdüşüm plan alanı sabit tutulup yüksekliğe bağlı olarak α 'nın ($\alpha = h/r$) artışı ile yani yarıçap sabit iken yükseklik artırılırsa yüzey alanını artırır. Bu artış lineer değildir. Formül gereği ikinci dereceden parabolik bir eğridir.

$$s = \sqrt{\alpha^2 + 1} = \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}$$

- Yapının formuna ve büyüklüğüne bağlı olarak p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup α 'nın ($\alpha = h/r$) artışı yani yarıçap sabit iken yükseklik artırılırsa toplam kumaş alanı artırır. Bu artış lineer değildir. Formül gereği ikinci dereceden parabolik bir eğridir.

$$k = \frac{2\sqrt{\alpha^2 + 1}}{p} = \frac{2\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}}{p}$$

- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) arttıkça toplam kumaş alanı ve fire azalacaktır.

$$\text{Fire} = \frac{k}{s} = 2 / p$$

6.2 Kesik koni

Yapılan çalışmada kesik koni formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Kesik konide α ($\alpha = h/r$) ve β ($\beta = r_{\text{ü}} / r_{\text{a}}$) olmak üzere iki farklı değişken vardır. Kesik koni elde edebilmek için β ;
 $0 < \beta < 1$ aralığında olmalıdır. $\beta = 0$ ise koni, $\beta = 1$ ise silindir olur.

- α sabit tutulup ($\alpha = h/r$) ve β artması ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) yüzey alanını azaltır.

$$s = \sqrt{(\alpha^2 + 1)}(1 - \beta^2) = \left(\sqrt{\left(\frac{h_a}{r_a}\right)^2 + 1} \right) \left(1 - \left(\frac{r_{\bar{u}}}{r_a}\right)^2 \right)$$

- β sabit tutulup ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) α' 'nin artması ($\alpha = h/r$) yüzey alanını artırır.
- α' daki artış ($\alpha = h/r$) belli bir noktadan sonra mimari oran olarak göze hoş gelmemeye başlar. Ancak bu mimari bir tercihtir. Yapılan bu çalışmada yüzey katsayısı $s = 1$ olduğu sınır değeri olarak alınmıştır.
- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) arttıkça toplam kumaş alanı ve fire azalacaktır.

$$\text{Fire} = \frac{2}{p(1 + \beta)} = \frac{2}{p \left(1 + \left(\frac{r_{\bar{u}}}{r_a}\right) \right)}$$

6.3 Hiperboloid 1

Yapılan çalışmada hiperboloid 1 formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hiperboloid 1 formunda dört değişken vardır; t , z , g ve f
 t = Hiperboloid eni
 z = Hiperboloid boyu
 f = Hiperboloid Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği
 g = Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği
- $\varepsilon = g / t$ oranında; $0 < g \leq a/4$ şartı ile $\sigma = f / z$ oranında; $0 < f \leq a/4$ şartı korunmalıdır. Bu oranlarda g sınırların dışına çıktığı zaman yay parabolik olmakta ve f sınırların dışına çıktığı zaman üstü kapatılacak mekanı bölmektedir.
- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup $\varepsilon = g / t$ veya $\sigma = f / z$ artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

$$s = 2(1 - \sigma\varepsilon) \left(\frac{1 + 4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\varepsilon^2}{1 + 4\varepsilon^2} \right) \left(\frac{1 + 4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\sigma^2}{1 + 4\sigma^2} \right)$$

$$s = 2 \left(1 - \frac{fg}{zt} \right) \left(\frac{t^2 + 4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2 - 4g^2}{t^2 + 4g^2} \right) \left(\frac{z^2 + 4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2 - 4f^2}{z^2 + 4f^2} \right)$$

- $\varepsilon = g / t$ ve $\sigma = f / z$ sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa toplam kumaş alanı azalır.

$$k = \frac{\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2}\right) \left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2}\right)}{p}$$

$$k = \frac{\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2}\right) \left(\frac{z^2+4f^2}{4fz}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2}\right)}{p}$$

- $\varepsilon = g / t$ ve $\sigma = f / z$ sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa fire azalır.

$$\text{Fire} = \frac{1}{2p(1-\sigma\varepsilon)} = \frac{zt}{2p(zt-fg)}$$

6.4 Hiperboloid 2

Yapılan çalışmada hiperboloid 2 formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hiperboloid 2 formunda α ($\alpha = h/r$) ve γ ($\gamma = f / a$) olmak üzere iki farklı değişken vardır.
- $\gamma = f / a$ oranında; $0 < f \leq a/4$ şartı korunmalıdır. Bu oranda f sınırların dışına çıktığı zaman yüzey tek kanatlı hiperboloid formunu almakta ve tasarlanan formun dışına çıkılmaktadır.
- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup α ($\alpha = h/r$) veya γ ($\gamma = f / a$) artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

$$s = \left(\sqrt{\alpha^2+1}\right) \left(\frac{1+4\gamma^2}{4\gamma}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2}\right) = \left(\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2+1}\right) \left(\frac{a^2+4f^2}{4fa}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{a^2-4f^2}{a^2+4f^2}\right)$$

- α ($\alpha = h/r$) ve γ ($\gamma = f / a$) sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa toplam kumaş alanı azalır.

$$k = \left(\sqrt{\alpha^2+1}\right) \left(\frac{1+4\gamma^2}{2\gamma p}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{1-4\gamma^2}{1+4\gamma^2}\right) = \left(\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2+1}\right) \left(\frac{a^2+4f^2}{2pfa}\right) \text{Cos}^{-1}\left(\frac{a^2-4f^2}{a^2+4f^2}\right)$$

- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa fire alanı azalır.

$$\text{Fire} = \frac{w2\pi r}{\pi r p} = \frac{2}{p}$$

6.5 Hiperboloid 3

Yapılan çalışmada hiperboloid 3 formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hiperboloid 3 formunda α ($\alpha = h/r$), γ ($\gamma = f/a$) ve β ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) olmak üzere üç değişken vardır;
- $\gamma = f/a$ oranında; $0 < f \leq a/4$ şartı korunmalıdır. Bu oranda f sınırların dışına çıktığı zaman yüzey tek kanatlı hiperboloid formunu almakta ve tasarlanan formun dışına çıkılmaktadır.
- β ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) ve p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup α ($\alpha = h/r$) veya γ ($\gamma = f/a$) artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

$$s = \frac{(1 + \beta) \left(\sqrt{(1 - \beta)^2 + \alpha^2} \right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{4\gamma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right)}{2}$$

$$s = \frac{(r_a + r_{\bar{u}}) \left(\sqrt{(r_a - r_{\bar{u}})^2 + h^2} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4fa} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right)}{2r_a^2}$$

- α ($\alpha = h/r$) ve γ ($\gamma = f/a$) sabit tutulup β ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı azalır.

$$k = \left(\sqrt{(1 - \beta)^2 + \alpha^2} \right) \left(\frac{1 + 4\gamma^2}{2\gamma p} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1 - 4\gamma^2}{1 + 4\gamma^2} \right)$$

$$k = \left(\sqrt{\frac{(r_a - r_{\bar{u}})^2 + h^2}{r_a^2}} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{2pfa} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right)$$

- β ($\beta = r_{\bar{u}} / r_a$) sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa fire azalır.

$$\text{Fire} = \frac{4}{p(1 + \beta)} = \frac{4r_a}{p(r_a + r_{\bar{u}})}$$

6.6 Hiperbolikparaboloid 1

Yapılan çalışmada hiperbolikparaboloid 1 formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hiperbolikparaboloid 1 formda dört değişken vardır; t, z, g ve f
t= Hiperboloid eni
z= Hiperboloid boyu
f= Hiperboloid Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği
g= Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği
- $\varepsilon = g / t$ oranında; $0 < g \leq a/4$ şartı ile $\sigma = f / z$ oranında; $0 < f \leq a/4$ şartı korunmalıdır. Bu oranlarda g sınırların dışına çıktığı zaman yay parabolik olmakta ve f sınırların dışına çıktığı zaman üstü kapatılacak mekanı bölmektedir.
- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup $\varepsilon = g / t$ veya $\sigma = f / z$ artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

$$s = \left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]$$

$$s = \left[\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2+4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2} \right) \right]$$

- $\varepsilon = g / t$ ve $\sigma = f / z$ sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa toplam kumaş alanı azalır.

$$k = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{p}$$

$$k = \frac{\left[\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2+4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2} \right) \right]}{p}$$

- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa fire azalır.
Fire= 1 / p

6.7 Hiperbolikparaboloid 2

Yapılan çalışmada hiperbolikparaboloid 2 formu ele alındığında bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hiperbolikparaboloid 2 formunda dört değişken vardır; t, z, g ve f
t= Hiperboloid eni
z= Hiperboloid boyu
f= Hiperboloid Vadi Doğrultusundaki Yay Uzunluğunun Derinliği
g= Hiperboloid Vadi Doğrultusuna Dik Yay Uzunluğunun Derinliği
- Yüzey alanı; Hiperbolikparaboloid 1 yüzey alanının yarısına eşittir.
- $\varepsilon = g / t$ oranında; $0 < g \leq a/4$ şartı ile $\sigma = f / z$ oranında; $0 < f \leq a/4$ şartı korunmalıdır. Bu oranlarda g sınırların dışına çıktığı zaman yay parabolik olmakta ve f sınırların dışına çıktığı zaman üstü kapatılacak mekanı bölmektedir.
- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) sabit tutulup $\varepsilon = g / t$ veya $\sigma = f / z$ artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

$$s = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2}$$

$$s = \frac{\left[\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2+4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2} \right) \right]}{2}$$

- $\varepsilon = g / t$ ve $\sigma = f / z$ sabit tutulup p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa toplam kumaş alanı azalır.

$$k = \frac{\left[\left(\frac{1+4\varepsilon^2}{4\varepsilon} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\varepsilon^2}{1+4\varepsilon^2} \right) \right] \left[\left(\frac{1+4\sigma^2}{4\sigma} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{1-4\sigma^2}{1+4\sigma^2} \right) \right]}{2p}$$

$$k = \frac{\left[\left(\frac{t^2+4g^2}{4gt} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{t^2-4g^2}{t^2+4g^2} \right) \right] \left[\left(\frac{z^2+4f^2}{4fz} \right) \text{Cos}^{-1} \left(\frac{z^2-4f^2}{z^2+4f^2} \right) \right]}{2p}$$

- p (bir panelden alınabilecek kalıp sayısı) artırılırsa fire azalır.
Fire= 1 / p

Bu veriler doğrultusunda yapılan örneklemede; hiperboloid 3 için elde edilen formüllerin doğruluğunu göstermektedir. Diğer formların formülasyonlarının gerçek örneklerle kontrol edilmesi gerekmektedir (Ek 2).

KAYNAKLAR

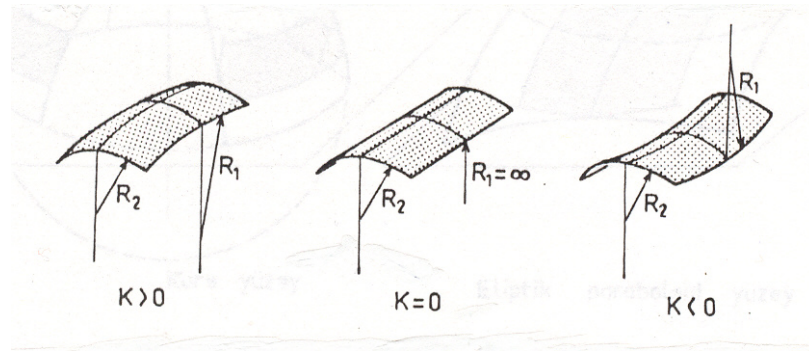
- Arun, E. G., (Temmuz-2000), Şişme Yapılar ve Uygulamaları, Dünya İnşaat, s:83
- Berger, H., (1996), The Art and Engineering of Tensile Architecture, Birkhäuser
- Bradatsch, J., Pätzold, P., Freitas, C. S., Scheuermann, R., Monjo, J. ve Mollaert, M., (2004), Form, European Design Guide for Tensile Surface Structures, Tensinet
- Bradshaw, R., (1995), Characteristics of Fabrics, Tensioned Fabric Structures, New York: American Society of Civil Engineers
- Dansık, F., (1999), Force Density Method and Configuration Processing, Doktora Tezi, Space Structures Research Centre Department of Civil Engineering University of SURREY
- Düzgün, A., (1978), Mimari Mekan Örtüsü Oluşturmada Yüzeysel Taşıyıcılar, Doçentlik Tezi, İ.D.M.M.A.
- FabricArt Membran ve Metal Yapılar Müh. Mim. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. Tanıtım cd'si, (2004)
- Fabrics and Architecture, (1995), Air, Tent & Tensile Structure, IFAI
- Geiger, D., (1989), Membrane Structure, Encyclopedia of Architecture -Design, Engineering & Construction, New York: J. Wiley, 1989.
- Herzog, T., (1976), Pneumatic Structures, New York, Oxford University Press, s:192
- Houtman, R. ve Werkman, H., (2004), Detailing and Connections, European Design Guide for Tensile Surface Structures, Tensinet
- Stroebel, D., (2002), Technet GmbH EasyCad Tanıtım cd'si
- Ishler, M., (1995), Form Determination, Tensioned Fabric Structures, New York: American Society of Civil Engineers
- Schmitz, G., (1995), Course Material for Architecture, Department of Architecture, School of Architecture and Planning, State University of New York at Buffalo
- The Membrane Structures Association of Japan, (1996), Technical Standards for Specific Membrane Structure Buildings
- Türkçü, H. Ç. , (1997), Çekmeye Çalışan Taşıyıcı Sistemler, Eylül Yayınları
- Türkçü, H. Ç. , (2003), Çağdaş Taşıyıcı Sistemler, İstanbul Birsen Yayınevi
- Vandenberg, M., (1996), Soft Canopies Detail in Building, Academy Editions

EK 1

YÜZEYLERİN SINIFLANDIRILMASI

(Özşen, E. G. ve Yamantürk, E., (1990), Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Birsen Yayınevi)

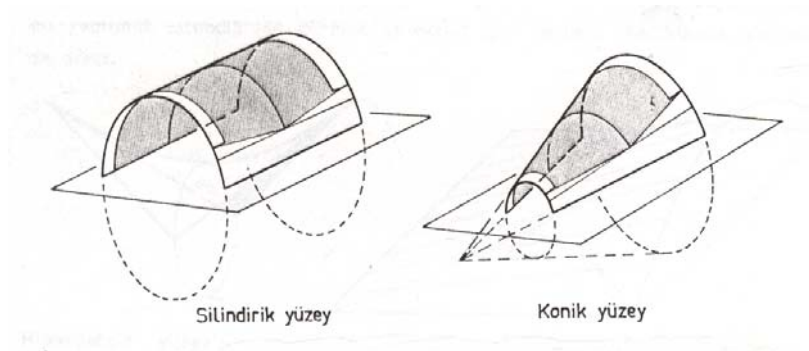
Geometrik bir yüzeyin formu, o yüzeyin asal eğrilikleri ile tanımlanır. Yüzeyleri, geometrik olarak eğrilikleri veya oluşturma yöntemlerine göre sınıflandırılır. Bu çalışmada eğriliklerine göre sınıflandırma üzerinde durulacaktır. Bu sınıflandırma, yüzeyin asal eksenine göre birbirlerine dik düzlemlerle kesilmesi sonucu yarıçapı minimum yada maksimum olan asal eğrilikleri ile yapılır. Gauss eğriliği, asal eğriliklerin çarpılması sonucu elde edilen $K = (1/R_1) \cdot (1/R_2)$ formülüyle tanımlanır. Bu yüzden bir yüzeyi sıfır ($K=0$), pozitif ($K>0$), negatif ($K<0$) olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanımdan, bir yüzeyin eğrilikleri birbirinin aynı yada ters işaretli olabilir (Şekil 1). Ayrıca bir yüzey (torus yüzeyler) üç tip eğriliği de kapsayabilir.



Şekil 1 Eğrilikli Yüzeyler

Sıfır Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K=0$)

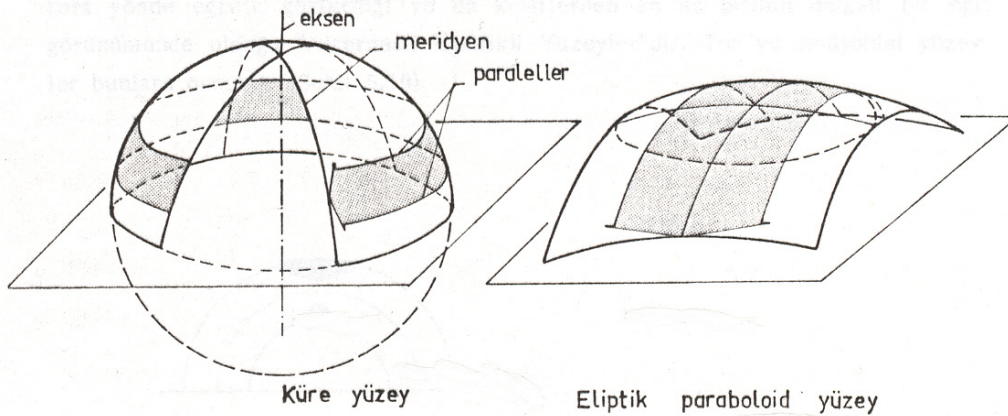
Asal eğriliklerinden biri doğru ($R_1 = \infty$), diğerinin eğri olduğu ($R_2 > 0$) tek eğrilikli yüzeylerdir. Geometrik olarak açılımı dik kenarlı dörtgen ve daire parçası olan silindir ve koni yüzeyler bu gruptandır (Şekil 2).



Şekil 2 Sıfır Gauss Eğrilikli Yüzeyler

Pozitif Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K>0$)

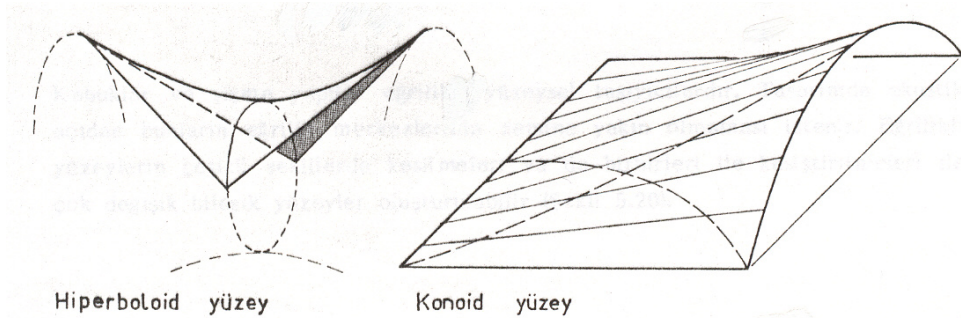
Asal eğriliklerinin pozitif olduğu çift eğrilikli yüzeylerdir. Küre, eliptik paraboloid, dönel paraboloid ve elipsoid yüzeyler bu guruba girer (Şekil 3). Bu yüzeylerin açınımını kesilerek yapıldığından bu tür yüzeylere “Sinklastik Yüzeyler” de denir.



Şekil 3 Pozitif Gauss Eğrilikli Yüzeyler

Negatif Gauss Eğrilikli Yüzeyler ($K<0$)

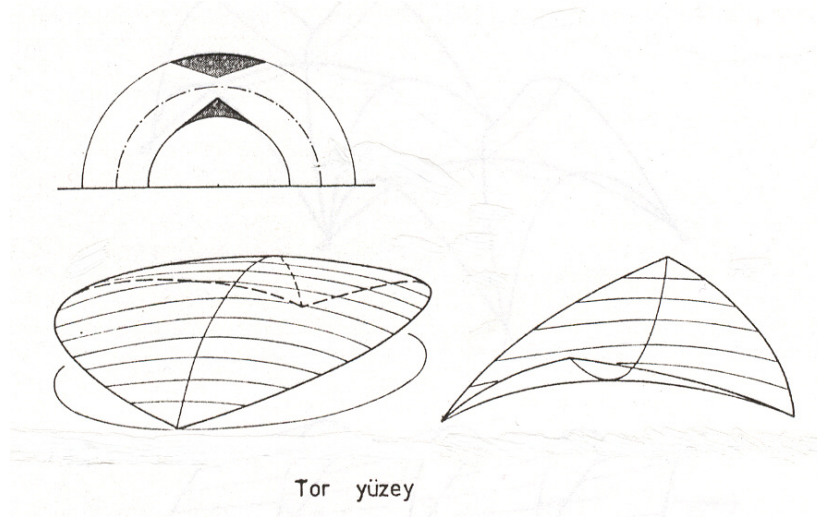
Asal eğrilikleri $R_1<0$ ve $R_2>0$ olan birbirine göre ters işaretli çift eğrilikli yüzeylerdir. Hiperboloid, hiperbolik paraboloid (HP) ve konoid yüzeyler bu guruba girer (Şekil 4). Bu yüzeylerin açınımını yapmak için germek gerektiğinden bu tür yüzeylere “Antiklastik Yüzeyler” de denir.



Şekil 4 Negatif Gauss Eğrilikli Yüzeyler

Alternatif Eğrilikli Yüzeyle

Bir yüzeyin en az üç bölgesinden alınan kesitlerden Gauss eğrilikleri bazılarının sıfır bazılarının pozitif, bazılarının negatif yönde eğrilik gösterdiği yada kesitlerden en az birinin dalgalı bir eğri şeklinde olduğu “Alternatif Eğrilikli Yüzeyle”dir. Tor ve sinüsoidal yüzeyler bunlara örnektir (Şekil 5).



Şekil 5 Alternatif Eğrilikli Yüzeyle

EK 2 ÖRNEK ÇALIŞMA

ANTALYA İKİNCİ DIŞ HATLAR TERMİNALİ MEMBRAN ÖRTÜ PROJESİ

(FabricArt Membran ve Metal Yapılar, (2005))

İŞ VEREN: Çelebi Hava Servisi A.Ş. & IC T.A.Ş.

PROJE MÜELLİFİ: Tekeli-Sisa Mimarlık Ortaklığı

MİMARİ PROJE GELİŞTİRME: GMW Mimarlık ve Danışmanlık Ltd. Şti.

STATİK PROJE: FabricArt Membran ve Metal Yapılar



Şekil 6 Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali

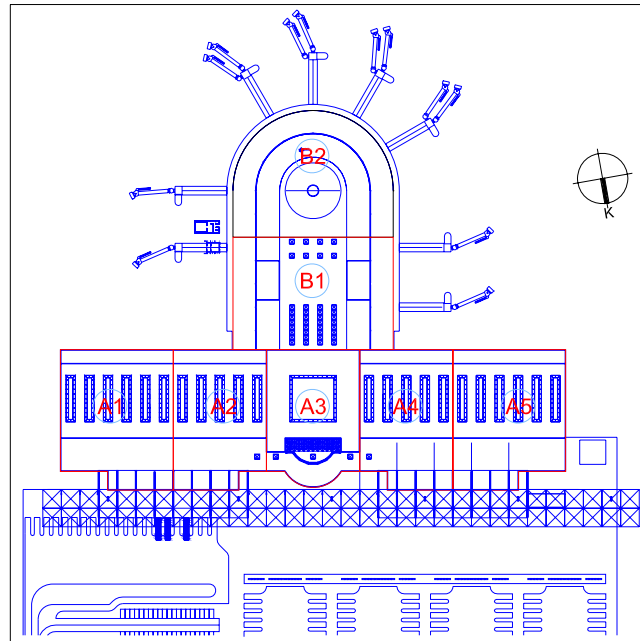
Antalya Havalimanı turizm sektörünün gelişmesi, turist sayısındaki hızlı artış ve buna paralel olarak artan hava ulaşımı ihtiyacını karşılamak amacıyla İkinci Dış Hatlar Terminalinin yapılmasına karar verilmiştir. Bu yapılar içerisinde Tekeli-Sisa Mimarlık Ortaklığı'nın projesi hazırladığı binanın yolcu giriş ve çıkış mekanının üstü 35 metre çapındaki membran örtüden oluşmaktadır.

Membran örtü projesinin oluşturulması, detaylandırılması ve statik projesi FabricArt Membran ve Metal Yapılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Membran malzemesi olarak Tip IV PVC kaplamalı PTFE dokumalı Ferrari marka kumaş seçilmiştir. Membran örtü sistemi iki

adet yarım Hiperboloid 3 modülden oluşmaktadır. Sistem betonarme yapının üzerine oturan dört adet kafes, iki adet eğri profilli değişken kesitli I profilden oluşmaktadır. İki modüllünde üst çapları farklı seçilerek, küçük modül büyük modülün kafes kirişlerinin alt başlıklarına bağlanması ve kafes sistem camla kaplanarak içeriye hem doğal ışığın hem de estetik olarak hoş bir görüntünün oluşması amaçlanmıştır.



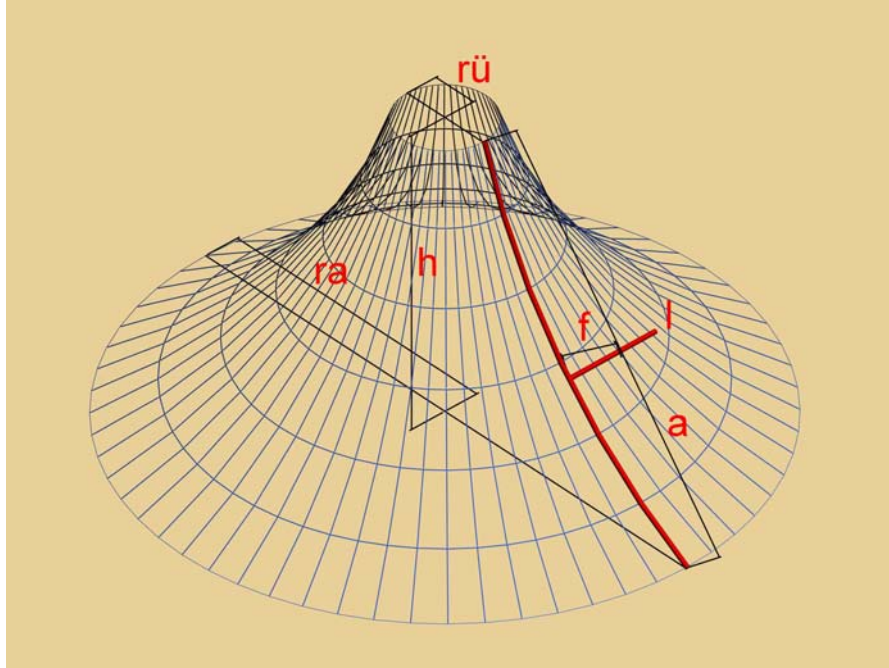
Şekil 7 Membran örtünün üç boyutlu modelmiş resmi ve bitmiş hali



Şekil 8 Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Vaziyet Planı

Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Membran Örtü Projesi Büyük Modüle Ait Çalışma

Tezde yapılan çalışma gerçekte uygulanmış bir proje olan Antalya İkinci Dış Hatlar Terminal binasına aittir. Ölçüler yapının projesinden alınmıştır. Notasyonlar için bölüm 5.5'e bakılabilir.



Şekil 9 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları

$$r_u=3,1 \text{ m}$$

$$r_a=17,7 \text{ m}$$

$$h=13 \text{ m}$$

$$f=1,9 \text{ m}$$

$$a=19,57 \text{ m}$$

Yanal Yüzey Yay uzunluğu;

$$l = \left(\sqrt{(r_a - r_u)^2 + h^2} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4fa} \right) \cdot \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right) = 20,032 \text{ m' dir.}$$

Yapının Yüzey Alanı;

$$A_y = \pi \left(\frac{r_a + r_i}{2} \right) l = 654,49 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Yapının Toplam Kumaş Alanı;

$$A_k = \frac{n.l}{p} . w = 743 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu değerler hesaplandıktan sonra yüzey katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$s = \frac{\text{Yüzey Alanı}}{\text{İzDüşüm Plan Alanı}} = 1,329$$

k sabiti ise;

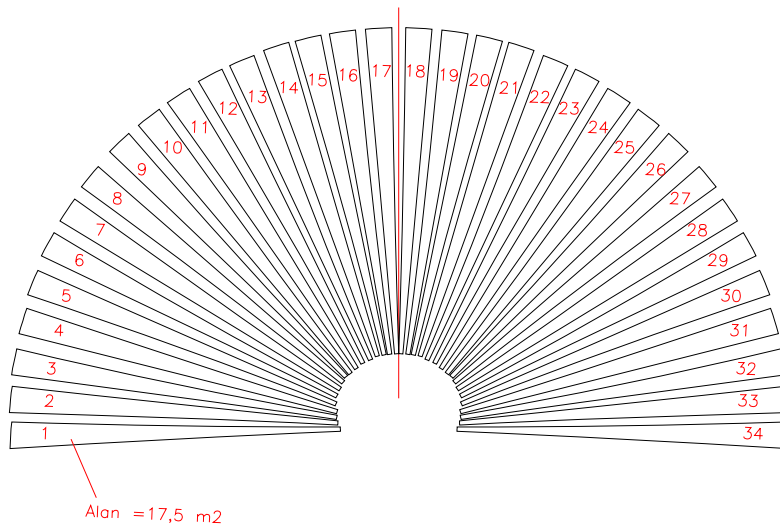
$$k = \frac{\text{Toplam Kumaş Alanı}}{\text{İzDüşüm Plan Alanı}} = 1,509 \text{ olarak bulunur.}$$

Fire ise, k ile s arasındaki oran ile hesaplandığında,

$$\text{Fire} = \frac{k}{s} = 1,135 \text{ bulunur.}$$

Kumaş genişliğinin 1,80 m olması nedeni ile kaynak genişliği, ve kumaş temizleme payları da hesaba katılarak panel genişlikleri ve adetleri;

$$n = \text{Panel Sayısı} = \frac{\text{Ç}}{w} = \frac{2 \pi r_a}{w} = 34 \text{ adet olarak bulunur.}$$

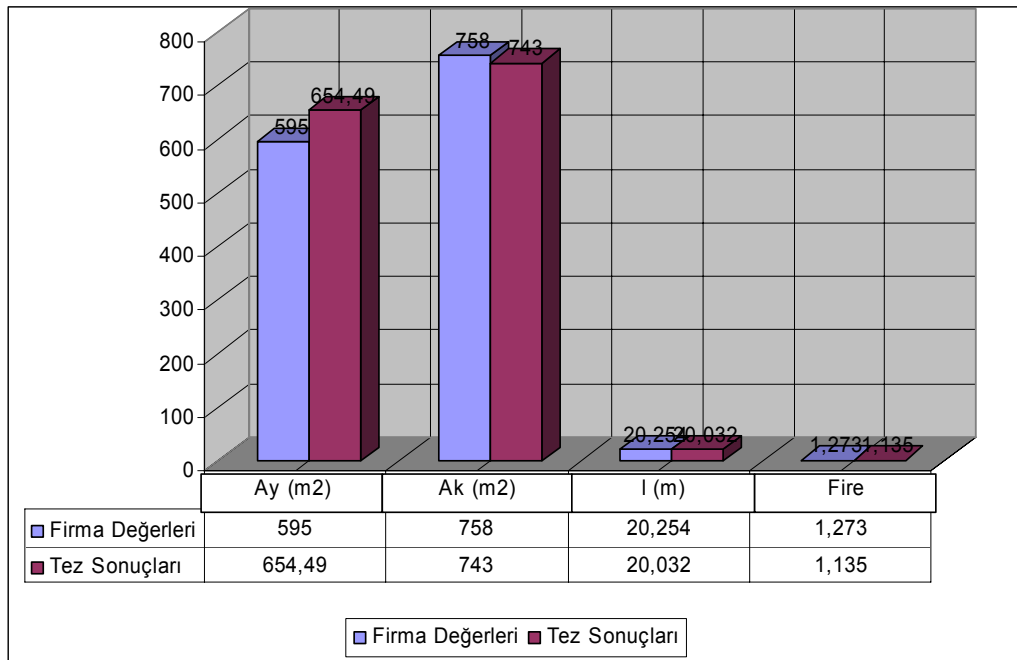


Şekil 10 Büyük Modül membran kesme şablonu

Büyük modülün kesme şablonunda görüldüğü gibi membran örtü 34 adet panele bölünmüştür. Her bir panelin alanı 17.5 m^2 'dir. Aşağıdaki hem tabloda hem de grafik olarak yukarıdaki formüller kullanılarak tez değerleri ile imalatçı firmadan alınan değerler verilmiştir.

Çizelge 1 Büyük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları tablosu

AHL Büyük Modül	Firma Değerleri	Tez Sonuçları	Yaklaşım (%)
Ay (m ²)	595	654,49	9,99
Ak (m ²)	758	743	2
l (m)	20,254	20,032	1,1
Fire	1,273	1,135	1,121

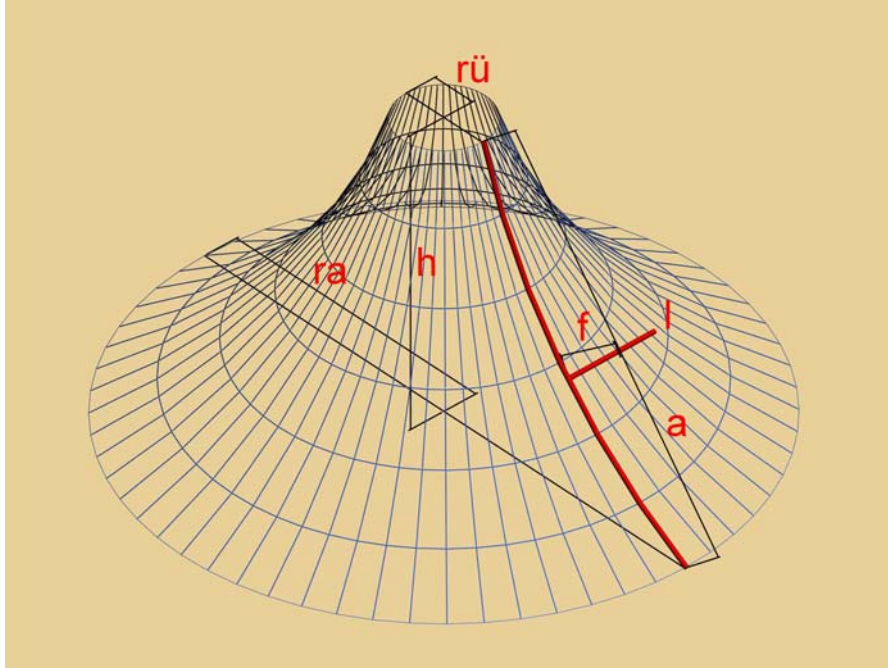


Şekil 11 Büyük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları grafiği

Firma değerleri ile tez sonuçlarının yüzde olarak karşılaştırılmasında, bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülür. Bulunan formüllerin gerçekçi olduğu sonucuna varılabilir.

Antalya İkinci Dış Hatlar Terminali Membran Örtü Projesi Küçük Modüle Ait Çalışma

Tezde yapılan çalışma gerçekte uygulanmış bir proje olan Antalya İkinci Dış Hatlar Terminal binasına aittir. Ölçüler yapının projesinden alınmıştır. Notasyonlar için bölüm 5.5'e bakılabilir.



Şekil 12 Hiperboloid 3 yüzeyi ve ayrıtları

$$r_u=1,9 \text{ m}$$

$$r_a=17,7 \text{ m}$$

$$h=9,2 \text{ m}$$

$$f=1,9 \text{ m}$$

$$a=18,2 \text{ m}$$

Yanal Yüzey Yay uzunluğu;

$$l = \left(\sqrt{(r_a - r_u)^2 + h^2} \right) \left(\frac{a^2 + 4f^2}{4fa} \right) \cdot \text{Cos}^{-1} \left(\frac{a^2 - 4f^2}{a^2 + 4f^2} \right) = 18,80 \text{ m' dir.}$$

Yapının Yüzey Alanı;

$$A_y = \pi \left(\frac{r_a + r_i}{2} \right) l = 578,98 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Yapının Toplam Kumaş Alanı;

$$A_k = \frac{n.l}{p} . w = 644 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu değerler hesaplandıktan sonra yüzey katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$s = \frac{\text{Yüzey Alanı}}{\text{İzDüşüm Plan Alanı}} = 1,176$$

k sabiti ise;

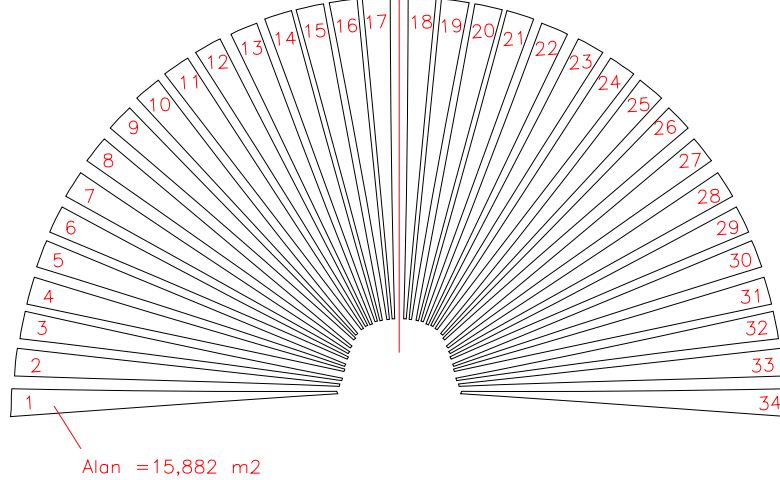
$$k = \frac{\text{Toplam Kumaş Alanı}}{\text{İzDüşüm Plan Alanı}} = 1,308 \text{ olarak bulunur.}$$

Fire ise, k ile s arasındaki oran ile hesaplandığında,

$$\text{Fire} = \frac{k}{s} = 1,112 \text{ bulunur.}$$

Kumaş genişliğinin 1,80 m olması nedeni ile kaynak genişliği, ve kumaş temizleme payları da hesaba katılarak panel genişlikleri ve adetleri;

$$n = \text{Panel Sayısı} = \frac{\text{Ç}}{w} = \frac{2 \pi r_a}{w} = 34 \text{ adet olarak bulunur.}$$



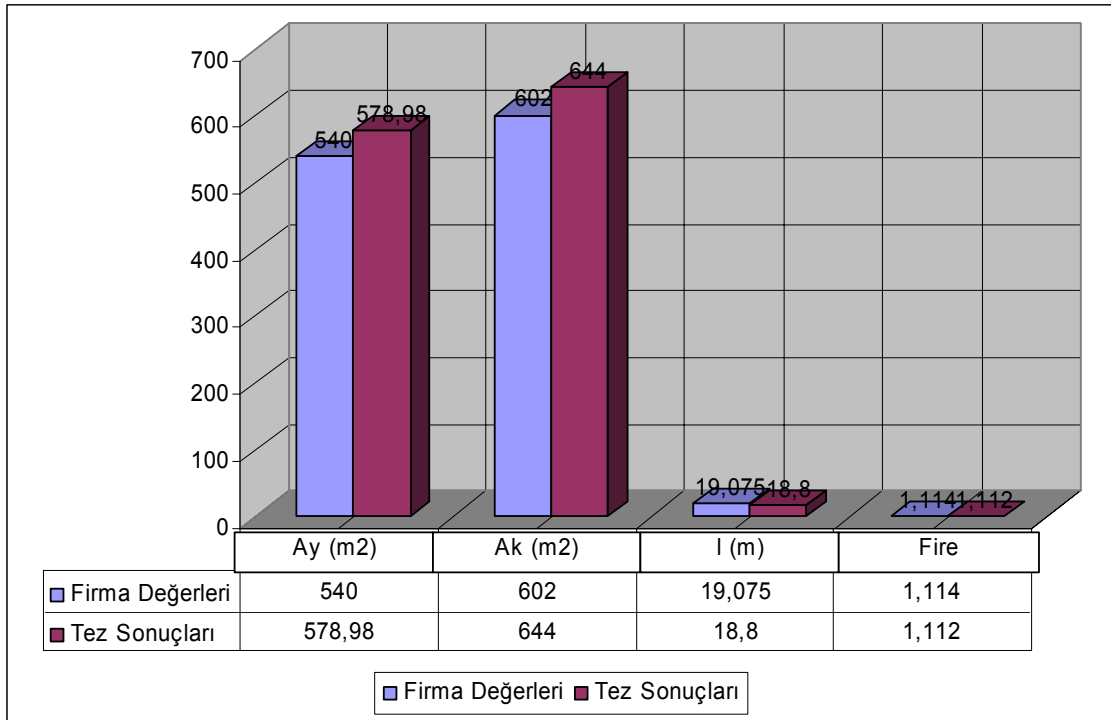
Şekil 13 Küçük Modül membran kesme şablonu

Küçük modülün kesme şablonunda görüldüğü gibi membran örtü 34 adet panele bölünmüştür. Her bir panelin alanı 15.88 m^2 'dir.

Aşağıdaki hem tabloda hem de grafik olarak yukarıdaki formüller kullanılarak tez değerleri ile imalatçı firmadan alınan değerler verilmiştir.

Çizelge 2 Küçük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları tablosu

AHL Küçük Modül	Firma Değerleri	Tez Sonuçları	Yaklaşım (%)
Ay (m ²)	540	578,98	7,21
Ak (m ²)	602	644	7
l (m)	19,075	18,8	1,4
Fire	1,114	1,112	0,1



Şekil 14 Küçük Modül Firma değerleri ile Tez sonuçları grafiği

Firma değerleri ile tez sonuçlarının yüzde olarak karşılaştırılmasında, bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülür. Bulunan formüllerin gerçekçi olduğu sonucuna varılabilir.

Her iki modülde de firma değerleri ile tezin ortaya koyduğu değerlerin %10'nun altında yaklaşık değerler vermesinin sebebi; tezin hesaplamalarındaki hiperboloid eğrisi yüzeyin her noktasında aynı f değeri ile yüzeyi taramakta buna karşılık firmanın hesaplamalarındaki hiperboloid eğrisi yüzeyi başlangıç ve orta noktasında farklı f değerleriyle taramaktadır. Bunun sebebi yüzey formu bulunurken yüzeyin dış yükler altında ortaya çıkan denge formu

esas alınmasıdır. Bu durumda dahi sonuçlar birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

Yukarıdaki hesaplamalar ile sonuçlar kısmında belirtilen şartların sağlandığı görülmüştür. Buna göre; aynı izdüşüm plan alanına sahip (r_a değerlerinin aynı) buna karşılık farklı r_i , h ve a değerleri olan Hiperboloid 3 yüzeylerin A_y , A_k , l , s , k , 'Fire' değerlerindeki değişim tezde bulunan formüller yardımıyla belirlenebileceği düşünülmektedir.

Hiperboloid 3 için elde edilen şartlar (bölüm 6.5);

- $\gamma = f / a$ oranında $0 < f \leq a/4$ şartı;
Büyük Modül $f = 1,9 \text{ m}$ ($0 < 1,9 \leq 4,89$)
Küçük Modül $f = 1,9 \text{ m}$ ($0 < 1,9 \leq 4,55$) korunmuştur.
- p sabit tutulup $\alpha = h / r_a$ veya $\gamma = f / a$ artırılırsa yüzey alanı ve toplam kumaş alanı artar.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.03.1977

Doğum yeri İstanbul

Lise 1991-1994 Haydarpaşa Lisesi

Lisans 1996-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Mimarlık BölümüYüksek Lisans 2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı**Çalıştığı kurum(lar)**

2002-2003 Armada Ofis Mobilyaları

MNG BANK Kadıköy Şubesi Dekorasyonu
MNG Factoring Gümüşsuyu Şubesi
Dekorasyonu

2003-2004 Recon A.Ş.

Rock`n Coke 2003 Şantiye Şefi
2003 Boat Show Kalamış Şantiye Şefi
BJK-İnönü Stadyumu Yeni Açık Tribün Şantiye
Şefi

2004-Devam ediyor FabricArt Membran ve Metal Yapılar

Kaşı Beyaz Restaurant Şantiye Şefi
Kağıthane TOFAŞ-FIAT Showroom Çadırı
Şantiye Şefi
Pendik Belediyesi Çok Amaçlı Çadır Şantiye
Şefi