

JEOTEKSTİLLERİN ÇEŞİTLERİ, KULLANIMI EN YAYGIN OLAN TİPLERİN
ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teks. Müh. Mahinur AKTAŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21.01.1991

Tezin Savunulduğu Tarih : 06.02.1991

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bülent ÖZİPEK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa KÖSEOĞLU
Dr. H. Oktay ÇULCUOĞLU

Şubat 1991

ÖNSÖZ

İnşaat sektöründe jeotekstil malzemelerin klasik inşaat malzemelerinin yerini almaya başlaması 1960 yılında başlamış ve günümüze kadar çok hızlı bir artış göstermiştir. Malzemenin metrekare fiyatının ucuzluğu, işçilik ve ekipman gerektirmemesi, yol inşaatlarında bir (km) yol için ortalama bir milyon (TL) tasarruf sağlaması ve en önemlisi iş veriminin oldukça yüksek olması, bu artışın sebebini izah etmektedir. Ancak kullanıcı firmalar için en büyük zorluk, uygun tipin seçilmesi hususunda olduğundan ve buda jeotekstil malzeme özelliklerinin fazla bilinmemesinden kaynaklandığından, çalışmamda bu konu ele alınmış, farklı tipdeki jeotekstillerin deney sonuçlarından yola çıkarak özellikleri bakımından aralarındaki farklar sergilenmiştir.

Bu çalışmalarında bana hertürlü desteği gösteren sayın hocam Dr.H.Oktay Çulcuoğlu ve Doç.Dr. Bülent Özipek'e sonsuz saygılarımla birlikte teşekkür ederim.

Ocak 1991, İstanbul

Mahinur AKTAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. JEOTEKSTİLLER	6
2.1 Tanımı ve Tüketim Durumu	6
2.2 Fonksiyonları ve Kullanım Amaçları	6
2.2.1 Fonksiyonları	6
2.2.1.1 Mekanik Fonksiyonlar	7
2.2.1.2 Hidrolik Fonksiyonlar	8
2.2.2 Spesifikasyon, Fonksiyon ve Amaç İlişkileri	9
2.3 Avantaj / Dezavantaj	10
2.3.1 Avantajlar	10
2.3.2 Dezavantajlar	10
2.4 Sınıflandırma	10
2.4.1 Dokuma Kumaşlar	11
2.4.2 Non-Woven (Dokuma Olmayan) Kumaşlar	11
2.4.3 D.S.F Kumaşlar	11
2.4.4 Jeoelekler (Yer Izgaraları)	11
2.5 Uygulamalar	12
2.5.1 İnşaat Sahalarında Geçici Olarak Yapılan Servis Yolları (Asfalt Olmayan Yollar)	12
2.5.2 Karayollarındaki Uygulamalar (Asfaltlı Yollar)	12
2.5.3 Asfalt Çatlaklarının Önlenmesi	13
2.5.4 Demiryollarındaki Uygulamalar	13
2.5.5 Dolgu İnşaatları	13
2.5.6 İstinat Duvarları	13
2.5.7 Şev Stabilizasyonundaki Uygulamalar	14
2.5.8 Drenaj Uygulamaları	14
2.5.9 Baraj Gövdelerinde, Sedde İnşaatında	14
2.5.10 Filtrasyon Uygulamaları	14
BÖLÜM 3. NON-WOVEN JEOTEKSTİLLER	16
3.1 Pazar Durumu	16
3.2 Üretim	17
3.2.1 Non-Woven Üretim Yöntemleri	17
3.2.1.1 Stapel Elyaf Temeline Dayanan Klasik Non-Woven Tekniği	19
3.2.1.2 Eriterek Birleştirme (Spunbonding) Tekniği	23
3.2.2 Jeotekstil Non-Woven Üretim Hattı	24
3.2.2.1 Stapel Elyafı Esas Alan Üretim Hattı	24
3.2.2.2 Eriterek Birleştirme (Spunbonding) Tekniğine Dayanan Üretim Hattı	30

3.2.3	Bir Jeotekstil Non-woven Üretim Hattının Maliyet Etüdü	33
3.2.3.1	Materyal Akışı Diagramı	33
3.2.3.2	Makina Listesi	34
3.2.3.3	Üretim Programı	35
3.2.3.4	Montaj Süresi ve Montör Sayısı	35
3.2.3.5	Yıllık İşletme Gelirleri	36
3.2.3.6	Yıllık İşletme Giderleri	37
3.2.3.7	Yıllık Kâr / Zarar	38
3.2.3.8	İşletme Sermayesi	38
3.2.3.9	Sabit Yatırım Tutarı	38
3.3	Kalite Kontrol	39
3.3.1	Test Edilen Başlıca Özellikler	39
3.3.1.1	Birim Alan Ağırlığı	39
3.3.1.2	Boşluk Oranı	40
3.3.1.3	Çekme Gerilimleri Altında Şekil Değiştirme	40
3.3.1.4	Su Geçirgenliği	41
3.3.1.5	Dış Etkenlere Karşı Dayanım Özelliği	41
3.3.2	Test Metodları	42
3.3.2.1	Mekanik Testler	42
3.3.2.2	Hidrolik Testler	49
3.3.2.3	Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkilere Karşı Mekanik Mukavemet Testi	52
3.4	Non-Woven ve Diğer Tip Jeotekstillerin İmalat Tekniği Bakımından Karşılaştırılması	53
3.4.1	Materyal Akışı Yönünden Değerlendirme	54
3.4.2	Hammadde Açısından Değerlendirme	55
3.4.3	Malzeme Özellikleri Bakımından Değerlendirme	59
3.4.3.1	Non-Woven ve Dokuma Tip Jeotekstillerin Karşılaştırılması	59
3.4.3.2	Dokuma Tip Jeotekstillerin Jeoelekler ve Kompozit Malzemelerle Karşılaştırılması	65
3.4.3.3	Değişik Yöntemlerle Elde Edilen Non-Woven Jeotekstillerin Birbiriyle Kıyaslanması	68
BÖLÜM 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER		72
KAYNAKLAR		73
EKLER		74
ÖZGEÇMİŞ		76

ÖZET

Son yıllarda dünya çapında çok büyük ilgi uyandıran endüstriyel tekstillerin bir dalı olan ve inşaat mühendisliğine hizmet eden jeotekstil malzemelerin kullanımı, çok kısa zamanda artış göstermiştir. Bu çalışmada, jeotekstil malzemelerinin fonksiyonları, çeşitleri, uygulamaları ve tüketim durumları izah edilmiş, farklı tip jeotekstillerin özellikleri bakımından birbirleriyle karşılaştırılmasına da yer verilmiştir. Bu arada en çok kullanılan tip olması nedeniyle non-woven tip jeotekstiller üzerinde detaylı olarak durulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde endüstriyel tekstil malzemelerinin tüketiminde, son yıllardaki önemli artış ve bu artışın sebepleri izah edilmiştir. Ayrıca endüstriyel tekstiller (teknik tekstiller) başlığı altında bir sınıflandırma yapılarak geniş bir tablo oluşturulmuştur.

İkinci bölüm endüstriyel tekstil malzemelerinin önemli bir alt sınıfı olan jeotekstillerin tanıtılması mahiyetindedir. Fonksiyonları, sınıflandırılması, uygulamaları, avantaj/dezavantajları izah edilmiştir.

Üçüncü bölümde non-woven jeotekstillerin üretim yöntemleri, kalite kontrolleri ve gerçek bir jeotekstil non-woven üretim hattının hem teknik hem maliyet özellikleri belirtilmiştir. Bunun yanısıra farklı tipteki jeotekstiller üzerinde yapılan testler dikkate alınarak özelliklerinin karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmiş, önemli hususlar belirtilmiştir ve çalışma yöntemi ekte verilmiştir.

SUMMARY

AN ASSESS ABOUT THE CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF GEOTEXTILE MATERIALS TOGETHER WITH THEIR MOST COMMON USED MANUFACTURING PROCESSES

Textile products, in general, can be classified in three main groups such as garments, home textiles, and industrial textiles. Industrial textile sector, which is one of these groups, form by 10% of world's textile production a year, and this amount matches nearly 900.000 tons per year. So, it can be said that industrial textiles has aroused much interest in recent years. 11 Subtitles can be available when industrial (Technical) textiles are generally classified. These are composites, catching and protecting nets, materials for body protection, industrial clothes, filter clothes, packing materials, geotextiles, medical textiles, textiles for transportation, industrial heat isolation materials, and textiles for military purposes. When the consumption amounts of these materials are considered, geotextiles take place in the first ranks from the top because of their rapid increment in their production amount. Geotextiles, they are a sort of industrial textiles, have been taken into consideration in this study, since there is a great consumption of these materials and consumers do not have much information of them.

Chapter II has the nature that can provide information to anyone who has no knowledge about geotextiles. The term "geotextile" is used for textile products and their by-products concerning earth and earth-based structures. Geotextile consumption has been increasing since 1960. At present, it is estimated that geotextile consumption is nearly 250-400 million m^2 per year, in whole world, and

it is expected that this amount will increase to 1000 million m² on the year of 2000. Geotextiles, which have greater importance day by day, have two main functions. Mechanical functions are related to separating, reinforcement and protection characteristics. Hydraulic functions are related to drainage and filtration characteristics. Since not knowing about geotextile functions and the purposes of these functions can be one of the reasons to decrease efficiency, they are especially explained in this study. During the use of these materials, some disadvantages such as difficulty in choosing the right type, clogged pores, corruption after a long time in day light, and difficulty in importation should not be ignored, although they are cheap, economical, easy to store, resistant against bacteria and decays, and they require no labour force and equipments, and have the ability to work in a temperature range from 40°C to 100°C. General information of geotextiles concerning their application fields and construction types has been given in the last parts of Chapter II.

Chapter II refers to one of the most common types of geotextiles known as non-woven geotextiles. In this chapter, all the detailed information concerning non-woven geotextiles has been given. Before all else, it has been explained why non-woven types of geotextiles are especially preferred by considering industries using non-woven geotextiles all over the world and the increment in their consumption amount. It is necessary to examine non-woven manufacturing processes in detail in two manners. First one is in accordance with the raw material, and the second is in accordance with process of obtaining non-woven surfaces. The raw material can be in two states: Staple, and continuous. So, there are two different manufacturing processes which have great diversity, at the beginning of

Chapter III, all existing production methods have been explained, one by one. Other parts of Chapter III refer to a real production line concerning non-woven geotextiles. Firstly, a production line based on spunbonding method has been explained, step by step, from every point of view including all details. And then, a study on general costs of a mill in which spunbonding method is carried out has been done.

Quality control applied to materials which is one of the most important parts of this study has been taken into consideration in two stages. The first is related to characteristics of geotextiles tested. And, the second is related to methods of quality control. It can briefly be summarized that main characteristics of non-woven textile surfaces can be classified as physical, mechanical, hydraulic and strength characteristics. The desired results in civil engineering applications can be obtained by keeping these characteristics under control. For example, unit area weight which is one of the most important physical characteristics for geotextiles varies from 100 to 1000 gr/m². Space dimensions vary between 50-350 micron for a space rate, which is another physical characteristic, by 90% (that means spaces are thinner than 90%). Deformation under tensile determines mechanical characteristics of material depends on dimensions of the sample, environment temperature, and increment in tensile stress. Water permeability determining hydraulic characteristics can be expressed with the unit of Litre/second/m², and water pressure used in test is, in general, equal 10 cm, of water column. Permeability in non-woven type of geotextile is nearly 200 Lt/sec/m². But, this value decreases depending on the increasing pressure. Strength of non-woven geotextiles against external affects depends not only on the structure of textile material and

polymer characteristics as basic material, but also on the production method and additive. Test methods used for above mentioned characteristics can be classified as mechanical tests, hydraulic tests, and strength tests against physical, chemical and biological affects. At present, these tests are carried out pursuant to the terms and conditions of ASTM, DIN, NEN, BS, AFNOR, etc., and to the standards of some international organizations such as ISO, RILEM, EDANA. But, it requires a couple of years more to unite these test methods under an international standard. It must also be expressed that real load effecting geotextiles and other external affects can only be predicted and test are carried out under various assumptions.

The last parts of Chapter III also constitute the conclusion of this study. Those are dealt with the results of above mentioned quality control tests applied to samples of geotextiles. In addition, a comparison between these are results has been made. As it is known, geotextiles are mostly used in construction sector. So, the biggest problem is to choose the correct type of geotextile having required characteristics. This study has been done, briefly, as an enlightenment of the solution of this problem.

Before all else, flow of matrial belonging to the most common types of geotextiles has been considered, then raw materials and their characteristics had been tabled. Since polyesters and polyprophilens are mostly used in manufacturing geotextiles, these two raw materials had been explained more detailed and some experiments had been done to make a comparison between their chemical strengths. Polyester geotextiles are preferred in the structures to be used in water because of their greater specific gravity. But, the most important disadvantage for polyester is to

become hydrolysis resulting from the combination of humidity, alkali environment, and/or high temperature.

In the following parts, all the tested characteristics of geotextile materials have been inspected one by one, and first a comparison between non-woven and woven types of geotextiles and geogrids and composit materials, and finally a comparison between non-woven types of geotextiles had been made by using test methods for geotextile materials. And it was understood that although woven types of geotextiles were stronger than non-woven types of geotextiles which were based on staple fibres, they had less strength than non-woven types of geotextiles produced by the method of spunbonding. And if geotextiles based on staple fibres are listed according to their strengths, mechanical bondign non-woven types of geotextiles take the first rank, and heat bonding non-woven types of geotextiles take the second rank. Mechanical bonding samples give better characteristics than heat bonding ones by 80-90%, and they are more preferrable, as it is seen in the results of tests.

As a result, quality control for geotextile samples has great importance, since efficient use of geotextile materials is only possible when the right type is used in the right place, and this causes the characteristics to be known very well. Essential characteristics in comparison of samples are physical, mechanical, hydraulic, and strength characteristics. Finally, it has to be stated that geotextile samples cause better results than other conventional construction materials when efficiency considere, even if they have diversities in both quality and being economical.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tekstil ürünlerini, giysilik, ev tekstilleri ve endüstriyel tekstiller olmak üzere üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunların içerisinde endüstriyel veya teknik tekstiller son yıllarda dünyada en çok ilgi uyandıran sektör olmuştur. Bu ilgi sonucunda endüstriyel tekstiller önemli bir pazar meydana getirecek gelişme göstermişlerdir. Düşük özgül ağırlık, esneklik, mukavemet, ısıya, soğuğa ve erezyona karşı dayanıklılık gibi önemli teknik özellikler endüstriyel tekstilleri cazip ve ekonomik malzemeler haline getirmiştir. [1] Bu malzemelerin öneminin gittikçe artmasının diğer sebepleri şöyle sıralanabilir :

- teknolojik gelişim ve yeniliklerin getirdiği yeni problemlerin çözümünde geliştirilmiş tekstil malzemelere duyulan ihtiyaç
- çevre kirliliğini önlemek amacıyla bazı malzemeleri filitreleme metodlarının geliştirilmesi ve değiştirilmesi
- inşaat sektörü ve otomotiv sanayinin taşıt yapımı iş kolunda montajı kolay olan hafif ve ucuz tekstil malzemelerinin kullanılması,
- daha uygun özellikleri olması sebebiyle tekstil malzemelerinin metal veya diğer malzemelerin yerini alması.

Endüstriyel tekstiller halen dünya tekstil üretiminin % 10 oranı kadardır ve bu da yılda yaklaşık 900'000 ton etmektedir. Endüstride gelişmiş ülkeler bu alanda daha güçlü bir pozisyona sahiptirler. Örneğin, 1990 yılında ABD' de bu gibi ürünlerin pazardaki payının % 30 ve A.T.'de % 25 olması beklenmektedir. ABD'de 3-4 yıl içinde giysilik tekstillerin pazardaki payının % 50 oranından % 35 oranına düşmesi beklenirken, ev tekstillerinin % 30 oranından % 35 oranına ve daha öncede bahsedildiği gibi endüstriyel tekstillerin % 20'den % 30 oranına yükselmesi beklenmektedir. Bu da gösteriyor ki; yüzyılın sonuna doğru üç temel kullanım alanı ABD'de tekstil pazarında eşit miktarda söz sahibi olacaktır. [2]

Kendine özgü özelliklere sahip lifler ve iplik çeşitleri, yüksek mukavemetli sentetikler, poliester ve poliamid, poliolefin, polipropilen ve polietilen, cam elyaftan yapılmış iplikler ve karbon, aramid gibi yüksek performanslı yeni lifler, inşaat sektöründe kullanılan klasik tekstil dışı malzemelerin yerini almıştır. Yeniliklere açık ve başarılı mamüllerdeki gelişme, yeni metodlar ve teknoloji, mevcut pazarları genişlettiği gibi endüstriyel tekstiller için de yeni fırsatlar yaratmıştır.

Endüstriyel tekstiller, çalışma hayatında kullanılan korunma ve emniyet giysilerinde, ilk yardım ve kurtarma çalışmalarında, spor ve rahat giyim sektöründe günümüzün vazgeçilmez ihtiyacı olmuştur.

Endüstriyel tekstillerin otomobil endüstrisinde oto lastiği bezinden tutunda filitrelik kumaşlara, dahili astarlamadan kompozit malzemelere kadar yirmibeşin üzerinde uygulaması vardır. Aynı durum uçak, gemi ve uzay endüstrisinde de söz konusudur. Yapı malzemesi olarak tekstillerin kullanılması ise iyice yerleşmiştir. Toprak işlerinde ve hidrolik yapılarda kullanılan klasik yapı malzemeleri yerini jeotekstillere bırakmıştır. Endüstriyel tekstillerin rol oynamadığı hiçbir endüstri dalı yoktur. Örneğin; hassas kumaşlar, filtre bezleri, serigrafi bez baskı endüstrisinde veya kuvvetlendirme ve izolasyon gibi ihtiyaçlar için kullanılmaktadır. Taşıyıcı kayışlar ve boru hatları, esnek silolar ve sıvı taşıyan teknelerin, tankların iç kısımlarının astarlanması, taşıma araçlarının kaplamaları ve kaplanmış yüksek mukavemetli sentetiklerin kullanıldığı diğer uygulamalar günümüzde endüstriyel tekstillerin pazardaki önemli payını izah etmeye yetmektedir. Endüstriyel kumaşların tıbbi, zirai ve çevrecilikle ilgili uygulamaları da hızla yaygınlaşmaktadır. [1]

Endüstriyel tekstillerin tüketim miktarları hakkında bir fikir edinmek için aşağıdaki tabloları incelemek gerekmektedir.

Tablo 1.1 : Seçilmiş ABD Pazarlarında Endüstriyel Tekstillerin Kullanımı, 1985

<u>Sıra No</u>	<u>Kullanma Yeri</u>	<u>Milyon (m²)</u>
01	Tıbbi (işlevsel)	2'090
02	Halı tabanı	1'254
03	Plastik takviye	418
04	Şerit	418
05	Torbalar	293
06	Temizlik bezi	251
07	Otomobil	230
08	Jeotekstil	209
09	Tıbbi (giysi)	209
10	Duvar kaplama	208
11	Kitap ciltleme	167
12	Bavul	125
13	Ayakkabı	105
14	Tarımsal	84
15	Ağlık	84
16	Korunma giysisi	84
17	Çatı kaplama	84
18	Muşamba	84
19	Uyku tulumu	50
20	Çadır (kamping)	46
21	Törpü maddeleri	42
22	Kayış	38
23	Kuru süzme	33
24	Jeo-zar	33
25	Çadır (kiralık)	33
26	Yaş süzme	25
27	Bayrak	25

28	İş eldiveni	25
29	Deniz örtüsü	25
30	Dar kumaş	25
31	Taşıma kumaşları	21
32	Tente	17
33	Tampon	17
34	Deniz	13
35	Yelken bezi	13
36	Hortum	8
37	Sırt çantası	5
38	Mimari	4
39	Balon	3
	Toplam	6'898

Kaynak : Huntex Management Corporation

Tablo 1.2 : Batı Avrupa'da Endüstriyel Tekstillerin Tüketimi

Sıra No	Kullanım Yeri	Oran (%)
01	Halı tabanı	15
02	Oto lastiği bezi	11
03	Tıbbi / hijyenik	8
04	Otomobil tekstilleri	7
05	Kayış tertibatı	5
06	Halat, şerit ve ip	5
07	Kaplanmış kumaş	4
08	Çantalar, çuvallar FIBC's v.b.	4
09	Jeotekstiller	4
10	Filtre malzemesi	3
11	Ağlar	2
12	Diğer kullanım alanları	32
	Toplam (yaklaşık)	700'000 (ton)

Kaynak : David Rigby Associates

"Endüstriyel tekstiller" terimi bu geniş ve çeşitli kullanım yerlerini tanımlamada oldukça yetersiz kalmaktadır. "Endüstriyel" deyiminden kastedilen giyim ve ev tekstilleri dışında kalan bütün kullanım alanlarındaki tekstil mamulleridir. Ama tıbbi mamuller bu kategoriye girmesine rağmen, hem karakter hem de işlev bakımından endüstriyel olmaktan çok uzaktır. Bununla birlikte halı tabanı mamulleri, endüstriyel mamul olarak kabul edilse de sonuçta ev döşeme sektöründeki isteğe bağlı kalmaktadır.

Bütün bu kavram karışıklığını gidermek için kullanılabilecek daha iyi bir terim "Teknik Tekstiller" olacaktır. Çünkü bu uygulamalarda tekstil mamulleri esas itibariyle estetik ve moda işlevinden çok teknik işlev görmektedir.

Bu durumda tekstil ürünlerini kullanım alanlarına göre üç gruba ayırmak mümkündür.

- giysi
- ev tekstilleri
- teknik tekstiller

Teknik tekstiller başlığı altında bir sınıflandırma yapmak gerekirse şöyle bir tablo ortaya çıkacaktır : (Tablo 1.3) [3]



Tablo 1.3 Teknik Tekstillerin Sınıflandırılması

TEKNİK TEKSTİLLER

TEKNİK TEKSTİLLER									
Kompozitler (bileşimler)	Yakalama ve koruma ağı.	Vücut koruma	Endüstriyel kumaşlar	Filtre kumaşları	Ambalaj malzemeleri	Jeotekstiller	Tıbbi tekstiller	Taşımacılıktaki tekstiller	Endüstriyel Askeriyedeki tekstiller
Otomobiller	Balık ağları	Kasklar	Yapışkan bantlar	Çöp	Çantalar	Drenaj amaçlı olarak	Plasterler	Deniz taşımacılığında	Kamufleaj
Gemiler	Antenler	Sıcağa karşı koruma	Yağ toplayıcı bez	Sıvı	Palet ağı	Erozyondan korunma	Damarlar	Tarpaulin esaslı istasyonları	Kum çantal.
Uçaklar	Zırai ağlar	Soguga karşı koruma	Çatı kaplama	Kağıt filtreler için ham kumaş		Toprak setleri	Diyalizler	Kumaşlar	Roketler
Koruyucu başlıklar	Yapı iskelesi ağı.					kuvetlendirme (bitki muhafaz. için ısıtma)	Kull.sonra atılan madd.	Konveyör kemeri	Mikrodalgalar
Volanlar	Taş düşmesini engelleme için ağlar	Daire testereye karşı koruma	Halı tabanı			Ses emme	Bandajlar	Oto tekerleği bezi	Amyantın yerine
Sandwich yapılar	Konteynür örtüsü	Mikrodalgadan korunma	Tente			Sera örtüleri	Elastik hortum dokular	Bagaj ağları	Roketler
	Rüzgarlık	Kurşun geçirmez yelekler				Kayna stabilizasyonu		Sandwich yapılarında	
	Kaymaya karşı ağlar	Şarapnelden korunma				Güneş filtresi		Kaplamalar	
	Kamufleaj ağları	Dalgıç kıyafetleri				Su seti		Yelkenler	
	Bagaj ağları	İkaz yelekleri							
	Çim muhafaza çant.								
	Siboplu tenteler								

BÖLÜM 2. JEOTEKSTİLLER

2.1 Tanımı ve Tüketim Durumu

"Jeotekstil" terimi, toprak ve toprak esaslı yapılarla ilgili olarak kullanılan tekstil ve yan ürünleri içermektedir.

Tablo 1.1 ve Tablo 1.2'de de görüldüğü gibi bu konu, tekstillerin teknik kullanım alanları içinde otomobil endüstrisi ile birlikte ilk sıralarda yer aldığı mühendislik alanıdır.

Toprak ve toprağın yapısıyla ilgilenen inşaat mühendisliği alanında tekstil malzemelerinin kullanımı 1960 yılından bu yana artış göstermektedir. Bu zaman zarfında tekstillerin inşaat sektöründeki uygulamaları ilgi ve dikkatlerin toplandığı bir odak halini almıştır. Örneğin Amerika ve Kanada'da kullanılan jeotekstillerin miktarı 1976 yılında 8 milyon m² iken, bu değer 1983 yılında 115 milyon m²'ye çıkmıştır. Bugünkü dünya tüketiminin yaklaşık 250-400 milyon m²/yıl olduğu tahmin edilmekle birlikte 2'000 yılında bu miktarın 1'000 milyon m²'yi bulacağı düşünülmektedir.

İnşaat mühendisliğinde "kumaşların" kullanıldığına dair en eski örnekler, Çin'deki hanedanlık ile Roma İmparatorluğu dönemlerine dayanmaktadır. 4'500 yıl öncelerinden birçok örnekler mevcuttur. Bu örneklerde zemini ayırmak ve kuvvetlendirmek için tabii keçe, elyaf ve derilere rastlamak mümkündür.

Jeotekstillerin bugünkü kullanımı ile daha önceki kullanımları arasında bir hayli farklar vardır. Şöyle ki ; geçmişte bir amaca yönelik bilinçsiz kullanım söz konusu iken, günümüzde teknik spesifikasyonları bilinerek en uygun materyalin en uygun yerde kullanılması sağlanmaktadır. [4]

2.2 Fonksiyonları ve Kullanım Amaçları

2.2.1 Fonksiyonları

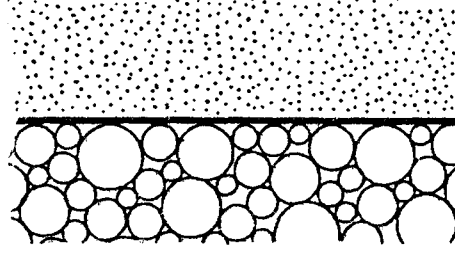
Jeotekstillerin 2 ana fonksiyonu vardır :

- | | |
|--------------------------|---|
| - Mekanik fonksiyonları | ayırma (seperasyon)
destek (takviye)
koruma |
| - Hidrolik fonksiyonları | drenaj
filtrasyon |

2.2.1.1 Mekanik Fonksiyonlar

Mekanik fonksiyonları üç alt başlık altında incelemek mümkündür.

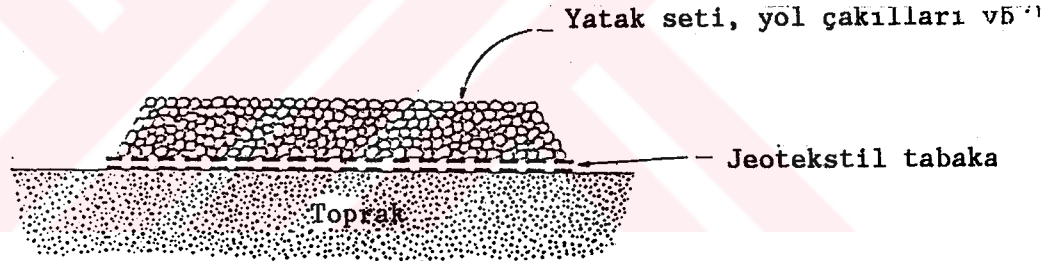
a) Separasyon



Jeotekstil kumaşlar farklı özellikleri olan iki toprak tabakası arasına serildiğinde bunların birbirine karışmasını önleyerek her iki tabakanın bütünlüğünü ve kendi özelliklerini korumasını sağlar. Kopma, yırtılma ve darbelere yüksek direnci ve ağırlıkları satıh üzerinde yayıcı özelliği nedeniyle yolun çöküntülere maruz kalarak bozulmasını

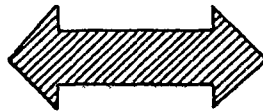
önler. Dolayısıyla düşük kaliteli, yumuşak satıhlı şantiye, orman, köy, kasa-ba yollarının kesintisiz, sık sık tamirat ve yeniden tesviye gibi işlemler gerektirmeden uzun zaman kullanılmasını sağlar.

Jeotekstil kumaş kullanıldığında ham toprak üzerine serilen pahalı mıcır tabakası miktarı önemli miktarda azalabilmekte böylece ekonomik tasarruf sağlanmaktadır. Doğrudan ve dolaylı pekçok faktör beraberce düşünüldüğünde ; yol inşaatlarında bir (km) yol için ortalama bir milyon (TL) tasarruf sağlanabileceği hesaplanmıştır. (Şekil 2.1)



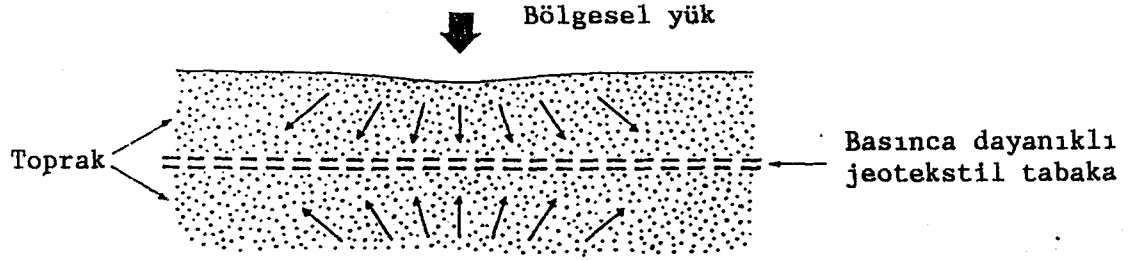
Şekil 2.1 Jeotekstillerin farklı tabakaları ayırma fonksiyonu.

b) Destek (takviye)



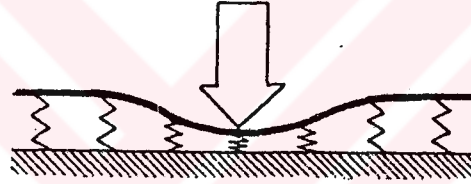
Jeotekstil kumaşlar temasta oldukları toprak tabakası üzerindeki yüksek sürtünme katsayısı ve kendi yüksek direnme güçleri sayesinde, toprak üzerine binen yüklerin bir kısmını kendi üzerlerine çekerek ağırlığın satıh üzerine daha homojen bir şekilde dağılmasını sağlarlar. Böylece çatlama, çökme, dağılma gibi deformasyonları da önlerler.

Takviye fonksiyonlarından yararlanılarak, jeotekstillerin suya dayanıklı kaplama malzemelerinin arasındaki katlarda ve asfalt karışımlarında kullanımı oldukça yaygındır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 Jeotekstillerin takviye fonksiyonu

c) Koruma

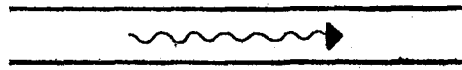


Jeotekstil kumaşlar bünyelerini oluşturan kalın lif tabakası sayesinde, üzerine yayıldığı veya sarıldığı metalik, plastik satırları, asfaltlanmış, su geçirmezlik kazandırılmış yüzeyleri, gerek açıkta gerek toprak altında, gelebilecek fiziksel hasarlara karşı korur.

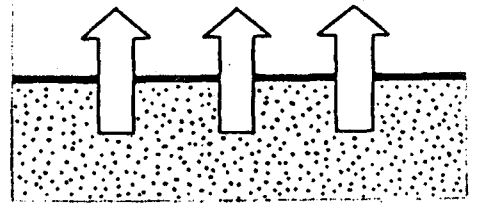
2.2.1.2 Hidrolik Fonksiyonlar

Bunlar da iki ana başlık altında toplanmıştır.

d) Drenaj

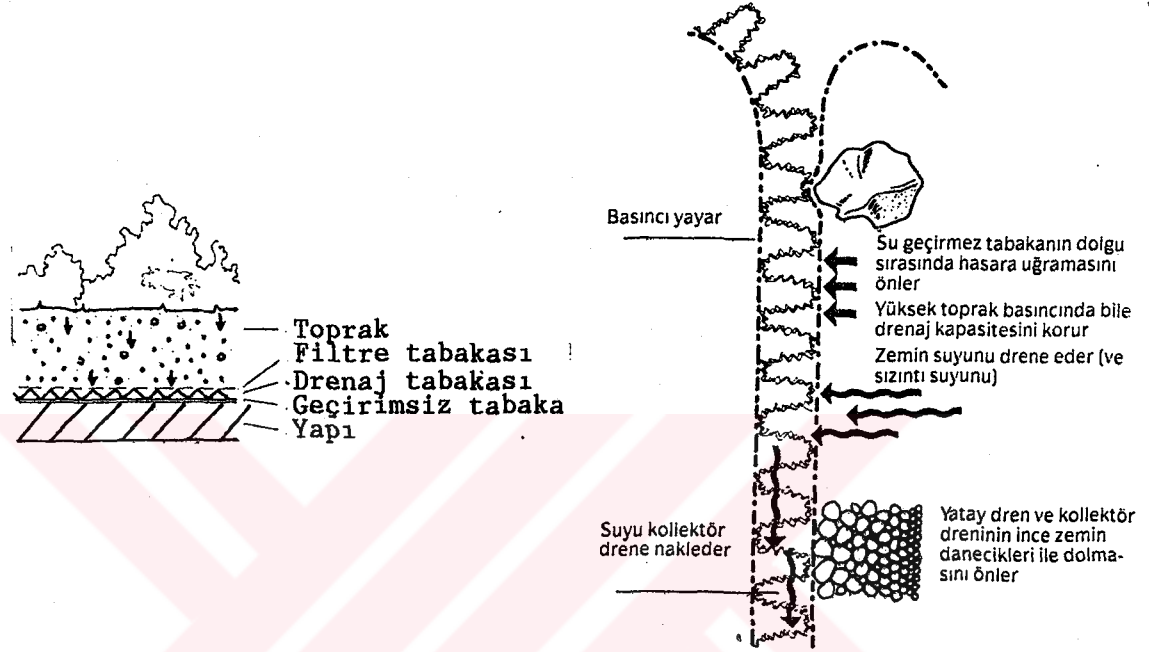


e) Filtrasyon



Jeotekstillerin drenaj ve filtrasyon fonksiyonları birbirini tamamlayan iki fonksiyondur. Bunun sonucu olarak uygulamalar da, bir taraftan drenaj için gerekli suyun akmasına izin verirken diğer taraftan da toprak parçacıklarının hareketine engel olurlar.

Yaygın olarak kullanılan iki tane drenaj sistemi vardır. Bunlardan biri yatay drenaj diğeri düşey drenajdır. Her ikisinde de sistem aynıdır. Yani bir filtre ve bir drenaj tabakasından meydana gelmektedir. Filtre tabakası, toprak serilmesi ve suyun sızması sırasında drenaj tabakasının tıkanmasını önlemek için kullanılırken drenaj tabakası da filtre tabakasından giren suyun atılmasını sağlamak, toprak tabakasındaki fazla suyun tutulmasını önlemek ve sızan yapının içinde kalmasına engel olmak için uygulanmaktadır. Şekil 2.3 yatay ve düşey drenaj amaçlı jeotekstillerin yapısını ve nasıl çalıştığını göstermektedir. [5]



Şekil 2.3 Yatay ve düşey drenaj amaçlı jeotekstillerin uygulanışı

2.2.2 Spesifikasyon, Fonksiyon ve Amaç İlişkileri

Özellikler	Fonksiyonlar	Amaç	Uygulandığı Bölgeler
Kalınlık	Drenaj	Aşırı suyu uzaklaştırma	dahili
Süzebilme	Filtrasyon	Boru donanımını kaldırmak	iki yüzey arası
Süreklilik	Ayırma	Karışmayı önleme	"
	Koruma	Zararı önleme	"
Gerilme direnci	Takviye	Kuvvetlenmeyi sağlamak	iki yüzey arası ve dahili olarak
Sürtünme			

2.3 Avantaj / Dezavantaj

2.3.1 Avantajlar

Jeotekstillerin avantajlarını 6 başlıkta toplamak mümkündür.

- Ucuzluk
- 40 °C - 100 °C arası hizmet
- Bakteri ve çürümeye direnç
- Özel işçilik ve ekipman gerektirmemesi
- Dren ve agregadan büyük tasarruf
- Depolamada kolaylık

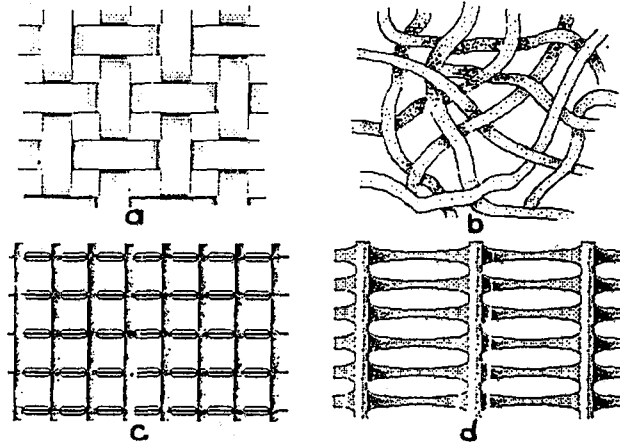
2.3.2 Dezavantajlar

Dezavantajları da 4 grupta toplanmaktadır.

- Uygun tipin seçilme zorluğu
- Deliklerin tıkanabilmesi
- Güneş ışığına uzun süre maruz kaldığında bozulabilmesi
- İthalat zorluğu

2.4 Sınıflandırılma

Kimyasal liflerden üretilen ve zemin mühendisliği, hidrolik mühendisliği v.b. alanlarda kullanılan jeotekstiller dokuma kumaşlar, non-woven kumaşlar, kompozitlerin önemli bir yer tuttuğu D.S.F. (Yönlendirilmiş Yapılı Filament) kumaşlar ve Jeoelekler diye alt bölümlere ayrılabilir. (Şekil 2.4)



Şekil 2.4 Ana Jeotekstil gruplarının konstrüksiyon çeşitleri ; a) Dokuma, b) Non-woven, c) D.S.F kumaş, d) Jeoelek

2.4.1 Dokuma Kumaşlar

Dokunmuş jeotekstiller genellikle aynı yada farklı cinsdeki ipliklerle uygun mekikli tezgahlarda optimum 4 m. veya 5 m. genişlikte yapılırlar. Çok ağır mamuller, bazen özel ekipmanlarda yapılırlar. Dar veya standart ürünler olabildiği gibi, çok geniş (6 m-45 m) kumaş tipleride vardır.

2.4.2 Non-woven (Dokuma Olmayan) Kumaşlar

Bu tip kumaşlar birbiri üzerine yığılmış kesik veya filament elyaflardan oluşmuş non-woven tabakaların kuvvetlendirilmesi ile üretilirler. Kuvvetlendirme işlemi :

- Kimyasal : Non-woven liflerinin bağlayıcılar yardımıyla birbirine bağlanması
- Isı : Isı yardımıyla liflerin bağlanması
- Mekanik : İğneleme yöntemiyle liflerin birbirine sarılması şeklinde

yapılabilir.

2.4.3 D.S.F. Kumaşlar

D.S.F. kumaşlar denilince akla ağlar, tek eksenli, çift eksenli, çok eksenli kompozitler, kemerler/şeritler, çift kenarlı yapılar gelir. Bunların içinden en yaygın olanı kompozitlerdir.

Kompozitler, farklı yapılardaki çeşitli tabakaların birbirine bağlanmasıyla oluşan çok tabakalı jeotekstillerdir. Bunlar :

- Çeşitli incelikteki liflerden oluşmuş non-wovenların kombinasyonu
- Dokuma ve dokunmamış kumaşların kombinasyonu şeklinde üretilebilir.

D.S.F. kumaş üretimine 1986'dan beri İngiltere ve Fransa öncülük etmiş ve fikir olarak Raschel makinaları tarafından başarılmıştır. D.S.F. kumaşları, dokunmuş ve dokunmamış kumaşların her ikisinin de avantajlarına sahiptir. Bu tip kumaşlar genellikle, çok ince hafif filtre kumaşlar ve zemin takviyesi için gözenekli kumaşlar olarak değerlendirilirler.

2.4.4 Jeoelekler (Yer Izgaraları)

Bunlar klasik manada gerçek bir tekstil olmamakla birlikte "Jeotekstil" başlığı altında pratik maksatlarla kullanılmaktadırlar. Yer ızgaraları genellikle plastik levha-

lardan yapılırlar. Levhalar önce delinir, sonra sert plastik ızgaralar meydana getirmek üzere bir veya iki doğrultuda gerilirler. Oldukça yüksek mukavemete sahip olduklarından zemin takviyesi amacıyla kullanılırlar. [6]

2.5 Uygulamalar

2.5.1 İnşaat Sahalarında Geçici Olarak Yapılan Servis Yolları (Asfalt Olmayan Yollar)

Geçici servis yolları, suyu doymuş siltli, turp veya yumuşak kil gibi taşıma gücü düşük olan araziden geçirildiğinde, özellikle ağır makina ve ekipmanın hareketi zorlaşmakta ve bu nedenle zemin ıslah edilme yöntemlerine baş vurulmaktadır. Ancak bu metod oldukça masraflı olup her zaman tatbik edilememektedir.

Amaçlanan, inşaat makina ve ekipmanlarının hareketleri esnasında bıraktıkları tekerlek izini en aza indirerek, diğer bir deyişle zeminde yerel kayma çökmelerini önleyerek, araçların hareketlerine olanak sağlayabilmektir. Bu tip uygulamalarda, Tablo 2.1'de de görüldüğü gibi, jeotekstillerin ayırma, drenaj, filtrasyon ve zemini yatay yönde kuvvetlendirme fonksiyonlarından yararlanılmaktadır.

Yol inşaatı yapımında dokusuz tekstil yüzey uygulaması ile ince taneli zeminin kaba taneli zemine karışmasının önlenmesi yanında, tekstil yüzeyin pürüzlüğü üstte agrega altta ise tabii zemin ile arasında sürtünme kuvvetini arttırarak taşıma gücünü fazlalaştırır.

Zayıf taşıma gücüne sahip zeminlerde zemini dokusuz yüzey kullanarak dayanıklı hale getirmek şu avantajları sağlar.

- Normal yol tabanında kullanılması gereken agregayı (dolguyu) % 30 azaltır.
- Yolun ömrü uzar
- Yol bakım masrafları azalır
- Tatbiki kolay ve süratlidir.

2.5.2 Karayollarındaki Uygulamalar (Asfaltlı Yollar)

CBR (Kaliforniya taşıma oranı) değeri düşük bir kohezyonlu zemin üzerinde yapılacak karayolu uygulamasında tabii zemin üzerine serilecek granüler yol alt tabakası ile tabii zeminin taneciklerinin karışmasının önlenmesi gerekir. Aksi takdirde ince tabii zeminin tanecikleri granüler tabaka içine girer ve bu tabakada su geçirirli-liği özelliğini düşürür, oluşan boşluklar da yer yer çökmelere sebep olur. Böyle bir olaya sebep olmamak için dokusuz tekstil yüzey kullanılarak iki farklı zeminin birbirine karışması önlenmiş olunur. Bu uygulamalarda dokusuz tekstil yüzeyinin kalınlığı,

0,90 boşluk değeri, permeabilite özellikleri ve şekil değiştirme özelliğine dikkat edilmelidir.

2.5.3 Asfalt Çatlaklarının Önlenmesi

Yol altı yapısında, mevcut temel zeminin zayıf olması halinde bu temel tanecikleri yol alt tabakasının granüler tanecikleri ile karışır ve yer yer çökmelere sebep olarak asfaltı bozar. Dokusuz yüzey bu iki tabaka arasına serilerek ayırma ve filtrasyon görevi yaptığında yolun ömrü artar.

2.5.4 Demiryollarındaki Uygulamalar

Demiryolu altındaki zemin yapısının ince taneli ve kohezyonlu olması durumunda, trenin dinamik yüklenmesi ile ince taneli zeminin yükün yayılmasını sağlayarak balast taşları arasına karıştığı görülür. Bu durum, zeminde taşıma gücünü azaltır ve çökmelere neden olur. Dokusuz tekstil yüzey ise bu uygulamada ayırma görevi görmektedir. (Tablo 2.1)

2.5.5 Dolgu İnşaatları

Yumuşak kil gibi zayıf zemin üzerine yapılan dolgularda, dolgu kenarının veya komple dolgunun kısa süreli yükleme altında göçtüğü gözlenir. Bu tip uygulamalarda dokusuz tekstil yüzey bir bakıma zemin takviyesi amacı ile kullanılmaktadır. (Tablo 2.1)

Bu uygulamada, dokusuz tekstil yüzeyinin, çekme mukavemeti, esneme ve dış etkenlere dayanım özellikleri üzerinde durulmalıdır.

2.5.6 İstinat Duvarları

Taşıma gücü zayıf olan zeminlerde yapılan istinat duvarları, genelde betonarme olarak ve kazıklı temel üzerinde inşa edilirler. Mevcut zemin tesviye edilip üzerine tabakalar halinde dokusuz yüzeyler, uygun zemin dolgu malzemesi ile serilir. Sonuçta daha hızlı ve ekonomik bir istinat yapısı elde edilmiş olur.

Bu uygulamada, malzemenin, çekme mukavemeti, esneme ve dış etkilere karşı dayanım özellikleri önemlidir.

2.5.7 Şev Stabilizasyonundaki Uygulamalar

Zayıf zeminler üzerinde yapılan şevlerin stabilitesini sağlamak oldukça önemli bir konudur. İstinat duvarlarındaki uygulamaya benzer bir şekilde kullanılarak dik şevlerin stabilitesi sağlanmaktadır.

2.5.8 Drenaj Uygulamaları

Dokusuz yüzeyler, düzlemlerin içinde ve düzlemlerine dik yönde su geçirebilme özelliğine sahiptirler. Düzlemlerine dik yönde gelen suyu geçirme genellikle permeabilite katsayısı (cm/saniye) veya akış hızı ($m^3/m^2/dak$) ile ifade edilir.

Dokusuz yüzeylerin permeabilite katsayısı drenaj edilecek zeminin permeabilite katsayısından büyük olmalıdır. Kritik drenaj uygulamalarında tekstil yüzeyin permeabilite katsayısı drene edilecek zemin ortamındaki permeabilite katsayısının on katı kadar olmalıdır.

Dokusuz tekstil yüzeylerinin düzlemleri doğrultusunda su geçirme özelliğine yatay permeabilite (transmissivity) adı verilir. Birimi (cm/sn) dir. Dokusuz tekstil yüzeylerin bu özelliği özellikle mambran koruması ve demiryolu stabilizasyonu işlerinde önemlidir.

2.5.9 Baraj Gövdelerinde, Sedde İnşaatında

Baraj gövdeleri ve sedde inşaatları gibi geniş çaplı inşaatlarda, gövdede birer filtre tabakası teşkil edilir. Bu, ince ve kalın taneli gövde dolgu malzemelerinin su akımı ile birbirine karışmasını önlemek içindir.

2.5.10 Filtrasyon Uygulamaları

Dokusuz bir yüzeyin filtrasyon özelliği ile, suyun kendi düzlemine dik yönde geçmesine izin vermesi bu arada ince taneli malzemeleri de tutması sağlanır. Bu özelliğin kullanıldığı en yaygın uygulama şekli erozyon kontrolüdür.

Dokusuz yüzeylerin filtrasyon ve drenaj fonksiyonlarının ön plana alındığı çok geniş uygulama sahaları vardır. Nehir ıslahı, kıyı korunması, tünel ve temel inşaatları bunların en yaygın olanlarıdır. [7]

Tablo 2.1 Jeotekstillerin Uygulama Alanları ve Fonksiyonları

1. fonksiyon ●

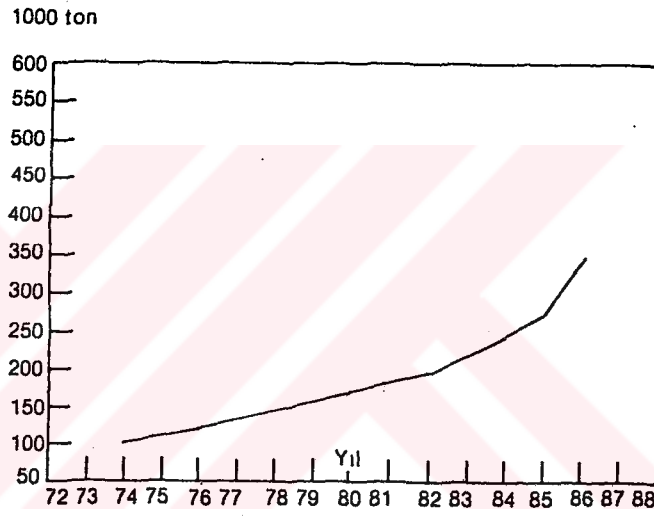
2. fonksiyon ○

Jeotekstillerin Fonksiyonları Uygulama Alanları	Ayırma	Filtrasyon	Drenaj	Takviye	Koruma
Asfalt Olmayan Yollar	●	○	○	○	
Dolgu İnşaatları				○	
Demiryolu İnşaatları	●	●			
Hidrolik Yapılar	○	●			
Drenaj	○	●	○		
Spor Alanları	●	●			
Yatak Setleri	●	○	○	○	
Dikey Drenaj		●	●		
İstinat Duvarları			○	●	
Tüneller			●		●
Jeomembran (folyo) Korunması			○	○	●

BÖLÜM 3. NON-WOVEN (DOKUSUZ YÜZEY) JEOTEKSTİLLER

3.1 Pazar Durumu

Tablo 1.1'de de görüldüğü gibi, seçilmiş ABD pazarlarında teknik tekstillerin kullanımı göz önüne alındığında jeotekstiller 209 milyon m² ile sekizinci sırayı almaktadır ve bunların % 50'si dokunmuş % 49'u dokusuz % 1'de örme tipindedir. Batı Avrupa'da son yıllarda non-woven kumaşların tüketimindeki büyüme dikkati çekecek boyutlara ulaşmıştır. Şekil 3.1.'de de görüldüğü gibi non-wovenların üretiminde son on yıl zarfında yılda % 10 oranında artış olmuş ve 1986'da üretim 310'000 tonluk düzeye ulaşmıştır. Artış oranının 2'000'lere doğru azalmadan devam edeceği kesinleşmiş gibi görülmektedir.



Şekil 3.1 Batı Avrupa'da dokusuz yüzeylerin üretimi

Batı Avrupa pazarında, non-woven kumaşları kullanan sanayiler kullandıkları miktarlara göre sıralandığında inşaat sektörünün üçüncü sırada yer aldığı görülür. (Tablo 3.1)

Tablo 3.1 Batı Avrupa Pazarı 1983

Dokusuz Yüzeyleri Kullanan Sanayiler	Ton
Örtü	69'400
Ev döşeme / Yatak	34'700
İnşaat / Bina	29'800
Temizlik	21'300
Giysi / Astarlık	14'000
Sıhhi / Cerrahi	10'000
Filtre	8'700
Ayakkabı / Deri eşya	6'200
Elektronik aygıtları	2'700

Tarım	1'000
Oto aygıtları	1'000
Çeşitli	41'200
Toplam	240'200

Bir ölçü olması açısından A.B.D ve Batı Avrupa'dan bazı sayısal değerler verilirse de jeotekstillerin üretimi yerine ithalini tercih eden Türkiye için durum biraz daha farklıdır.

Jeotekstillerin Türkiye'ye girmesi, Atatürk barajı ile ve son iki yıldır da oto yol inşaatlarında drenaj amaçlı olarak kullanılması ile olmuştur. Bu yıl da dahil olmak üzere toplam 4-5 milyon m²'lik jeotekstil ithal edildiği tahmin edilmektedir. Çoğunlukla drenaj amaçlı olarak kullanılması sebebiyle ithal edilen miktarın büyük bir kısmını non-woven jeotekstillere oluşturmaktadır.

Şu anda Türkiye için yeni bir konu olması ve tüketim miktarının henüz büyük boyutlarda olmaması, ithal edilmesini cazip kılmaktadır. Ancak bir piyasa araştırması yapıldığı takdirde, Türkiye'deki kullanım oranlarının her geçen gün arttığı ve gelecekteki tüketiminin daha da büyüyeceği ortaya çıkmaktadır.

Dünya çapında dokusuz yüzeyleri kullanan sanayilerin yaygınlığı ve Türkiye'de de yoğun olarak kullanılan tip olması nedeniyle bu çalışmanın sınırları içinde ağırlık dokusuz yüzeyler üzerinde olacaktır.

3.2 Üretim

3.2.1 Non-woven Üretim Yöntemleri

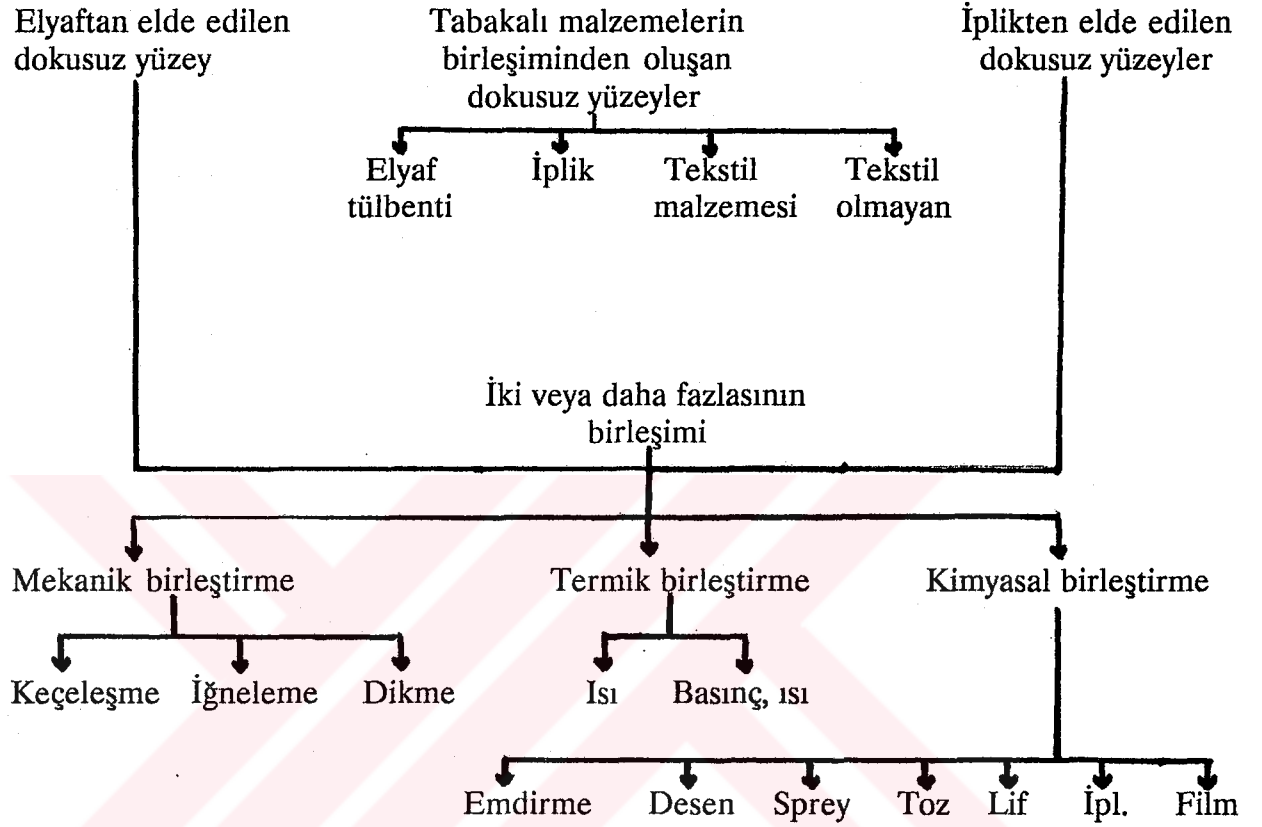
Non-woven diye adlandırılan tekstil yüzeylerinin üretimi sanıldığı kadar yeni değildir. Dokuma ile tekstil yüzeylerinin imalinden önce, bu tür tekstil yüzeyleri yapılmaktaydı. Non-woven tekniğinde amaçlanan hususlar, klasik kumaş üretme metodlarından olan

- Çok basamaklı ve sürekli olmayan klasik metodların yerine sürekli ve lif halinde girip kumaş halinde çıkışın tek hat halinde sağlandığı yönetime geçişle ve
- Dokuma ve örmede kullanılan ipliklerin üretiminde uygulanan klasik eğirme proseslerine sokulmayan ucuz, düşük kaliteli malzemeler ve artıkların değerlendirilmesi ile sağlanmıştır.

Non-woven (dokusuz yüzeyler), tarak tülbenti, elyaf tülbenti, gelişigüzel yayılmış veya yönlendirilmiş elyaf ve iplik sistemleriyle yapılabilen, konvansiyonel

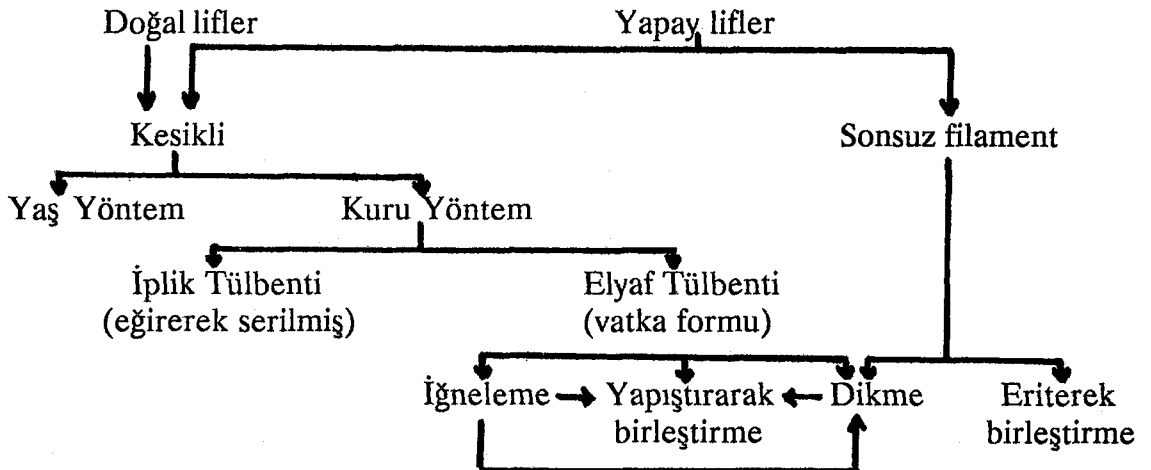
tekstil kumaşları, plastik filmler, köpük tabakaları, metal folyaları gibi tekstil veya tekstil olmayan malzemelerle birleştirilebilen ve onlarla birlikte mekanik, ısıl veya kimyasal olarak şekil verilebilen tekstil yüzeyleridir. (Tablo 3.2) [8]

Tablo 3.2 Dokusuz yüzey elde etme yöntemleri



Eğer dokusuz yüzey elde etme yöntemlerini kullandığımız hammaddeler açısından sınıflandırmak istersek Tablo 3.3 deki gibi bir şema ortaya çıkacaktır.

Tablo 3.3 Hammaddeler açısından dokusuz yüzey elde etme yöntemleri



Dokusuz yüzey elde etme sistemlerinin izahına geçmeden evvel tülbent tabaka ve tülbent yüzey terimlerinin açıklanması uygun olacaktır.

Tülbent tabaka, kesikli (stapel) veya filament ipliklerden oluşun ve kendi doğal tutunma yetenekleri ile birbirine tutunan bir veya birkaç kat halindeki tülbent veya vatkaya denir.

Tülbent yüzey ise, bir veya birkaç kat halindeki tülbent tabakanın mekanikî, kimyasal veya termik yolla sabitleştirilmesi ile elde edilen tekstil yüzeyidir. [9]

Tülbent tabaka ve tülbent yüzey tabirlerinden de anlaşılacağı üzere non-woven yüzeylerin eldesi için uygulanan yöntemlerde 3 önemli aşama vardır :

- a) Çeşitli kimyasal katkıların ilavesi ile polimerlerin imali,
- b) Kesik veya filament elyafın oryante edilerek tülbent haline getirilmesi,
- c) Teşkil edilen bu tülbentlerin fikse edilerek stabil hale getirilmesi.

3.2.1.1 Stapel Elyaf Temeline Dayanan Klasik Non-woven Tekniği

a) Elyaftan Tülbent Elde Etme Yöntemleri

Elyafın oryante edilerek tülbent haline getirilmesi dikkate alındığında, jeotekstiller dalında kullanılan üç yöntem söz konusudur :

- Spunlaid (eğirerek yerleştirme) yöntemi
- Stapel elyaf kullanarak hallaçlama ve çapraz bindirme metodu veya aerodinamik proses ile havayla yerleştirme yöntemi
- Temeline, jeotekstiller tatbikatı için üretilmiş olmayan çok hafif bir eğirmeli bağlantı malzemesinin yerleştirilmesi yöntemi

Ülkelere bakıldığında en fazla gelişmiş yöntemler yukarıdaki ilk iki çalışma tarzıdır.

a.1) Spunlaid (Eğirerek Yerleştirme) Yöntemi

Eğirmeli bağlantı şeklinde hazırlanan jeotekstiller, tesadüfi bir şekilde dağılan elyaflar temeline dayanır. Elyaf vatkası bir işleme prosesiyle mekanik olarak ve / veya ısı yöntemle kalenderden (merdaneden) geçerek "Spunbonded" (eğirmeli bağlantı) denilen son mamulü oluşturur. Bu imalat prosesi için Polipropilen veya Poliester gibi özel bir polimerden çıkarak geniş bir eğirme prosesi ve kontinü elyaf üretme bilgisi gerekmektedir. Bir tesisat sadece bir tür polimer ve belirli bir kumaş genişliği için yapılır. Bu yüzden çok pahalı bir yatırımdır.

a.2.1) Hallaçlama ve Çapraz Bindirme Yöntemi

Daha standart ve evrensel olan yöntem elyaf vatkasını hallaçlama ve çapraz bindirmedir ; böylelikle bitmiş genişlik ve elyaf seçiminde (stapel, denier, polimer) çeşitli imkanlar ortaya çıkmaktadır. Hallaç makinası daha fazla tür elyaf ve denier çalışması sağladığı gibi, intizamda daha büyük tutarlılık, elyaf yönlenmesinde daha iyi kontrol ve zaman içinde daha üstün hassasiyet ve devamlılık verir. Çapraz bindirme işlemi oluşacak dokunun ağırlığı, katların genişliği, elyaf yönlenmesi, elyaf vatkasını oluşturan katların sayısına göre ayarlanır. Müteakiben, vatkalar iğneyle zımbalama prosesinden geçerek sağlamlaştırılır. Bazen de son ürünün özel spesifikasyonlara uyması veya mekanik direncinin değişmesi amacıyla kalenderden geçirilerek bir ısıl bağlama yapılır.

a.2.2) Airlaying (Havayla Yerleştirme) Yöntemi

Airlaying (havayla yerleştirme) veya Pnömatik denilen bu sistem kısa elyaflar için çok başarılıdır. Vatkanın içindeki bazı elyaflar dikey şekilde dururlar. Elyafların belli bir yönü olmadığından higrometri ve ısı şartları değişince bu yönler de değişebilir. Bu yüzden son mamulde elyaf yönünde devamlılık ve spesifikasyon sonuçları için garanti verilememektedir.

a.3) Eğirmeli Bağlantı Malzemesinin Zemin Kumaş Olarak Kullanıldığı Yöntem:

Jeotekstiller üretiminde halen az kullanılan bir yöntemdir. Bu kumaşlar özel tatbikat için olup, jeotekstil tatbikata pek uygun değildir zira elyaflar genelde çok bağlıdır, dolayısıyla kumaş fazla sert ve kaygandır. Diğer yöntemlerden farkı, çapraz yerleştirmeyi kolaylaştırmak için temeline hafif eğirme bağlantılı kumaşlar koyarak destek hazırlanmasıdır. Temel kumaş bu durumda ısıl bağlantılı PP veya PES'dır. Genişlik 2.5 m.'ye kadar çıkar, kumaş ağırlığı ise metre kare başına 15 gr. ile 40 gr. arasında olup, bazen de daha fazladır. [10]

b) Tülbentlerin Fikse Edilme Yöntemleri

Dokusuz tekstil yüzey elde etmede tülbent teşekkülü sağlandıktan sonra sıra bunların fikse edilerek stabil hale getirilmesindedir. Bu amaçla uygulanan teknikler şunlardır :

- Elyaflar arası bağlantının kimyasal yapıştırıcılar kullanarak sağlandığı yöntem
- Elyaflar arası bağlantının ısıyla sağlandığı yöntem
- Elyaflar arası bağlantının mekanikî olarak, iğneleme (needling) metodu ile sağlandığı yöntem

b.1) Bağlantının Kimyasal Yapıştırıcılar Kullanılarak Sağlandığı Yöntem

Bu yöntem genellikle iğneleme işleminden sonra tatbik edilir ve amaçlanan, iğneleme metodu ile elde edilen dokusuz yüzeylerdeki elyaflar arası bağlantıyı daha da arttırmaktadır.

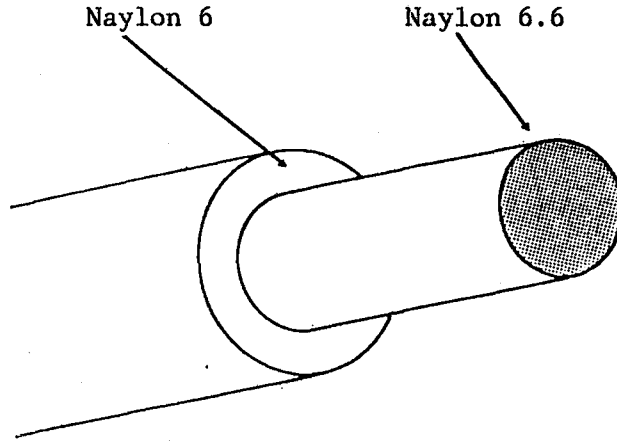
Elyaf tülbentine (web) veya iğneleme ile elde edilmiş dokusuz yüzeye, sıvı emilsiyon şeklindeki bir yapıştırıcı emdirme, sprey, baskı veya köpük yöntemlerinden birisiyle uygulanmaktadır. Daha sonra fırın veya sıcak merdaneden geçirilerek bünyesinde mevcut olan su kurutma yoluyla giderilir. Böylece hem su uzaklaştırılmakta hem de yapıştırıcı pişirilmektedir. Bu yöntemle elde edilen dokusuz yüzeylerin bağları rijittir, dolayısıyla uzama deformasyon enerjileri düşüktür, buna karşın aşınma dayanımı yüksektir. Elde edilen dokusuz yüzeyde lifler uniform olarak dağıldığında filtrasyon uygulamalarında çok iyi sonuç verir.

b.2) Bağlantının Isıyla Sağlandığı Yöntem

Bu metotta, yapıdaki lifler arası bağlantı, lifler arasına yani tülbente ilave edilen termoplastik malzemelerin sıcaklık ve basınç altında erimesi ve bu sayede liflerin birbirine yapışması ile sağlanır. Termoplastik malzemeler ısı işleminden önce ve dokusuz tekstil yüzeyinin kullanım amacına göre toz, lif, iplik, film veya ağ şeklinde elyaf tülbentine ilave edilirler. Yapıştırıcı lif olarak Naylon 6, kopoliamid, poliester, vinil, olefin, poliüretan, P.V.A, heterofil poliamid kullanılmaktadır. Ancak bu tip dokusuz yüzeyler daha düşük bir elastikiyete ve mukavemete sahiptirler.

Termoplastik maddeler ilave edilmiş olan tülbent basınç altında sıcak silindirlere geçirilir veya fırın içinde ısı işlemine tabi tutulur. Burada amaçlanan, elyafları değme noktalarında yapıştırmak için yeterli sıcaklığın uygulanmasıdır. Eğer tülbentteki tüm termoplastik elyaf ve filamentler aynı erime noktasına sahipse bu ısı yöntemi riskli olacaktır. Bundan dolayı, heterofilament ve benzeri çift bileşenli elyafların geliştirilmesi ile ısı yöntemiyle dokusuz tekstil elde etme tekniği daha çok önem kazanmıştır.

Çift bileşenli elyaf iki farklı polimerden oluşur ; bunlar iç içe geçmiş biçimde göbek ve kabuk gibi düzenlenmiştir (Şekil 3.2) Göbekteki, nisbeten yüksek erime noktasına sahip olup, kumaşın esas yapısal bileşkeni gibi davranmak üzere düşünülmüştür. Kabuk ise daha alçak erime noktasına sahip olduğundan ısıtıldığında akması istenmiştir. Soğutulduğunda iki lif veya filament birbiriyle temas ettiği zaman tam bir bağ oluşur.



Şekil 3.2 Naylon Heterofil Lif Kesiti

Bu tip lifler, eritme ve kaynak karışımı bir yol ile kaynaşmış bir yapıya dönüştürülür. İşlem esasında, elyaf veya filamentten bir tülbente ısı veya ısı ile basınç karışımını uygulamaktan ibarettir. Basıncın yüksek olmasına gerek yoktur ; bazı kumaş tipleri için tülbent içinde yanyana duran bir lifin diğeri üzerinde meydana getirdiği basınç uygun bir bağ kurmak için yeterli olmaktadır. Bu tür kumaşlar % 100 heterofillerden imal edilebilir, fakat ısı bağlamalı olmayan liflerin (homofil) ilavesiyle tuşede, davranışta ve görünüşte değişimler yapılabilir. İki heterofil lif kesiştiğinde ana bir bağ meydana gelir, ikincil bir bağ ise bir heterofil lif ile homofil lifin kesişmesinde gelişecektir.

Göbek kısmında diğerbir deyişle öz tabaka olarak Naylon 6, Naylon 66, Propilen veya Poliester, dış tabakada Naylon kullanılmaktadır. Merkezde düşük ısıda eriyen polimer kullanıldığında, içi oyuk filamentler elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen dokusuz yüzeyler su filtrasyonunda kullanılmaktadır.

b.3) Bağlantının Mekanik Olarak, İğneleme (Needling) Metodu ile Sağlandığı Yöntem

İğneleme en eski dokusuz yüzey elde etme tekniklerinden biridir. Aynı zamanda en yaygın yöntem olması nedeniyle ilerde daha geniş olarak değinilecektir. Ancak özetle açıklamak gerekirse, elyafların oluşturduğu kabarık tülbent tabakası (web) iki tambur arasından geçirilir. Bu sırada bağısız haldeki elyaflardan oluşan tülbent tabakasının kalınlığı doğrultusunda iğnelenir. İğneleme esnasında elyaf ve filamentlerin bir kısmı kancalı iğnelere takılarak yukarı çıkar diğeri bir kısmı yerinde kalır, iğnenin tekrar batması ile elyaflar aşağı doğru çekilirler ve böylelikle elyafların ve ince ipliklerin birbirine mekanik olarak bağlanması gerçekleştirilmiş olur. İğnelemeden sonra örtünün kalınlığı azalır.

Herbir iğne tabakası pekçok ince iğne uçlarından oluşur. İğne sayılarının azaltılıp artırılması non-woven kumaşın hacim ağırlığı ve sıklığını etkiler. Ayrıca non-woven kumaşın mekanik özellikleri, elyaflar arasındaki sürtünmeye, tülbentin yoğunluğuna ve sıklığına, elyafların uzunluk ve birim hacim ağırlıklarına ve iğneleme hızına bağlıdır. Özellikle iğneleme yoğunluğunun (100 batış/cm^2 veya 600 batış/cm^2) non-woven kumaşın yapısına etkisi çok büyüktür.

Elyafar arası bağlantının iğneleme metoduyla mekanik olarak sağlandığı bu dokusuz yüzeylere literatürde iğneleme ile zımbalayarak (needle punched) elde edilmiş dokusuz tekstil yüzeyleri adı verilir. İğneleme ile elde edilen dokusuz tekstil yapılarında bağlar esnek olduğundan deformasyon enerjisi oldukça yüksektir. Sonsuz elyaflar kullanıldığı takdirde kaliteli ve özellikle çekme mukavemeti yüksek olan dokusuz yüzeyler elde edilmektedir.

3.2.1.2 Eriterek Birleştirme (Spunbonding) Tekniği

Yukarıda izah edilen üç metod tülbent teşekkülü sağlandıktan sonra uygulanan fiksaj yöntemleridir. Eritilip birleştirme yönteminin bunlardan farkı, elyaf imalatı ile tülbent veya dokusuz yüzey imalatının birleşmiş hali olmasıdır.

Polimer imalatından dokusuz yüzey imalatına kadar olan tüm işlemler bir defada yapılmaktadır. Dokusuz yüzeylerin ana maddesi olan polimerlerden ençok polipropilen, poliester veya poliamid kullanılmaktadır. Bu metodla dokusuz yüzey elde etme, eriyikten çekilen filamentlerin bir taşıyıcı band üzerine yerleştirilmesi ve daha sonra yüzeylerin katılaşması şeklinde özetlenebilir. Elyafların birbirine yapışması böylelikle kendi kendine sağlanmış olmaktadır. Bu yapışma işlemi gazla, termoplastik yapıştırıcılarla ve iğnelemeyle de sağlanabilmektedir.

Heterofilament ve çift bileşenli lifler bu metotta da kullanılmaktadır. Elde edilen dokusuz yüzeyler temel mühendisliği ve zemin mekaniği dallarında, geçici yolların inşaatında ve istinat yapılarında zemini kuvvetlendirici olarak oldukça fazla tatbik sahası bulmuştur.

% 100 poliester veya polipropilen malzemelerden yapılmış sonsuz filamentler kullanılarak elde edilen dokusuz yüzey bu metotta, filamentlerin sıkılıp çekilmesi esasına dayanmaktadır. Kısa elyaf kullanımı ile sonsuz filament kullanımı karşılaştırdığımızda, sonsuz filament kullanılması halinde daha yüksek yırtılma mukavemeti ve iyi sıklık özellikleri elde edilmektedir. [7]

3.2.2 Jeotekstil Non-Woven Üretim Hattı

3.2.2.1 Stapel Elyafı Esas Alan Üretim Hattı

Jeotekstillerin üretim alanında, stapel elyafı temel madde olarak kullanmak en popüler ve en kolay yöntemdir. Bu teknik evrenseldir, kullanıcının istediği her ağırlık elde edilebilmektedir. En çok kullanılan ağırlıklar metrekare başına 150 ila 600 gr.'dan, tren yolu uygulamalarının bazılarında metrekare başına 2 kg.'a kadar çıkılabilmektedir. Piyasada mevcut olan taranabilen her türlü sentetik elyaf çalışabilir. Aynı zamanda uygun elyaf uzunluğuna ve kıvrıma sahip eğirme teleflerini de kullanmak mümkündür. Bu proseste farklı yapısı veya polimerleri yahut stapel uzunlukları olan elyaflar da harmanlanabilir. Fakat en çok kullanılan elyaflar polipropilen ve daha az miktarda poliesterdir.

Üretim hattını basamak basamak izaha geçmeden evvel şunu belirtmek gerekir ki ; yapılan bütün işlemler sonuçta istenilen mamul özelliklerini elde edebilmek içindir. Mamulün karakteri ise direkt olarak şu unsurlara bağlıdır :

- Elyafın (tip, incelik, uzunluk, kıvrım v.b) özellikleri,
- Mamulün ağırlığı (gr/m^2)
- Liflerin oryantasyonu
- İğneleme : iğne tipi, yoğunluğu ve iğneleme derinliği,
- Termik veya kimyasal sağlamlaştırma işlevi görüp görmemesi.

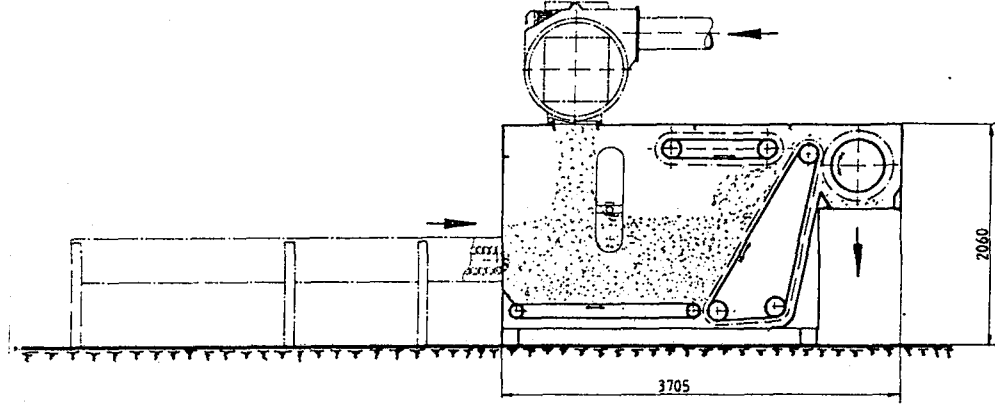
Kısacası aşağıda izah edilen bütün işlem safhaları bu unsurları dikkate alacak şekilde düzenlenmiştir.

Fiksaj işleminin iğneleme metoduyla mekanik olarak yapıldığı bir non-woven üretim hattını dört devrede tanımlayabiliriz :

- Tarama ve çapraz katlama
bunların sonucunda :
 - . mamul ağırlığı
 - . üretim hızı
 - . temel elyafların yönlenmesi
 - . mamulde intizamlılık saptanmaktadır.
- Ön iğneleme, hassas ve genişmiş elyaf vatkası bir sonraki işleme hazırlanır.
- Ön iğnelemeden önce veya sonra yapılan elyaf ceri bazen elyaf yönlerini değiştirme amacıyla gerekmektedir.
- Mamulün tespiti için son iğneleme.

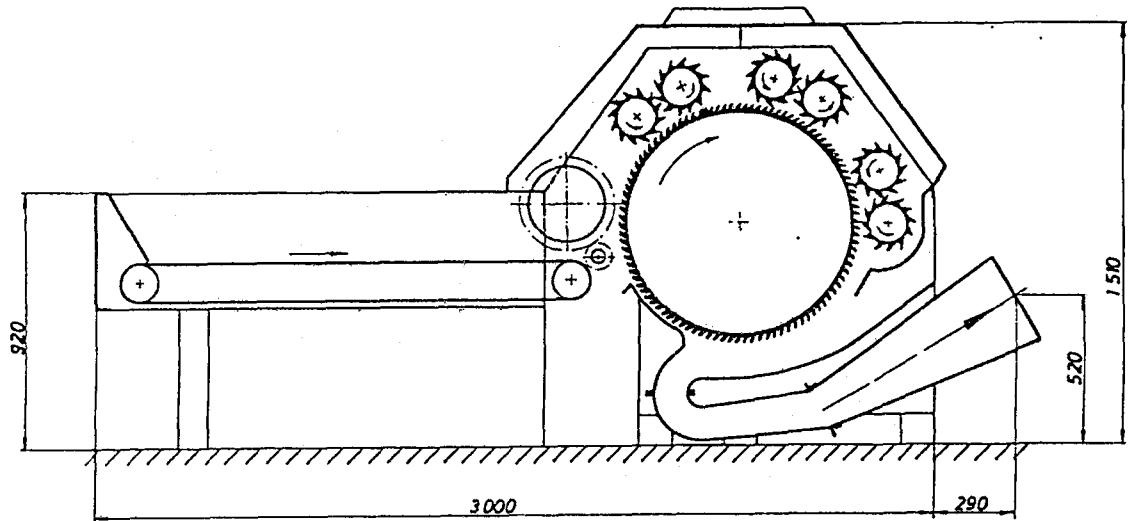
Ancak şunu ilave etmek gerekir ki ; çeşitli uzunluk ve tipte elyaflar işlenecekse, kullanılan denye ve ştapel elyaf uzunluklarını homojen olarak harmanlamak gerekir. Aslında bir balya hiçbir zaman diğer bir balyanın tıpa tıp benzeri olamaya-

çağından elyafları harmanlamanın her zaman için faydası vardır. Bu sebeple, fiksaj işleminin yapıldığı iğneleme makinasından önce açıcı ve karıştırıcı makinalarının ilavesinde fayda görülmektedir. Böylece açıcı ve karıştırıcı makinalarında liflerin harmanlanması sağlanmaktadır. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Balya açıcı

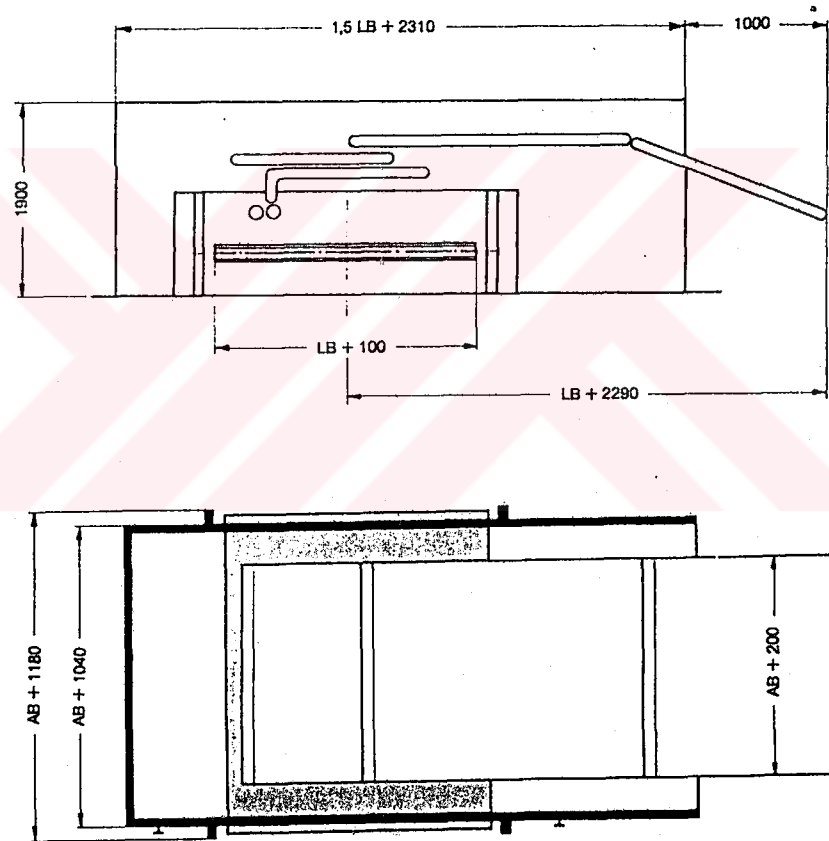
Açma ve harmanlama işlemleri tamamlanan lifler, tarak makinasında paralelleştirilerek tülbent haline getirilir. Tarak makinasında yapılacak paralelleştirme işlemi ne kadar iyi olursa, elde edilen tülbent yüzeyin kalitesi de o kadar iyi olur. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Tarak makinası

Tülbent tabaka teşkilinde, tülbent yerleştirme tekniği oldukça büyük öneme sahiptir. Tülbent tabakaların (vatka) eldesinde karışık, uzunlamasına, enine ve çapraz olmak üzere çeşitli alternatifler vardır. Ancak daha yaygın ve verimli bir metod olması sebebiyle çapraz katlama metodu üzerinde durulmaktadır. Katlama işlemi boyunca dikkat edilecek önemli hususlardan biri, vatka üst üste binerken genişliğin değişmemesi enin ise hep eşit kalmasıdır. Bu durum otomatik binme kontrolü ile sağlanır. Bu otomatik kontrol, dokunun pozisyonunu sabit tutarak fazlalık veya eksikliği önler ve dokunun uzunlamasına ağırlılığının değişmemesini temin eder.

Elyaf dokusunun enine ve yatay yerleşmesi çaprazlanmış elyafların bindirme açısını oluşturur. Aı daha geniş ise mamul uzunlamasına doğru daha dayanıklı olur. Çapraz bindirme açısı vatkanın genişliği ve bindirilen dokuların sayısına göre değişir. Dolayısı ile belirli bir vatka için doku sayısını azaltınca doku ağırlılığını arttırmak gerekir. (şekil 3.5)



AB : Çalışma eni

LB : Max. en

şekil 3.5 çapraz katlama makinasının yandan ve üstten görünüşü

n iğneleme işlemi, vatkanın kalınlılığını ufaltmak ve elyafların sağlam tutulmasını sağlamak amacıyla uygulanır. Bu safha, istenilen kumaş kalınlılığına göre pnömatik olacak ayarlanabilen baskı silindirleri ve ardından bir iğneleme makinasından

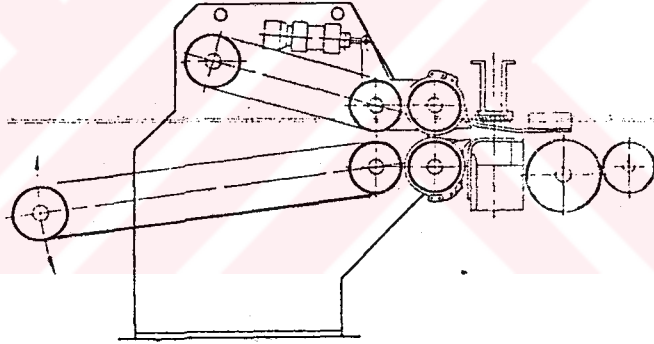
oluşmaktadır. Bu işlem beslenen elyafların yanlış dönerek bozulmasına (çekme, distorsiyon) engel olacak şekilde planlanır. Böylece ağırlık farkları ve kumaşın mekanik direncini bozacak zayıf noktalar oluşmaz.

Piyasada çeşitli sistemler vardır. En ciddilerinden biri silindir iğneleyicidir. Bu tipte silindirler elyaf vatkasını yürütür. Özellikle metrekaşe gramajı 300 gr.'dan ağır vatıklar için bu makineler tavsiye edilmektedir. Diğer bir ön iğneleme yöntemi ise standart ön iğneleyicilerle tek batma prosesidir ; burada sabit yatak plaka üzerinde çalışır, bu plaka vatka sürtünmesi yaptığından vatkanın makineye beslenme işlemi zorlaşır. Bu sistemde vatka % 20 - % 40 oranında kontrol dışı çekip büzülür. Bu oran elyaf tipine ve besleme sistemine göre bazen daha da yükselebilir. Bu da kaliteyi düşürecektir.

Ön bağlama veya ön iğneleme genel olarak santimetre kare başına 0 ila 40 batış sıklığı ile yapılır.

Bu :

- hattaki kumaş ve makinalara
- Cer makinası kullanılıp kullanılmadığına bağlıdır.



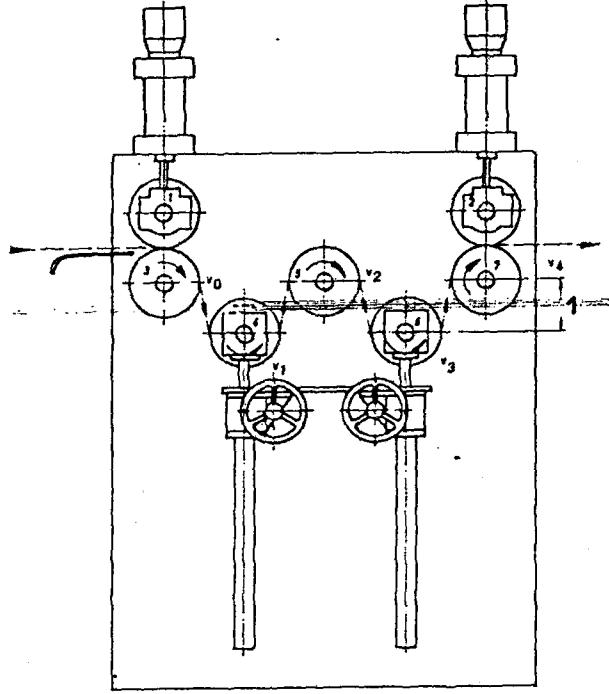
Şekil 3.6 Baskı silindirleri ve iğneleme makinasından oluşan ön iğneleme safhası

Cer ameliyesi ise, her yönde gerekli dayanıklılığı elde etmek amacıyla elyafların yönlendirilmesini sağlar.

Tarak makinasında elyaflar genelde makinanın çıkışına doğru yönlenmiştir, dolayısı ile iğneleme yönüne dikey durumdadırlar ve enlemesine daha büyük direnç, boylamasına ise daha az direnç oluştururlar. Aradaki orantı ise :

- kumaş ağırlığına
- uygulanan toplam iğneleme yoğunluğuna
- hat üzerindeki çalışma çekimine bağlıdır.

Buna göre teoride, hafif iğne batırılmış kumaşa belli bir çekim verilirse, elyaf yönlenmesi öylesine değişir ki enine ve boyuna dirençler adeta eşitlenir.



Şekil 3.7 Çekim ünitesi

Cer ameliyesinin bir takım dezavantajları da vardır. Ancak bu hususa her zaman değinilmemektedir. Şöyle ki ; cer ameliyesi kumaşın % 4 ile % 6 oranında çekmesine neden olur ve çekme kumaşın genişliğinde düzenli olarak dağılmaz, kenarlar daha çok orta kısım daha az çeker, dolayısı ile ağırlık dağılımı düzensizleşir. Cer kumaşın her bölümünde kitle yoğunluğuna göre farklı etki yapar. Bu da zayıf dirence sahip veya fazla güçlü alanlar oluşturduğundan, son mamulde yapılan delme direnci ve gözenek ölçümü testleri menfi sonuçlar verir. Ağır jeotekstiller için cer ameliyesi mecburiyeti yoktur.

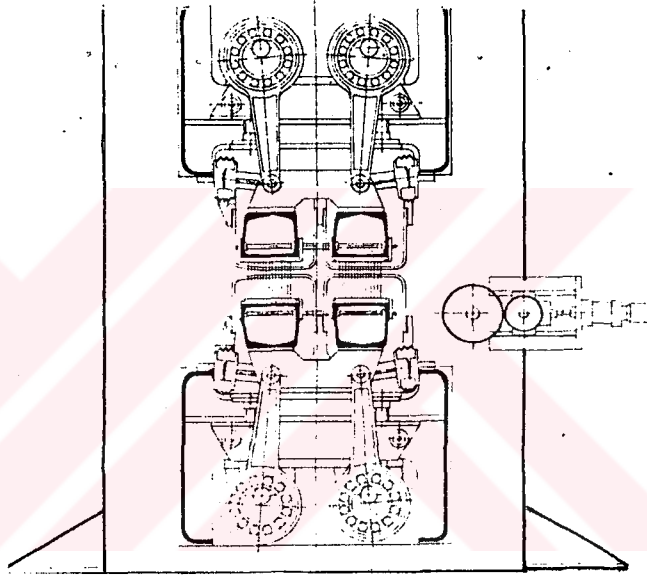
Araştırmalar sonucunda, çekim yapmadan başka prensiplerle de benzer sonuçların elde edileceği anlaşılmıştır. Bu yöntemlerden biri 2 dofferli tarak makinasıyla çalışmadır. Dofferlerden birisi paralel doku üretir, diğeri ise karışık doku verir. Her iki doku çapraz bindiricide toplanır ve böylece iğnelemeden sonra değişik elyaf yönlenmesi oluşur. Diğer bir yöntem ise, iki tarak makinalı ve çapraz bindirme sistemlidir. Bu sistem elyaf düzenini tesadüfî karışık hale sokar (randomize).

İğneleme yöntemi ile yapılan mekanik birleştirmeli jeotekstillerde belirli nitelik ve standartlara sahip kumaşların eldesi sağlanmaktadır. Böylece elyaflar içiçe geçip karışır ve yassı kalınlıkla en üstün dayanıklılık sağlanır.

En iyi sonuçları elde etmek için son iğneleme safhasında çift batan iğneli tezgaha, yani birbiri ardınca veya beraberce kumaşın her iki yüzünü de iğneleyen bir makina ihtiyacı vardır. Genelde 2 üstte ve 2 altta olmak üzere 4 plaka kullanılır.

Elyafların ideal bir şekilde birbirine karışması, iğnelerin birbiri ardınca simetrik çalışması ile sağlanır. Ancak böyle bir sonuç, ister tek ister çift inişli olsun kumaşın sadece yüzeyinde çalışan iğneleme ile elde edilemez. Kısacası ideal bir bağlantı derinlemesine iğneleme ile sağlanabilir.

Mekanik şekilde bağlanmış sürekli elyaftan oluşan vatıklar özellikle aşağı batırma prosesiyle hazırlanır. Bu makineler yüksek hızla çalışır ve hızlanan ileri gidişleri absorbe eder. Vatka içindeki elyaflar daha az esnek ve serbesttir ve vatka ısıl bağlantıyla (thermobond) hazırlanmışsa, kolay hareket edemez. Bunlara çift (alt ve üst) iğneleme yapılması sakıncalıdır zira elyaflar kırılabilir ve sağlamlık bozulur. Stapel elyaftan yani taranmış elyaftan oluşan vatıkların iğnelenmesinde çift iğneleme yapılabilir. Ancak çok derinlemesine veya fazla iğne yoğunluğuyla, yahut çok dikenli iğnelerle delinirse elyaflarda kırılma kaçınılmazdır.



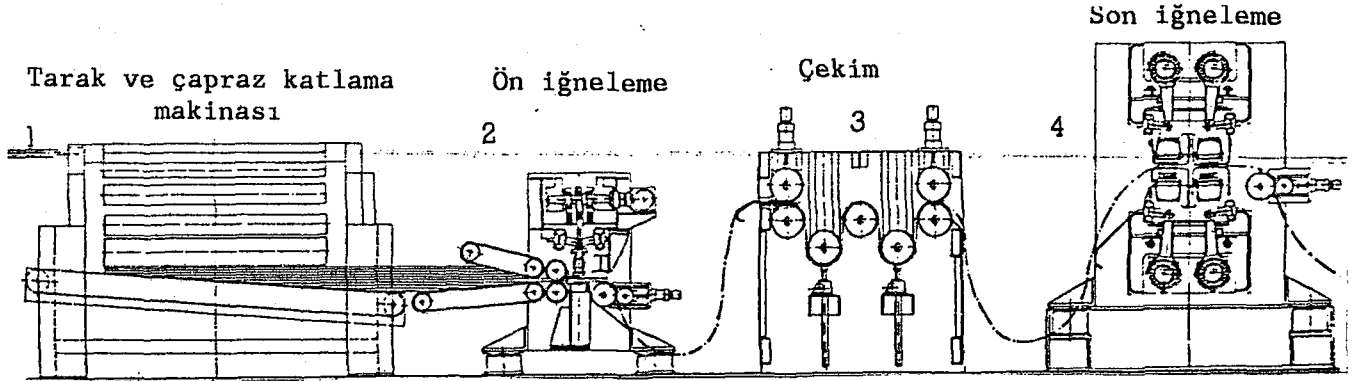
Şekil 3.8 Çift iğneleme makinası

Bu safhada iğne seçimi oldukça önemlidir. İğneleme sırasında kumaş gerilir ve uzama eğilimi (stretch) gösterir. Bu yüzden iki belli noktadaki çekimi kontrol etmek gerekir; bunlar makinanın besleme ve çıkış noktalarıdır ; bu şekilde elyaf yönlenmesi düzeltilir.

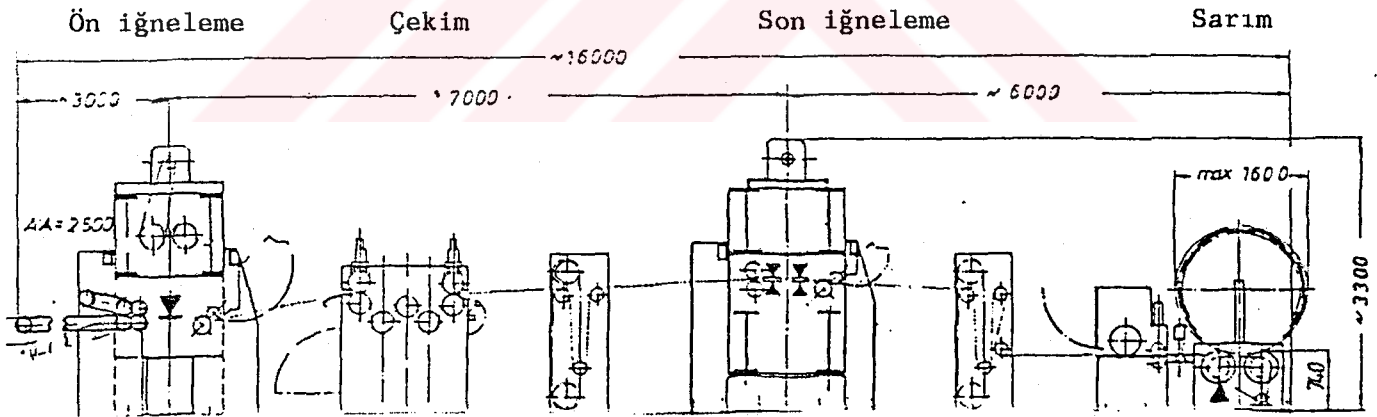
Bazı durumlarda makinenin besleme ve çıkış noktası bölümleri arasındaki çekme, ön iğneleyici ve iğneleyici donanım arasında yapılan cer ameliyesinin yerini tutabilir. Mekanik birleştirme esnasında yapılan bu çekme, kumaşın stretch'ini ve ağırlık azalmasını düzeltir. Stretch (gerilerek uzama) ve ağırlık azalması yüzdesi şu noktalara göre değerlendirilir :

- Kumaşın genişliği
- Stapel elyafların kıvrım ve "denye"si
- Tatbik edilen iğne yoğunluğu
- İğnenin batma derecesi ve kullanılan iğne tipi

Şekil 3.9 bir jeotekstil non-woven üretim hattının tarama işleminden son iğneleme işlemine kadar olan kısmını göstermektedir. Şekil 3.10 ise üretim hattını ön iğnelemeden sonraki kısmını yani sarma işlemine kadar ki bölümünü makinalar arası mesafeleri vererek göstermektedir. Ancak isteğe bağlı olarak bazen, son iğneleme işleminden sonra mamul ısıl işlemle de muamele edilebilmektedir. Burada amaçlanan elyaflar arası bağlantıyı daha da artırarak kumaşı kuvvetlendirmektedir. Her iki halde de mamul sonunda kesicili sarım ünitesine gelir ve toplar halinde sarılır. [10]



Şekil 3.9 Jeotekstil non-woven kumaşın üretim hattı



Şekil 3.10 Jeotekstil non-woven üretim hattının ön iğnelemeden sarma işlemine kadar ki kısmının makinalar arası mesafeleri

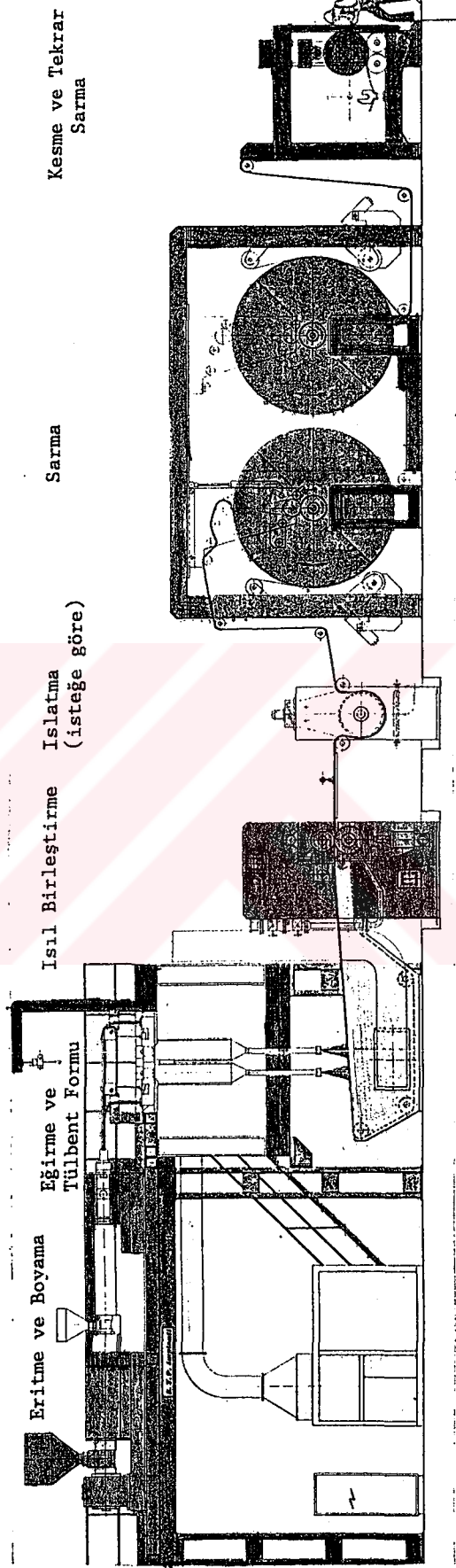
3.2.2.2 Eriterek Birleştirme (Spunbonding) Tekniğine Dayanan Üretim Hattı

Spunbonding tekniği jeotekstil üretim alanında kullanılan ikinci bir yöntemdir. Ancak böyle bir tesisin kurulması diğerine nazaran çok daha pahalı olduğundan mamulün birim fiyatı da daha pahalıya gelmektedir.

Aşağıda polipropilen spunbonding imalatı ile ilgili bir tesisin detayları ve çalışma prensipleri verilmektedir.

- Hammaddesi : Polipropilen
- Mamul ağırlığı : 150 gr/m^2
- Elyafık nosu : 2,5 - 3,0 den.
- Kabul edilen standartlar :
 - 1) En dar mamul eni, kenarlar kesildikten sonra 4.2 m
 - 2) İmalat kapasitesi 150 gr/m^2 , 600 kg/sa
 - 3) Azami imalat sürati : 100 m/dak
- Tesisin ana kısımları : 1 Extruder
 - 1 Satelit extruder
 - 1 Filtre paketi değıştirme ünitesi
 - 1 Üretim indeksiyon bloğu
 - 1 Üretim pompası
 - 1 Boya pompası tahriki
 - 1 Takım özel alet-edevat
 - 1 Eriyik bloğu
 - 1 Besleme vantilatörü
 - 1 Üretim kafası
 - 96 adet üretim bloğu
 - 1 Üretim pompaları tahrik grubu
 - 1 Hava kanalları ünitesi
 - 1 Hava kanalları jenaratörü
 - 1 Çekim ve iletim grubu
 - 1 Tülbent yapma ünitesi
 - 1 Takım elektrik kontrol panelleri
 - 1 Takım işletme yardımcı ekipmanı
 - 1 Takım işletme malzemesi
 - 1 Takım yedek parça
 - 1 İki silindirli Thermo-Kalander
 - 1 Sargı ünitesi
 - 1 Sargı + Kesme + Tekrar Sargı Ünitesi
 - 1 Proseste kullanılan hava için kompresör

Yukarıda detayları verilen bu tesisin çalışma prensibi şu şekilde olmaktadır. Cips, pnömatik yahut bir sonsuz dişli vasıtaıyla alınır ve extruderin besleme haznesine verilir. Extruderin sonundaki özel bir blok Satelit extrudere dişli pompa vasıtaıyla kontrollü miktarda boya maddesi vererek boyalı mamul üretmeye imkan verir. Boya maddesinin akışkanlığı homojen olarak statik karıştırıcı ile hazırlanır ve polipropilen içine karışmadan filtrelenir. Homojen polipropilen eriyiğı, iki eriyik pompası vasıtaıyla simetrik olarak delikli düzelerle verilir. Düzelerden sonra üfleme kabinlerindeki üfleme aparatları sonsuz iplikçiklerin devamlı soğutulması, kondisyone edilmesini temin eder. Her düzeden iki iplikçik tutamı çıkar, herbiri çekim sistemi tarafından jetlere verilir. Bu jetler de basınçlı hava ile iplikçikleri tüpler vasıtaıyla seperatöre iletilirler. Burada iplikçiklere hava verilir ve kondisyone olurlar. Son adım, separatörlerden gelen iplikçikleri hareketli bir bant üzerine tülbent şeklinde sermektir. Mamul ağırlığı, esas tülbent ağırlığı, hareketli bandın süratiyle ayarlanır. Beyaz yahut renkli tülbent ısıtılmış silindirleri olan Thermo-Kalander ve sinkron çalışan sargı kafalarına gelir. Proses bittiğinde, tülbentler satış rulolarına sarılır. (Şekil 3.11)

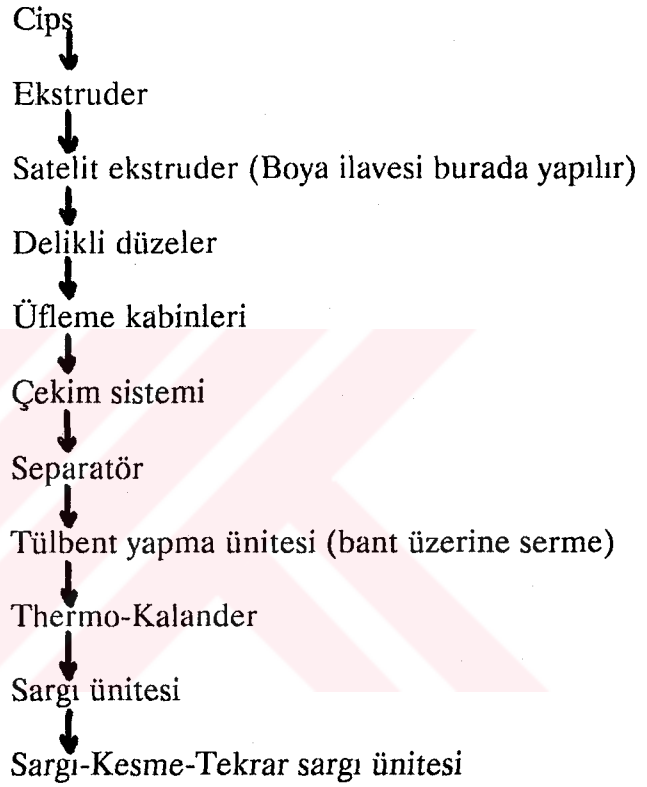


Şekil 3.11 Eriterek Birleştirme (Spunbonding) Tekniğine Dayanan Üretim Hattı

3.2.3 Bir Jeotekstil Non-woven Üretim Hattının Maliyet Etüdü

Maliyet etüdü yapılacak olan jeotekstil non-woven üretim hattıyla ilgili detaylar eriterek birleştirme (spunbonding) tekniğine dayanan üretim hattı başlığı altında verilmiştir. Yapılan tüm hesaplar bu tipdeki tesisler için geçerlidir.

3.2.3.1 Materyal Akış Diagramı



3.2.3.2 Makina Listesi

Tablo 3.4 İthal Makina ve Teçhizatlar

Kod No	Makina İsmi	Sayı	Model, Tip	İmal Yılı	Makina İlave Bilgileri	Kapasite veya Hız	Mak.Başına Elekt.Gücü (Kw) Kurulu	Tüketim
1.1	Extruder ve Satelit extruder	2	STP 160/30 STP 65/30	1989	Çalışma uz = 4'800 mm Sons. dişli çapı = 180 mm " " = 65 mm Çalışma uz = 1'950 mm	600 kg/sa 50 kg/sa	418 46.6	295 33
1.2	Spinbalken	1		1989		100 m/dak	57.6	36
1.3	Vatka makinası	1		1989	1 hava emiş sistemi ve bir fan		85	51
1.4	Kalender	1		1989	2 silindirli	100 m/dak	186	117
1.5	Sarma ünitesi	1		1989	1'500 mm dok çapı	100 m/dak	10	7.5
1.6	Ortadan kesme ve	1		1989	800 mm dok çapı	300 m/dak	30	23

Yardımcı Tesisler

Kod No	Makina İsmi	Mak.Başına Elekt.Gücü (Kw) Kurulu	Tüketim
1.7	Kurutma sobası	23	13.8
1.8	Kompresör	850	605
1.9	Hava emiş sistemi (vatka makinasında)	120	95
Tüm tesisin modeli : NWT 4/240		1'826.2	1'276.3

Bu sistemin fiyatı = 7'500'000 DM

Tablo 3.5 Yurt İcinden Temin Edilecek Makina ve Teçhizat

	Makina İsmi	Kapasite	Birim	Fiat (milyon TL)
1.1	Trafo	1600	Kwh	75.0
1.2	Hava kompresörü	13	m ³ /h	2.5
1.3	Buhar kazanı	0.5	at	50.0
		20	m ²	
1.4	Su tasviye cihazı	-	-	10.0
1.5	Taşıt araçları (forklift + kamyonet + binek aracı)	-	-	180.0
Toplam				317.5 (167'105 DM)

3.2.3.3 Üretim Programı :

- a) Üretim spesifikasyonu :
- Ağırlık : 150 gr/m²
 - En : 4.2 m (bitmiş en)
 - Metod : Polipropilen spunbonding imalatı
 - Ürün : Non-woven jeotekstil

b) Ünitenin saatlık, günlük, yıllık üretim kapasitesi :

- Günlük çalışma saati : 24 saat
- Yıllık çalışma günü : 330 gün
- Vardiye sayısı : 3 vardiye/4 grup
- Saat olarak üretim kapasitesi : 600 kg/saat
- Günlük net üretim : 14'400 kg
- Yıllık net üretim : 4'752 ton

3.2.3.4 Montaj Süresi ve Montör Sayısı : 5 kişi, 5 hafta süre içinde tüm tesisin montajını tamamlayabilmektedir. Bu işlem için, uçak ücreti + otel + nakliye + yemek ve bütün bunlara ilaveten adam başı günlük ücret olarak 500 DM ödenmektedir.

3.2.3.5 Yıllık İşletme Gelirleri

Not : Günlük üretimin % 5'i telef

$$14'400 \times \frac{5}{100} = 720 \text{ kg/gün}$$

Telef birim fiyatı : 1.50 DM/kg

Ürünün satış fiyatı 6.87 DM/kg

$$6.87 \text{ DM/kg} \times 0.15 \text{ kg/m}^2 = 1.0305 \text{ DM/m}^2$$

$$\text{Yıllık satış fiyatı} = 6.87 \times 4'752'000 = 32'646'240 \text{ DM}$$

Tablo 3.6 Yıllık İşletme Gelirleri Tablosu

Poz No	Ürünler	Tam Kapasite Yıllık İşletme Gelirleri			
		Satış Miktarı	Birim	Birim Fiyat (DM)	Toplam Gelir (DM)
1.1	Ana Ürün	4'752'000	kg	6.87	32'646'240
1.2	Yan Ürün (Telef)	237'600	"	1.50	356'400
Toplam					33'002'640

3.2.3.6 Yıllık İşletme Giderleri

Tablo 3.7 Yıllık İşletme Giderleri Tablosu

Gider Türleri	Tam Kapasite Kullanımda Yıllık Tüketim			
	Birim Fiat	Miktar	Birim	Tutar (DM)
1. Hammadde ve Yardımcı Mad.				
1.1 Hammadde	5'400 TL	4'752'000	kg	13'505'685
1.2 Stabilizer	13.5 DM	198'000	kg	2'673'000
1.3 Avivaj	4 DM	33'000	kg	132'000
1.4 Stabilizer				82'500
				16'393'184
2. Yakıt, Enerji ve Su				
2.1 Soğutma suyu	0.05 DM	396'000	m ³	19'800
2.2 Demineralize su	0.30 DM	660	m ³	198
2.3 Temiz su	0.15 DM	6'600	m ³	990
2.4 Buhar	26 DM	4'950	m ³	128'700
2.5 Elektrik	0.10 DM	8'085'000	m ³	808'500
				958'188
3. Personel Giderleri				
3.1 Yönetim	100'000 DM	1	kişi/yıl	100'000
3.2 Büro Personeli	60'000 DM	2	"	120'000
3.3 Mühendis	80'000 DM	1	"	80'000
3.4 Teknisyen	80'000 DM	4	"	320'000
3.5 Kalifiye İşçi	60'000 DM	24	"	1'440'000
3.6 Düz İşçi	40'000 DM	4	"	160'000
				2'220'000
4. Genel Masraflar	% 20 Personel giderleri			444'000
5. Bakım ve Onarım Masrafları	Muhtelif	Muhtelif		297'000
6. Amortisman	% olarak değeri			Tutar
6.1 Bina		4		83'410
6.2 Makinalar		10		766'711
6.3 Demirbaşlar		25		95'840
6.4 Tesisat		10		76'671
7. Toplam Üretim Gid.				21'335'000
8. Satış Giderleri				26'316
9. Diğer Giderler				38'421
10. Yıllık İşletme Giderleri Toplamı				21'400'000

3.2.3.7 Yıllık Kâr / Zarar

Tablo 3.8 Yıllık Kâr - Zarar Tablosu

Göstergeler	Yatırım Sonrası (DM)
1. Yıllık Satış Gelirleri	33'002'640
2. Yıllık İşletme Giderleri	21'400'000
3. Gayri Safi Kar ve Zarar	11'602'640

3.2.3.8 İşletme Sermayesi

- Hammadde stokları (4 hafta)	: 1'150'000 DM
- Yardımcı madde stokları (4 hafta)	: 245'745 DM
- Su + Yakıt + Enerji + İşçilik (4 hafta)	: 270'484 DM
- Stoklar (Mamul madde)	
- Ambardaki stok (2 hafta)	: 950'400 DM
- Müşteriye bağlı mal stoku (2 hafta)	: 950'400 DM
(Mamul madde maliyet fiyatı : 4.4 DM/kg)	
Toplam	: 3'566'300 DM

3.2.3.9 Sabit Yatırım Tutarı

$$3\text{-}5 \text{ yıllık kâr} = 34'807'920 \text{ DM} - 58'013'200 \text{ DM}$$

Tablo 3.9 Sabit Yatırım Tablosu

Yatırım Türleri	Tutarı (DM)
1. İnşaat (10'850 m ²)	2'784'210
2. Ana Fabrika ve Teçhizat	
2.1 İthal	7'500'000
3. Yardımcı İşletmeler	
3.1 Su	5'263
3.2 Elektrik	39'474
3.3 Buhar	26'316
3.4 Basıncılı hava	1'316
4. Taşıt Araçları	94'737
5. Öngörülme-yen Giderler	750'000
Sabit Yatırım Toplamı	11'201'316

3.3 Kalite Kontrol

3.3.1 Test Edilen Başlıca Özellikler

Dokusuz tekstil yüzeylerinin ana özelliklerini Tablo 3.10 da da görüldüğü gibi dört başlık altında toplayabiliriz. Bunlar, fiziksel, mekanik, hidrolik ve dayanıklılık özellikleridir. İnşaat mühendisliğindeki uygulamalarda istenileni elde edebilmek bu özellikleri kontrol altında tutmakla sağlanabilir. Ancak bu dört özelliğin, imalatla kullanılan polimerlerin özelliğiyle ve dokusuz yüzeyin yapısını oluşturan imalat tekniğiyle yakından ilgili olduğu unutulmamalıdır.

Tablo 3.10 Dokusuz Tekstil Yüzeylerinin Ana özellikleri

Fiziksel Özellikler	Mekanik Özellikler	Hidrolik Özellikler	Dayanıklılık Öz.
1.Birim alan ağırlığı (gr/m^2)	1.Kısa süreli çekme	Dokusuz tekstil yüzeyinin	1.Kimyasal maddelere
2.Boşluk (mikron)	gerilmesi-deformasyon	1.Düzlemine dik yöndeki	2.Bakterilere
3.Yüzey sürtünmesi	özelligi	su geçirimsizliği	3.Aşınmaya
4.Kalınlık mm	2.Uzun süreli çekme	2.Düzlem içinde su	4.Yırtılmaya
	gerilmesi-deformasyon	geçirimsizliği	5.Zımbalamaya
	özelligi		6.Ultra viole ışına
			7.Yanmaya
			8.Deniz suyuna
			9.Sıcağa karşı dayanım

3.3.1.1 Birim Alan Ağırlığı

Dokusuz tekstil yüzeylerin en önemli fiziksel özelliği (gr/m^2) birimi ile ifade edilen birim alan ağırlığıdır. İnşaat mühendisliğinde kullanılan jeotekstillerde birim alan ağırlığı genel olarak 100 ile 1'000 gr/m^2 arasında değişmektedir. 250 gr/m^2 değerinin altında olan tekstillere hafif ağırlıklı tekstiller adı verilir. Örneğin dokunmuş jeotekstiller, iğneleme veya ısı yöntemiyle birleştirilmiş ince dokusuz yüzey tipindeki jeotekstiller, hafif ağırlıklı tekstiller sınıfına girerler.

Birim alan ağırlığı, dokusuz tekstil yüzeylerin diğer özellikleri ve fiyatları için iyi bir ölçü değeridir.

Aynı şekilde imal edilmiş ve ana malzeme olarak aynı polimer kullanılmış olan dokusuz yüzey tipindeki jeotekstillerde, birim alan ağırlığı ile çekme mukavemeti arasında yakın bir korelasyon olduğu gibi birim alan ağırlığının yırtılma ve zımbalama mukavemetlerine de etkisi vardır. Kısaca ağır jeotekstillerin zımbalama ve ani yırtılmalara karşı mukavemetinin daha fazla olduğu söylenebilir.

Dokusuz yüzüy tipindeki jeotekstillerin birim alan ağırlıkları arttıkça boşluk oranı ve kendi yüzeylerine dik yönde su geçirme kabiliyeti azalmaktadır. Dokusuz yüzey tipindeki jeotekstillerde birim alan ağırlığının yanında polimerin relativ yoğunluğu da önem arz eder. Örneğin yoğunluğu 1,38 olan poliester su altındaki inşaat uygulamalarında yoğunluğu 0,91 olan polipropilene tercih edilmektedir.

3.3.1.2 Boşluk Oranı :

Dokusuz yüzeylerin, filtrasyon uygulamalarında dikkate alınması gereken en önemli özelliklerden birtanesi içindeki boşlukların oranı, dağılımı ve boyutlarıdır. Çünkü filtrasyon amaçlı jeotekstillere, suyu geçirdiği halde zemin taneciklerini hiçbir zaman geçirmemelidir. Dokusuz bir yüzeyde boşlukların ölçüsü kesin bir değer olarak değil belli bir aralık olarak alınır. Boşluk oranı veya boşluk dağılımı olarak adlandırabileceğimiz tanım ise zeminlerdeki tane dağılımına benzer bir şekilde ifade edilebilir. Dokusuz yüzeydeki boşluk boyutları mikron birimi ile gösterilir ve değer vermek gerekirse 0.90 (yüzde olarak 90'dan daha ince boşluk) değerindeki boşluk boyutları 50 ile 350 mikron arasında değişmektedir.

3.3.1.3 Çekme Gerilmeleri Altında Şekil Değiştirme :

Çekme testlerinde elde edilen sonuçlar testte kullanılan tekstil örneğinin boyuna, test ortamındaki sıcaklığa, uygulanan çekme kuvvetindeki artma hızına v.b etkenlere göre farklılıklar gösterir.

Test örneklerinde dikkate alınacak boyutlar gerçek uygulamalar düşünülerek tesbit edildiklerinden, test örneklerinin eni, boyuna göre çok farklı değildir. Zaten aksi halde gerilme yığılmaları nedeni ile aşırı uzamalar ölçülecek ve gerçek sonuçlardan uzaklaşılacaktır.

Polimerlerin viskoelastik malzemeler olduğu dikkate alındığında, çekme testinde elastik uzama ile birlikte sünme şekil değiştirmeleri de ölçülmelidir. Sıcaklık artması ise sünme miktarını artırır. Bu nedenle, testte kullanılacak çekme örneklerinin enine boyuna boyutlarının oranı en az iki olarak alınmalı ve çekme testleri normal sıcaklıklarda yapılmalıdır.

Çeşitli cins dokusuz tekstil yüzeyler üzerinde yapılan testlerden elde edilen sonuçlara göre, çekme doğrultusuna dik yönde bir basınç uygulandığında numunenin kopma mukavemetinin arttığı gözlenecektir. Çünkü tekstil düzlemine normal yönde gelen kuvvetler altında elyaflar birbirine daha çok deyecek ve aralarındaki sürtünme kuvveti de böylece artacaktır.

Bazı ıslak dokusuz yüzey tipindeki jeotekstiller üzerinde yapılan çekme testlerinde daha düşük kopma mukavemetleri bulunmuştur. Bu sebepten dolayı, inşaatlarda uygulanacak jeotekstillerden alınan örnekler, çekme testi yapılmadan önce 24 saat kadar su içinde tutulurlar ve sonra test yapılır.

Kısa süreli çekme testi sonuçları, özellikle yol inşaatı projeleri için uygun malzeme seçiminde sıhhatli bir şekilde kullanılabilirler. Ancak bu test sonuçlarından örneğin şev stabilitesi veya istinad yapılarındaki uygulamalarda faydalanılmamaktadır. Çünkü bu uygulamalarda jeotekstile etkiyen yük sürekli'dir. Bu nedenle, bu tip uygulamalara cevap vermesi açısından uzun süreli etkililen çekme kuvveti altında tekstilin davranışı incelenmelidir. Uzun süre aynı yüke maruz kalacak tekstil uygulamalarında, tekstil yüzey kopmamalı ve projelendirme safhasında kabul edilen uzama limitlerini de aşmamalıdır. Aksi takdirde tekstil yüzeylerin kopması, yapının da yük taşımayarak tamamen çökmesine neden olabilir.

3.3.1.4 Su Geçirgenliği :

Dokusuz yüzey tipindeki jeotekstiller de inşaat mühendisliğinde kullanılan diğer tekstil yüzeyler gibi kendi düzlemine dik yönde gelen su akımını geçirirler. Bu geçirgenlik kabiliyeti, bu tip jeotekstilin kalınlığına, boşluk oranına ve yüzeye dik yönde etkiyen yükün şiddetine bağlıdır. Su geçirgenliği, belli bir su basıncı altında bir metre karelik tekstil yüzeyin içinden geçen su akışı hızı şeklinde tanımlanmaktadır. Birim olarak litre/saniye/m² kullanılmaktadır. Su geçirgenlik testinde kullanılan su basıncı ise genelde 10 cm. su sütunu basıncına eşdeğer olarak alınır.

Dokusuz yüzey tipindeki jeotekstillerde, herhangi bir basınca maruz kalmadığı durumlar için ve 10 cm su sütunu altında yapılan test sonuçlarına göre tipik bir su geçirgenlik değeri olarak 200 lt/sn/m² değeri verilebilir. Ancak bu değer yüzeye etkiyen basınç arttıkça azalmaktadır.

3.3.1.5 Dış Etkenlere Karşı Dayanım Özelliği :

Dış etkenler denildiğinde ; mekanik olarak etkiyen dış etkenlerin başında aşınma, kimyasal dış etkenlerin başında ise asit veya alkalik ortamları gelir. Mekanik ve kimyasal etkenler dışında diğer önemli bir etken de mikro organizmaların enzimlerinden doğan kimyasal etkilerdir.

Ayrıca ultra viole ışınları ve fotokimyasal etkilerin, polimerleri oluşturan moleküler yapıya zarar verdiği tesbit edilmiştir.

Dokusuz yüzey tipindeki jeotekstillerin dış etkenlere karşı dayanım özelliği, tekstil malzemesinin yapısı ve ana malzeme olarak polimer özelliklerinin dışında imalat tekniğine ve kullanılan katkı malzemelerine de yakından bağlıdır. [7]

3.3.2 Test Metodları

Günümüzde jeotekstillerin testleri ASTM, DIN, NEN, BS, AFNOR v.b. şartnamelerle ISO, RILEM, EDANA gibi uluslararası organizasyonların standartlarına göre yapılmaktadır. Ancak test metodlarının uluslararası bir standartla birleştirilmesi için daha birkaç yıl harcanacağı tahmin edilmektedir. Şunu da belirtmek gerekir ki jeotekstillere gerçekte etki eden yük ve diğer dış etkenler bu test metodlarında sadece bir takım kabullerle benzetilebilmekte ve testler çeşitli varsayımlara göre yapılmaktadır.

Laboratuvar testleri genellikle, uygun olan jeotekstil tipinin seçilmesinde temel teşkil etmesine rağmen, deneylerden çıkan sonuçların yanlış değerlendirilmesi nedeniyle gerçekte kullanılması gereken jeotekstil özelliklerinden farklı özelliklere sahip bir jeotekstil tipinin seçimi de söz konusu olabilmektedir.

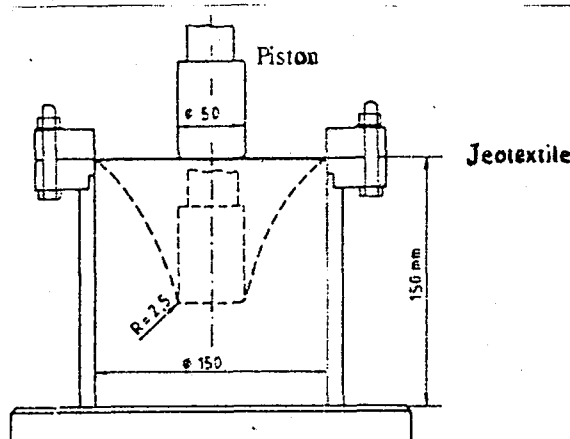
Jeotekstillere uygulanan test metodları :

- Mekanik testler
- Hidrolik testler
- Fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere karşı mekanik mukavemet testleri diye sınıflandırılabilir.

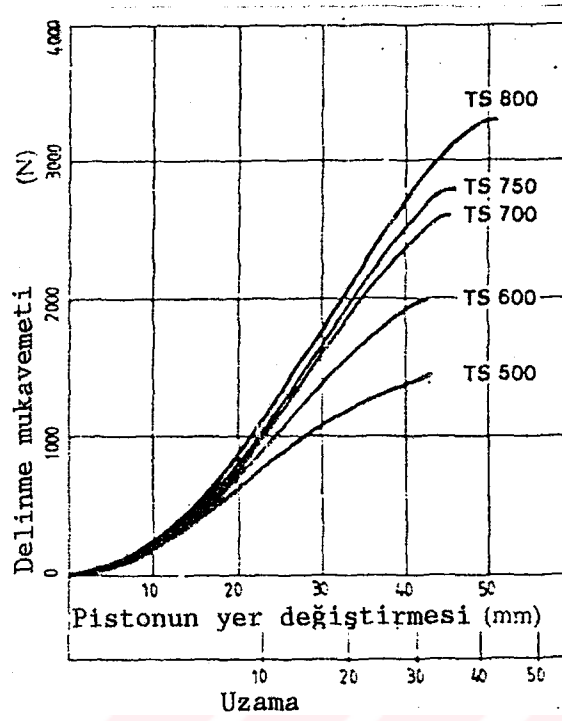
3.3.2.1 Mekanik Testler

a) Delinme Mukavemeti Testi :

Bu test, jeotekstil herhangi bir noktasında yoğunlaştırılmış yükün etkisi altındayken absorblanan kuvveti gösterir. Örneğin, yollarda kullanılan jeotekstillerin kaya v.b delici cisimlerin basıncı altında olması bu testin yapılmasını gerektiren bir durum olmaktadır. Bu test için jeotekstil dairesel bir mengene ile sabitleştirilir ve bir piston yada bir çubuk ile merkeze kuvvet uygulanır. Bu kuvvet delinme mukavemeti sınır değerine kadar devam eder.



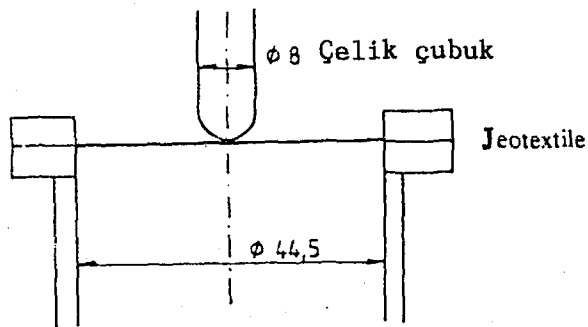
Şekil 3.12 Delinme mukavemeti testi (DIN 54307)



şekil 3.13 Bazı jeotekstilller için kuvvet / uzama eğrileri (DIN 54307)

Tablo 3.11 Delinme mukavemeti test cihazının boyutları

	DIN 54307	ASTM D 751-mod
Mengenenin iç çapı (mm)	150	44.5
Piston / çubuk çapı (mm)	50	8
Test hızı (mm / dak)	50	300
Piston / çubuk ucunun şekli	Düz	Küresel



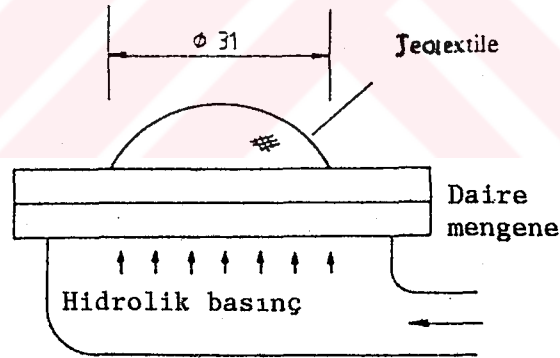
şekil 3.14 Delinme mukavemeti testi (ASTM D 751-mod)

b) Hidrostatik Patlama Testi :

Bu test, jeotekstillerin doymuş ince taneli toprak tarafından daha kaba taneli materyallerin gözeneklerinin içine doğru zorlandığı durumları dikkate alarak yapılmaktadır. Öncelikle jeotekstil dairesel bir mengene içinde sabitlenir ve hidrolik basınç, oldukça elastik olan bir lastik zardan geçmek suretiyle jeotekstile uygulanır. Patlama basıncı büyük oranda dairesel mengenenin iç çapına bağlıdır. Çap küçüldükçe kopma direnci artacaktır.

Tablo 3.12 Patlama testi için kullanılan test cihazının boyutları

	DIN 53861	NFG 07-112	ASTM D 3786
Dairesel mengenenin iç çapı (mm)	35.7 79.8 112.8	35.7	31
Test hızı	30 saniye	200 mm/dak	95 ml/dak



Şekil 3.15 ASTM D 3786'ya göre patlama test cihazı

c) Şerit Çekme Testi :

Bu test jeotekstiller için uygulanan en yaygın testtir. Tekstil endüstrisinde daha ziyade kalite kontrol testi olarak kullanılmaktadır.

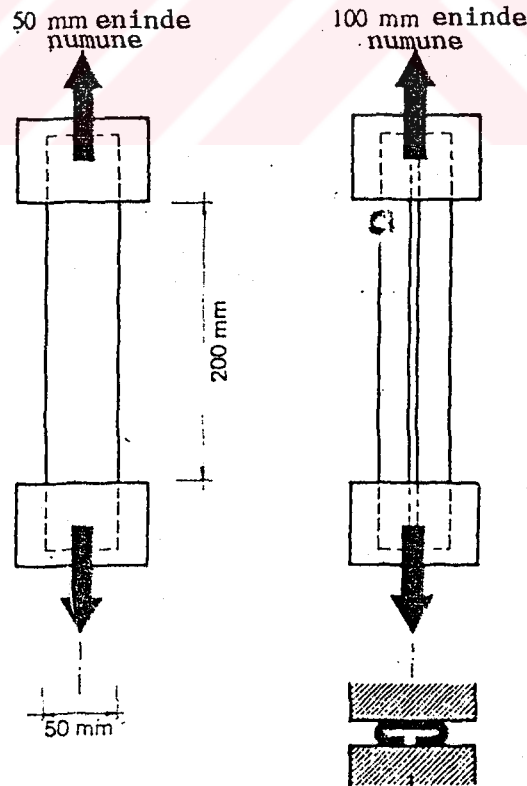
Bu testten optimum faydayı sağlayabilmek, sadece mamul için zararlı kuvveti ve bu kuvvet karşısındaki uzamayı tespit etmekle olmaz, aynı zamanda tüm kuvvet uygulamaları karşısındaki uzamalar eğri şeklinde de elde edilebilir. Başlangıçta

küçük fakat gittikçe artan modüle sahip jeotekstiller pürüzlü yüzeylere çok rahat adapte olabilirler. Örneğin, tertibatın yerleştirilmesi esnasında dolgu malzemesi olarak kullanılan taşların zorlamasıyla oluşacak deformasyonu zarara meydan vermeden absorblayabilirler.

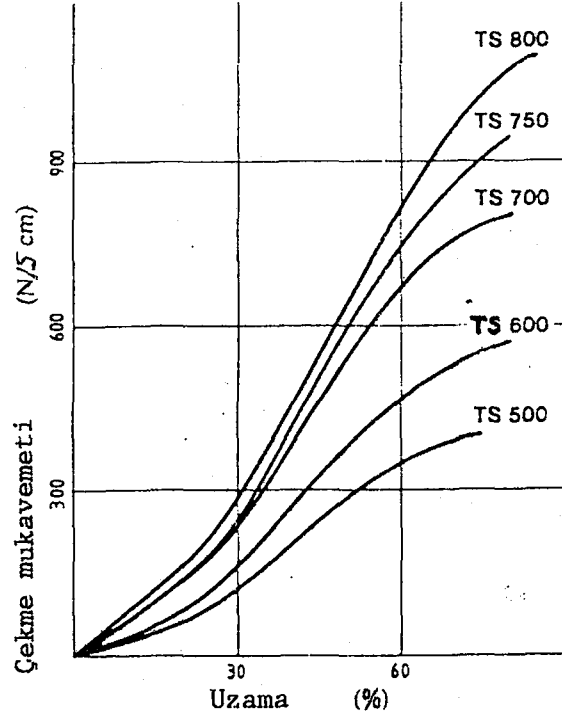
Jeotekstillerin bir kısmı, en yüksek gerilme mukavemetinin % 30'una ulaşıldığında en az % 20'lik uzama göstermektedir ; bütün bunların sonucunda da yol tabanlarında optimum uygunluğu sağladıkları izlenmektedir. Bu test, toprağın numune üzerindeki etkisi dikkate alınmaksızın değerlendirilmektedir. Test edilecek numunenin genişliği arttırılırsa gerilme değerleri de artar. Bunun sebebi de liflerin boyları doğrultusunda birbirine teması genişlik arttıkça artacağı içindir.

Tablo 3.13 Kullanılan değişik standartlara göre şerit gerilme testinde boyutlar.

	DIN 53857/2	NFG 07001	ASTM 1682	ASTM D 4595	SN/ 640550	NFG 38014
Mengeneler arası mesafe (mm)	200	200	75	100	200	100
Numune eni (mm)	50/100	50	25/50	200	100	500
Test hızı (mm/dak)	200	100	305	10	100	100



Şekil 3.16 DIN 53857 ve DIN 53857/2 standartlarına göre şerit gerilme testi.

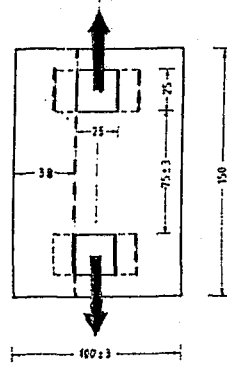


Şekil 3.17 Bazı jeotekstiller için gerilme / uzama eğrisi (DIN 53857/2)

d) Grab Çekme (Kavrama) Testi

Bu test yönteminde numuneden daha dar ene sahip mengeneler yardımıyla numune çekme gerilimine maruz bırakılır.

Test sonuçları sadece test edilen kumaşın mukavemetine bağlı değildir, aynı zamanda mamulün uzayabilirliğiyle de ilgilidir. Kısaca özetlemek gerekirse, numuneye gelen mekanik gerilimler ya yüksek mukavemet yada yüksek uzayabilirlik değeri vasıtasıyla absorplanabilir. Bu mukavemet ve uzama (%) değerlerinin çarpımı dokuma ve non-woven jeotekstiller için kriter teşkil eden yırtılma enerjisini vermektedir.

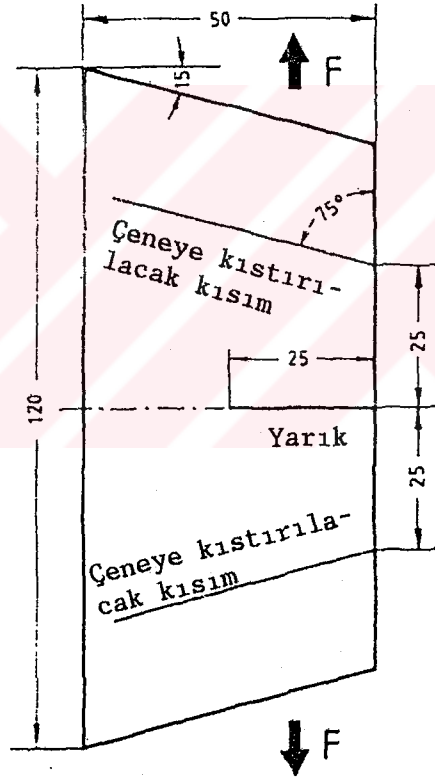


Şekil 3.18 Grab test (DIN 53858, NFG 07-120, ASTM D 1682)

e) Yırtılma Mukavemeti Testi

Jeotekstiller herhangi bir hasara uğradığında bir yırtılma olayı gözlenirse bu yırtılmanın devam etmemesi, yani ilerlememesi istenir. Yoksa bu durum, en başta malzemenin filtre fonksiyonunu olumsuz olarak etkiler.

Numunenin ikizkenar yamuk şeklinde hazırlandığı yırtılma testinde test edilecek numune üzerine bir yarık açılır ve bu yarığın büyümesi için yırtılma denemesi yapılır. Üzerinde yarık bulunan jeotekstil bir kenarından sıkıca mengeneler arasına tespit edilir. Diğer kenar ise oldukça gevşek bir şekilde mengenelerin arasına tutturulur. Bu deneyin sonuçları, pratik uygulamalarda yırtılma direncinin göstergesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.19 DIN 53363 standardına göre yapılan yırtılma mukavemeti testi numune ölçüleri

Tablo 3.14 Numunenin ikizkenar yamuk şeklinde hazırlandığı yırtılma mukavemeti test parametreleri

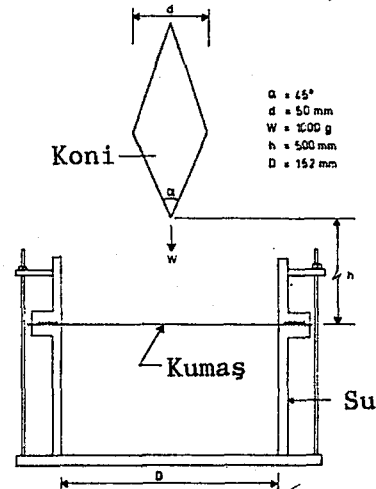
	DIN 53363	ASTM D 1117	NFG 38015
Numunenin boyutları (boy/en) (mm)	120 / 50	150 / 75	850 / 445
Yarık boyu (mm)	25	15	70
Yarığın bulunduğu taraftaki mengeneler arası mesafe (mm)	50	25	225
Karşı kenarda mengeneler arası mesafe (mm)	77	100	670
Test hızı (mm/sn)	100	300	50

f) Düşürme (Delip geçme mukavemeti) Testi

Bu metod, düşen kayaların meydana getirdiği gerilimlere karşı jeotekstillerin ne kadar mukavim olduğunu anlayabilmek için geliştirilmiştir. Jeotekstil numune, dairesel bir mengene ile suyun yüzeyinde gergin olarak sabitlenir. Koni şeklindeki bir ağırlık numunenin üzerine düşürülür ve numune delinir. Bu oluşan deliğin çapı ölçülür. Bu methodda jeotekstil yumuşak bir taban oluşturan su ile temas halindedir ve çıkan sonuçlar diğer metodlara göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği için bu test metodu daha avantajlıdır.

Bununla birlikte çapı tam olarak belirlemek oldukça zordur, çünkü jeotekstillerin çoğu oldukça elastiktir.

Dolgu malzemesi olarak kullanılan çok sivri materyallere daha çok benzemesi açısından pramit şeklindeki ağırlıkların düşürülmesi durumunda testte çeşitli varyasyonlar ortaya çıkabilmektedir.



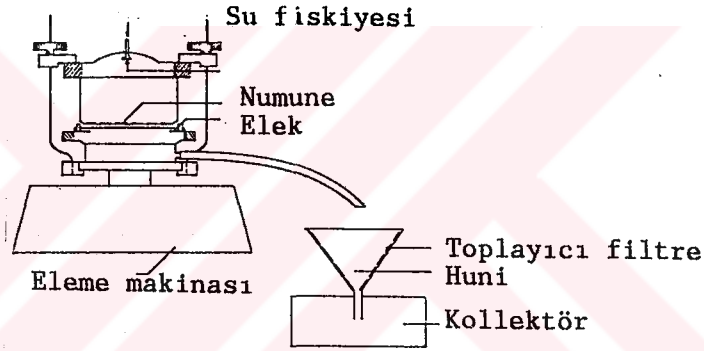
Şekil 3.20 NT 243 test metoduna göre düşürme testi

3.3.2.2 Hidrolik Testler

a) Göz Açıklığının Belirlenmesi

Bu proses, yaş eleme metoduyla jeotekstillerin göz açıklığının belirlenmesi için uygulanır. Test edilen numune 18 cm. çapındadır. Ve bir eleğin çerçeveleri arasında tespit edilmiştir. Önce dokuma kumaşlar için 100 gr. ve non-woven kumaşlar için 300 gr. kum numunenin üzerine serpilir. Ardından numuneye 15 dk. kadar sürekli olarak su püskürtülür, bu arada bir yandan da test cihazı 50 Hz'lik frekanslar ve 3 mm. genlik ile titreşim hareketi yapmaktadır. Bütün bu olaylar esnasında jeotekstil numunenin yüzeyinden geçebilen kum bir kağıt filtrede toplanır ve aşağıdaki ölçülerdeki eleklerde analiz edilir.

2'500 μ m, 1'180 μ m, 710 μ m, 500 μ m, 400 μ m, 200 μ m, 100 μ m, 63 μ m, 45 μ m.



Şekil 3.21 Görünür göz açıklığının, belirlenmesi için kullanılan test cihazı.

Görünür göz açıklığının hesabı aşağıdaki formülden hesaplanır :

$$D_w = f_u + (f_o - f_u) \frac{G_D}{G_T} \text{ (mm)}$$

G_D = Filtreden elenmiş tanelerin kütlesi

G_T : Filtreden geçmiş ve filtrede tortu olarak kalmış tanelerin kütlelerinin toplamı şeklinde hesap edilen test toprağının kütlesi, bu hesaplama sırasında jeotekstilde biriken ve eleme esnasında kaybolan miktar ihmal edilmektedir.

f_u = filtreden elenmiş tane grubunun alt sınır değeri.

f_o = filtreden elenmiş tane grubunun üst sınır değeri.

Dokusuz yüzeylerin boşluk oranı tayini için uluslararası kabul edilmiş herhangi bir şartname hazırlanmamıştır. Belirli bir dokusuz yüzeyin boşluk oranı, yapılan test metoduna göre (bunlardan biri de yukarıda izah edilmiştir) farklılıklar gösterebilir.

Bunedenle farklı imalatçıların verdiği değerler aynı bazda karşılaştırılmazlar. Dokusuz yüzeydeki boşluk boyutlarının mikron birimi ile ifade edildiği düşünül-
düğünde, 0.90 (yüzde olarak 90'dan daha ince boşluk) değerindeki boşluk boyutları
50 ile 350 mikron arasında değişmektedir.

b) Geçirgenlik

Jeotekstillerin geçirgenliğini ölçmek için kullanılan çeşitli test yöntemleri var-
dır. Yöntemler arası farklılık geçirgenlik testinin sonuçlarını da etkiler. Bu sebepten
sonuçları kıyaslarken şartları gözönüne almayı unutmamalıyız. Ayrıca sonuçlar pro-
jede kullanılırken deneyin laminar akış şartları altında yapıldığı göz ardı edilmemelidir.
(hidrolik gradyanı $i < 2$)

b.1) Bu test yöntemi, hidrolik gradyanı $i = 2$ olan sabit basınç altında yapılır. 2
ile 200 kN/m^2 'lik yük altında geçirgenlik durumları incelenir.

Düşey geçirgenlik katsayısı k_v 'nin hesabı :

Kalınlığı 2 cm. olan çok katlı jeotekstil geçirgenlik test cihazının içine yerleştirir-
ilir. Numunenin çapı 14.5 cm'dir. k_v değeri şu formülle hesaplanır.

$$k_v = \frac{q \cdot d}{F \cdot \Delta h} \cdot \frac{\eta_r}{\eta_{20}}$$

k_v : 20°C 'de geçirgenlik katsayısı (cm/sn)

q : Akış hızı (cm^3/sn)

d : Belli bir yük altında numunenin kalınlığı (cm)

F : Islak yüzey (cm^2)

Δh : Numuneye giren ve numuneden çıkan su basıncı arasındaki fark (cm)

η_r/η_{20} : Test sıcaklığındaki dinamik su viskozitesinin 20°C 'daki dinamik su viskozite-
sine oranı.

Yatay geçirgenlik katsayısı k_h 'in hesabı

Tek veya çok katlı jeotekstillere 2 kN/m^2 'den 200 kN/m^2 'ye kadar artan kuvvet-
ler uygulanır ve her kuvvet değeri için k_h değeri aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$k_h = \frac{q \cdot l}{\Delta h \cdot d \cdot b} \cdot \frac{\eta_r}{\eta_{20}} \quad (\text{cm/sn})$$

k_h : 20°C 'da geçirgenlik katsayısı (cm/sn)

q : Akış hızı (cm^3/sn)

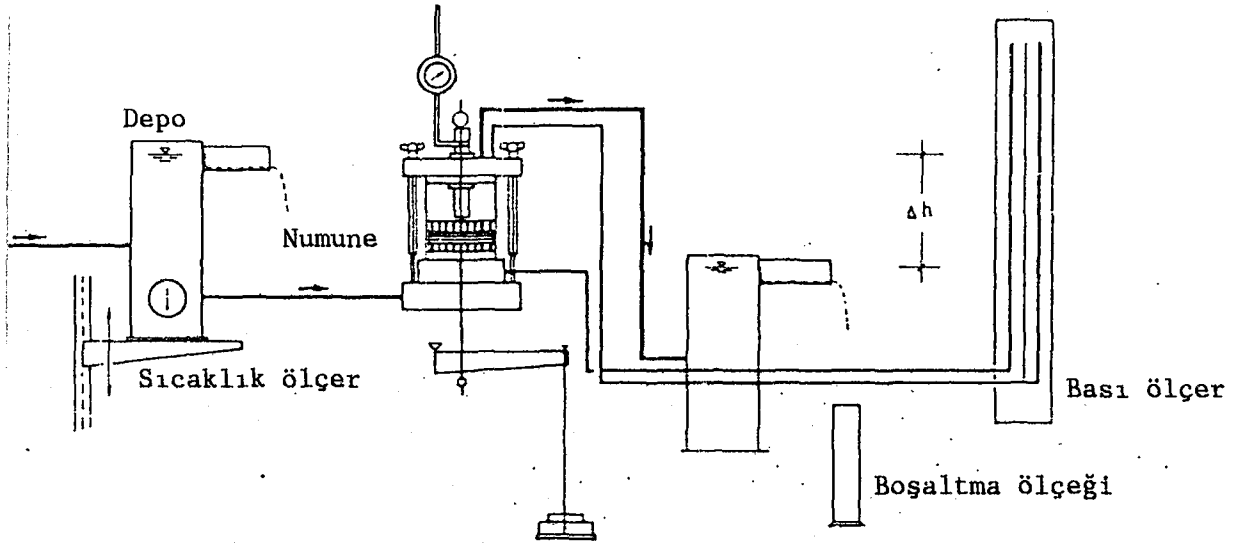
Δh : Numune girişi ve numune çıkışındaki su basınçları arasındaki fark (cm)

l : Suyun akış mesafesi (cm)

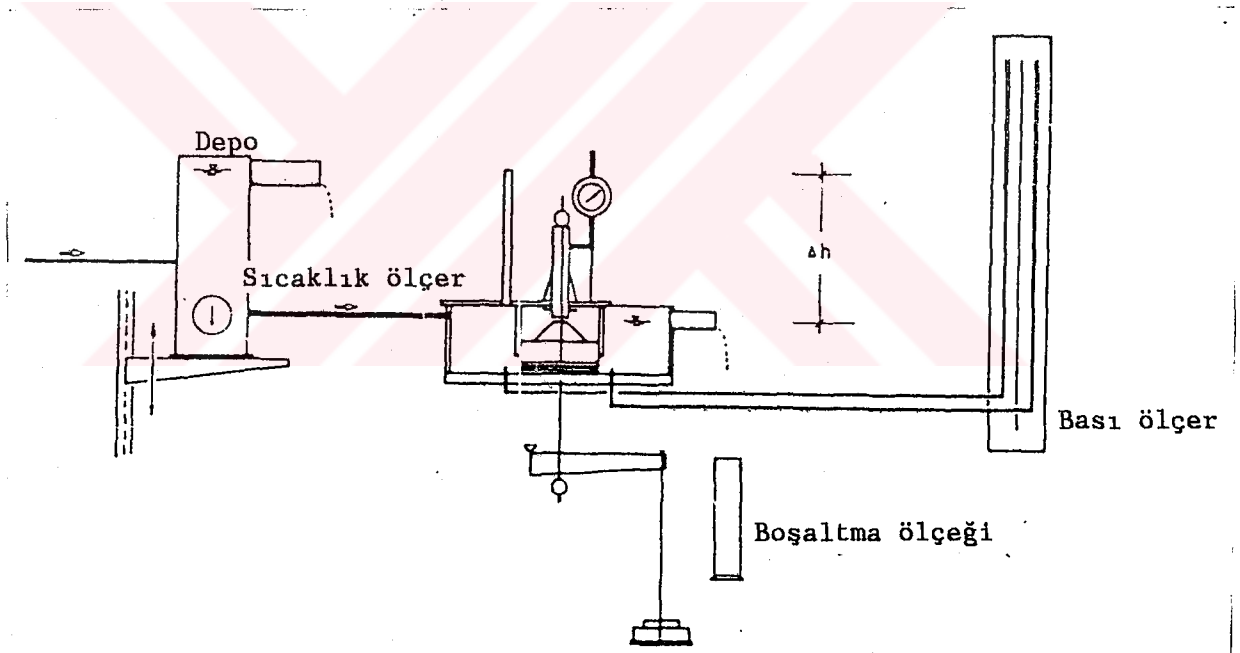
d : Belli bir yükün etkisindeki numunenin kalınlığı (cm)

b : Numunenin genişliği (cm)

η_r/η_{20} : Test sıcaklığındaki dinamik su viskozitesinin 20°C 'daki dinamik su viskozite-
sine oranı.



Şekil 3.22 Düşey geçirgenlik katsayısı (k_v)'nin belirlendiği test cihazı.



Şekil 3.23 Yatay geçirgenlik katsayısı (k_h)'nin belirlendiği test cihazı

b.2) Swiss test diye adlandırılan bu test, geçirgenlik ölçümü için kullanılan diğer bir metoddur ve sabit su basıncı altında yapılır. Kullanılan su demineralize olup ölçümler 20 ve 200 kN/m^2 'lik normal kuvvetler altında yapılmaktadır.

Düşey geçirgenlik hesabı :

Öncelikle jeotekstiller kalınlıklarına göre tek veya daha fazla sayıda tabakalar halinde yerleştirilir. Deney esnasında numunenin 100 cm^2 'lik alanı ıslak tutulmaktadır. Dikkat edilmesi gerekli en önemli husus ; 200 kN/m^2 basınç altında hidrolik gradyanın 10, 200 kN/m^2 basınçta ise hidrolik gradyanın 20 den büyük olması gerekliliğidir.

$$k_v : \Psi \cdot T \text{ (m/sn)} = \frac{Q}{\Delta h \cdot F} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

Ψ : Permittivity (s^{-1})

Q : Akış hızı (m^3/sn)

Δh : Numunenin her iki kenarı arasındaki su basıncı farkı

F : Islak yüzey

T : Uygulanan kuvvetin fonksiyonu olarak jeotekstilin kalınlığı (m)

k_v : Geçirgenlik katsayısı (m/sn)

Yatay geçirgenlik hesabı :

Jeotekstilin tek bir tabakası özel geçirgenlik ölçerin içine yerleştirilir. Deney esnasında numunenin $10 \times 10 \text{ cm}$ 'lik kısmı ıslak tutulmaktadır. 20 kN/m^2 kuvvet altında hidrolik gradyan $i = 2$ ve 200 kN/m^2 de ise $i = 4$ 'ü geçmemelidir. Geçirgenlik şu formülle hesaplanır :

$$\Theta = \frac{Q \cdot L}{\Delta h \cdot B} \text{ (m}^2/\text{sn)} \quad k_h = \frac{Q}{T} \text{ (m/s)}$$

Θ : Geçirgenlik (m^2/s)

L : Islanan uzunluk (m)

B : Islanan genişlik (m)

T : Uygulanan yükün fonksiyonu olarak jeotekstil kalınlığı (m)

Δh : Numunenin her iki kenarı arasındaki su basıncı farkı (m)

k_h : Geçirgenlik katsayısı (m/sn)

3.3.2.3 Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkilere Karşı Mekanik Mukavemet Testi :

a) Ultra viole Işınlr

Radyasyon, siyah yüzey sıcaklığı $60 + 4 ^\circ\text{C}$ olan Ksenan cihazıyla uygulanır. Test süresi ise 60 saattır.

b) Kimyasal Etkiler

Numuneler aşağıdaki çözeltilerle 15 gün muamele edilir.

0,1 laktik asit, (pH = 2,4), 50 + 1 °C

0,1 sodyum karbonat, (pH = 11,6), 50 + 1 °C

10 g/lit saf kalsiyum hidroksit, (pH = 12,5), 25 + 1 °C

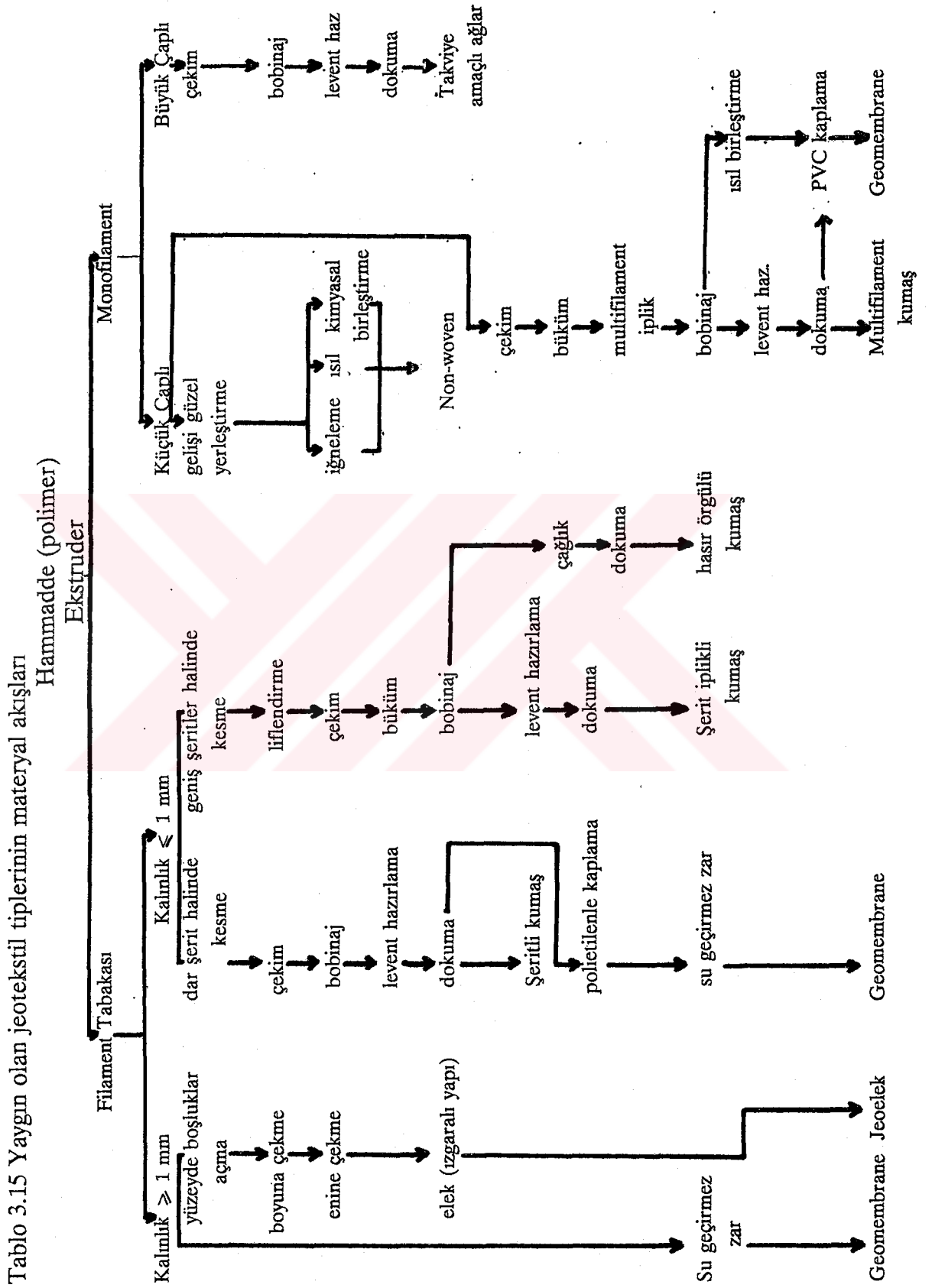
c) Biyolojik Etkiler

Jeotekstil numuneler, 16 haftalık zaman periyodu içinde küf ile muamele edilir. [5]

3.4 Non-Woven ve Diğer Tip Jeotekstillerin, İmalat Tekniği, Hammadde ve Malzeme Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

3.4.1 Materyal Akışı Yönünden Değerlendirme

En yaygın jeotekstil tiplerinin materyal akışı bakımından farklılıklarını gösteren aşağıdaki tabloda, non-wovenların kontinü filament esasına dayanan eriterek birleştirme tekniğine yer verilmektedir. (Tablo 3.15) Böylece polimerin eritilip düzelerden sıkılması temeline dayanan tüm jeotekstil imalat yöntemleri aynı başlık altında toplanabilmekte ve ileriki kademelerdeki farklar daha iyi izlenebilmektedir.



3.4.2 Hammadde Açısından Değerlendirme

Jeotekstil üretiminde yaygın olarak kullanılan hammaddeler, naylon, poliester, polietilen ve polipropilen'dir. Türkiye'nin ithal ettiği jeotekstiller dikkate alındığında çoğunluğun poliester ve polipropilen esaslı olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.16 de kullanılan hammaddeler bazı özellikleriyle beraber verilmiştir.

Tablo 3.16 Jeotekstil üretiminde kullanılan hammaddeler ve özellikleri

Hammadde	Poliamid (PA)	Poliester (PES)	Polietilen (PE)	Polipropilen (PP)
Özgül ağırlık	PA6 = 1,13 PA66 = 1,14	1,33	0,96	0,91
Erime noktası	PA6 = 220°C PA66 = 260°C	255-258°C	130-135°C	158-166°C
Çekme mukavemeti	PA6 = 7-8g/den PA66 = 6-7 g/den	7-9 g/den	4-5 g/den	5-7 g/den
Nem tutma	PA6 = 4-4.5% PA66 = 4 %	0.4 %	0	0.05 %
		çok çabuk ıslanır ve bünyesindeki suyu çabuk salıp kurur.		
İplik tipi	Multi-filament	Multi-filament	Düz şerit, Yuvarlak mono-filament	Düz şerit, Liflendirilmiş bükülmüş şerit
U.V'ye dayanma	Mükemmel	Mükemmel	İyi	Karbon siyahı ve pas önleyici kullanıldığında iyidir.

Kaynak : Jeotekstil El Kitabı Amsterdam - 1986

Jeotekstillerde poliester ve polipropilenin daha çok kullanılması sebebiyle bu iki hammadde üzerinde daha detaylı durulmuş ve kimyasal dayanıklılıklarını karşılaştırabilmek için aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

1. deneyin şartları : 0,1 n laktik asit (pH = 2,4), 50°C, 15 gün

Numune No	D.ön muk (kg)	D.ön % u	D. son muk (kg)	D. son%u
PES1	40	76,5	39,5	75
PES2	44	70	44	68
PES3	50	76	49	75
ORT	44,66	74,16	44,16	72,66
PP1	53	35,5	53	35
PP2	51	38	50,5	38
PP3	57	38	56,5	35,5
ORT	53,66	37,16	53,33	35,16

2. deneyin şartları : 0,1 n sodyum karbonat (Na₂CO₃) (pH = 10), 50°C, 15 gün

Numune No	D.ön muk (kg)	D.ön % u	D. son muk (kg)	D. son%u
PES1	65	60	63	58,5
PES2	69	60,5	68,5	60,5
PES3	59	57,5	57,5	56
ORT	64,33	59,33	63	58,33
PP1	47	42	45,5	40
PP2	52	40,5	52	39
PP3	51	33	50	30
ORT	50	38,5	49,5	36,33

Yukarıdaki iki deneyin sonucundan da görüldüğü gibi, polipropilen asit ve alkalilere karşı oldukça dayanıklıdır. Çözeltilerle muamele öncesi ve sonrası kopma mukavemetleri arasında, birinci deneyde % 0,6 ve ikinci deneyde % 1 gibi çok küçük bir düşme olmuştur. Şunu da ilave etmek gerekir ki, polipropilen çok kuvvetli asit çözeltisi içinde bir hafta bırakılsa dahi hiç bir zarar görmemektedir.

Poliester için elde edilen deney sonuçlarına göre birinci deneyde % 1,1 ve ikinci deneyde % 2'lik bir düşme görülmektedir. Bu demektir ki polyester çok yüksek sıcaklıklara çıkılmadığı sürece asit ve alkalilerden fazla etkilenmez. Ancak kuvvetli asit ve alkaliler kaynama noktasında poliesteri oldukça bozuşturmaktadır.

Polipropilen esaslı jeotekstiller, polipropilenin poliesterle nazaran daha ucuz olması nedeniyle çoğu zaman tercih sebebi olmaktadır. Bunun dışında, polipropilenin asit ve mikroorganizmalara dayanıklılık gibi avantajı ve kullanımı esnasında kaynaklanarak birleştirilebilme gibi de bir kolaylığı vardır. Poliester jeotekstilleri birbirine eklerken 25 cm. kadarlık bir kısmın üst üste gelmesi istenirken, polipropilende 10 cm.'lik bir pay ile ısıtarak kolayca yapıştırmak mümkündür.

Poliesterin özgül ağırlığının polipropilene nazaran daha fazla olması nedeniyle poliestere jeotekstiller su yapılarında daha fazla miktarda kullanılmaktadır. Ancak poliestere için en önemli dezavantaj hidroliz olma olayıdır.

Poliester polimerleri, rutubet, alkali ortam ve/veya yüksek sıcaklık kombinasyonu sonucunda kimyasal reaksiyona girmektedir.

Jeotekstillerin beton yapıların üzerinde veya altında kullanılması, takviye amacıyla kullanılırken jeotekstillerin kireç gibi kimyasal maddeler içeren toprakla örtülmesi, rutubetli alkali ortamda bulunması gibi uygulama safhalarında polyester esaslı jeotekstiller hidroliz olayıyla karşı karşıyadır. [11]

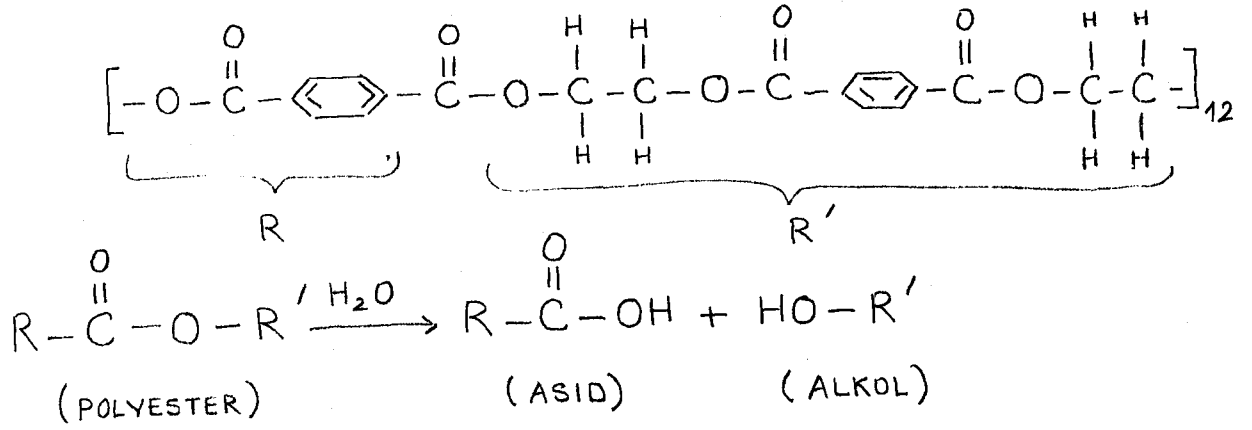
Siyah polietilen tabakasıyla sarılmış poliestere esaslı jeotekstiller uzun zaman çok rutubetli havada kuvvetli güneş ışığı altında tutulursa aynı hidroliz olayı gözlenmektedir. Poliestere liflerinin hidrolizi sonuç olarak mamulün erkenden parçalanmasına neden olmaktadır.

Bu olayı deneysel olarak incelemek amacıyla 10 g/l saf $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($\text{pH} = 12,5$) ile 25°C da 15 gün poliestere ve polipropilen ayrı ayrı muamele edildi. Deney öncesi ve sonrası kopma mukavemeti ve % uzama değerleri şu şekilde bulundu.

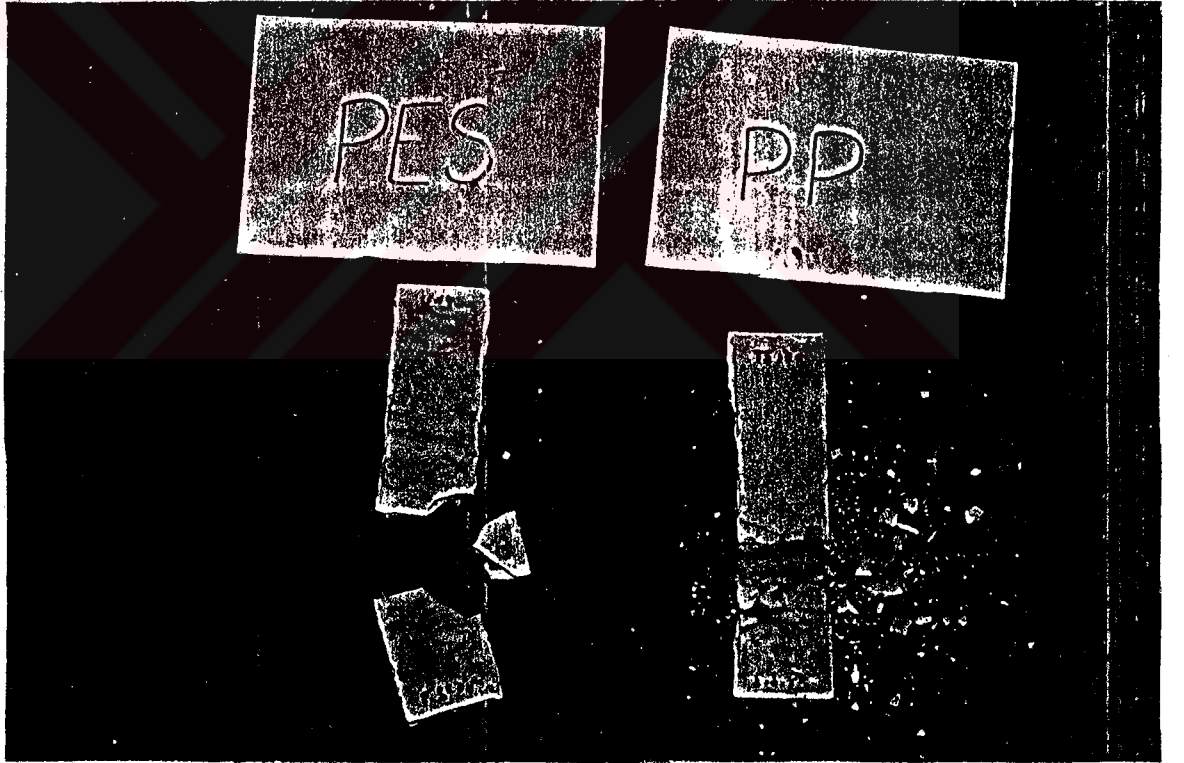
Numune No	D.ön muk (kg)	D.ön % u	D. son muk (kg)	D. son%u
PP1	42	39	53	39
PP2	50	35,5	49	34
PP3	40	38	40	37,5
ORT	44,00	37,5	43	36,83
PES1	45	76,5	36	61,5
PES2	40	79	37	65
PES3	43,5	74	37	66,5
ORT	42,83	76,5	33,66	64,33

İki haftalık zaman zarfında yukarıda izah edilen şartlarda bulundurulmuş polipropilen kopma mukavemeti açısından % 0,3'lik bir düşüşe maruz kalırken, polyesterde % 21,41'lik bir azalma gözlenmiştir. Avusturya Jeotekstil Test Laboratuvarlarında bu şartlarda deneye 12 ay devam edilmiş ve mukavemetinde % 75'lik düşüş olduğu anlaşılmıştır. Yalnız dikkati çeken önemli bir nokta, pH7 ile pH10 arasındaki değerlerde 4 ay gibi sürede önemli bir düşüş kaydedilmedi ise de pH12 olan çözeltide 28 gün sonra mukavemette önemli azalmalar kaydedilmesidir.

Rutubet, yüksek sıcaklık veya alkali ortamda bulunan poliesterin mukavemetinde belirgin düşmelere sebep olan kimyasal reaksiyon şöyle ifade edilebilir :



Kısacası, poliester normal sıcaklıkta fakat rutubetli bir ortamda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gibi alkalilerle temas halinde olursa sonuçta negatif bir etkilenme ortaya çıkmaktadır. Bu arada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in betonun yapısında da var olduğu unutulmamalıdır. Aşağıda, alkali ortam etkisindeki poliester'in bozulması fotoğrafla gösterilmektedir.



Şekil 3.24 Poliester jeotekstillerin hidrolizi

Bütün bu sebeplerden dolayı aşağıdaki üç maddenin bir arada bulunması poliester jeotekstilller için çok sakıncalıdır.

- beton
- alkali gözelti
- poliester jeotekstil

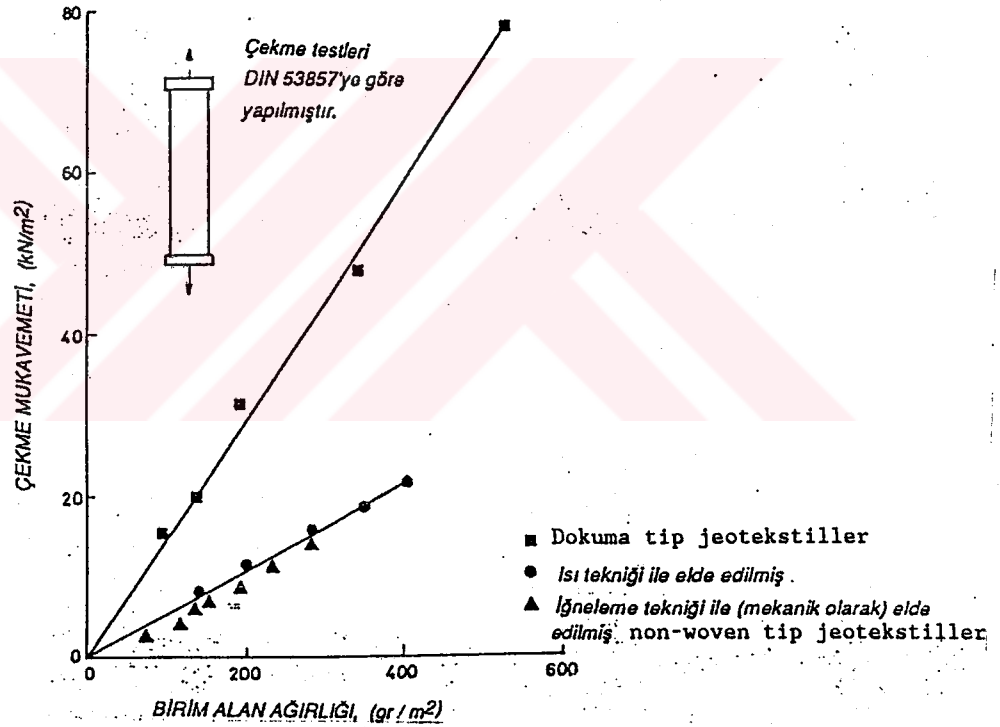
3.4.3 Malzeme Özellikleri Bakımından Değerlendirme

3.4.3.1 Non-woven ve Dokuma Tip Jeotekstillerin Karşılaştırılması

Jeotekstil tiplerinin karşılaştırılmasında, fiziksel, mekanik, hidrolik ve dayanım özelliklerini belirlemeye yarayan testler ve bunların sonuçları dikkate alınmıştır.

a) Birim alan ağırlığı/çekme mukavemeti açısından karşılaştırma :

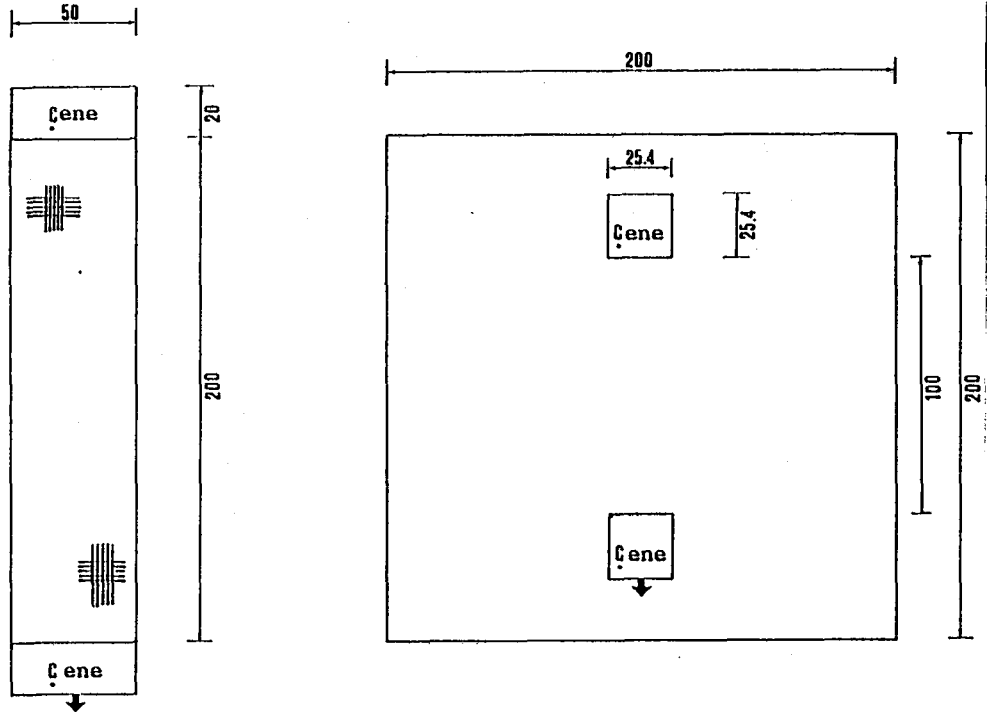
Non-woven ve dokuma tip jeotekstillerin birim olan ağırlıklarına göre çekme mukavemetlerini incelersek aynı ağırlıklı dokuma tipindeki bir jeotekstilin, non-woven tip jeotekstilden daha yüksek çekme mukavemetine sahip olduğu ortaya çıkacaktır. (Şekil 3.25) Diğer bir deyişle, non-woven tip jeotekstillerde çekme mukavemeti 5-30 KN/m arasında değişirken, aynı birim ağırlıklı dokuma tipi jeotekstillerde bu değer 1'000 KN/m değerine ulaşabilmektedir. [12]



Şekil 3.25 Polipropilen esaslı dokuma ve non-woven tip jeotekstillerin birim alan ağırlıklarına göre çekme dayanımlarının değişim diyagramı

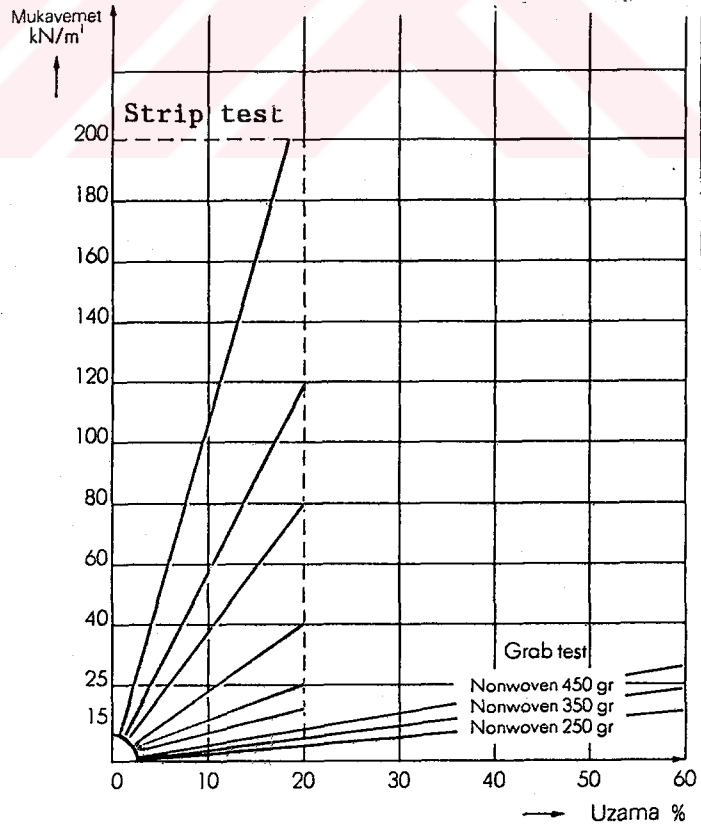
b) Gerilme / uzama açısından karşılaştırma :

Bu tür bir karşılaştırmaya girmeden önce test metodunu çok iyi seçmek gerekmektedir. Gerilme/uzama ilişkisini incelemek için kullanılan en yaygın metod strip test metodu ve grab test metodudur. Şekil 3.26 her iki metodun esaslarını göstermektedir. Ancak şunu da ilave etmek gerekir ki ; dokuma ve non-woven tip jeotekstillerin strip test esas alınarak karşılaştırılması mümkün değildir. Çünkü non-woven malzemeler aşırı zayıf olmaları yüzünden bu şekilde test edilmeye uygun değildir.

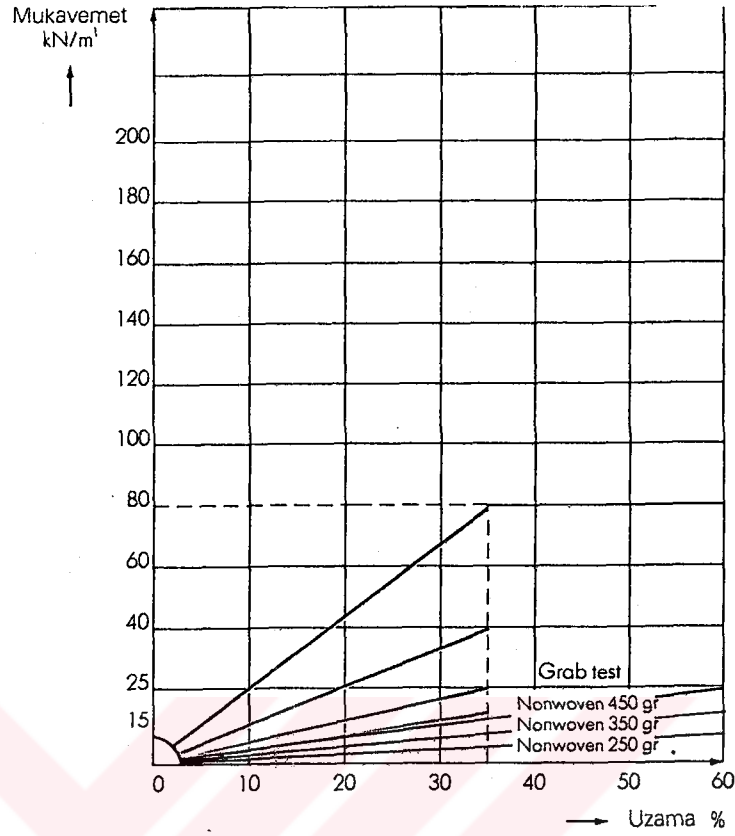


Şekil 3.26 Strip ve grab test prensiplerinin karşılaştırılması

Şekil 3.27, dokumada strip test, non-wovenda grab test esas alınarak çizilen gerilme/uzama grafiğini göstermektedir. Şekil 3.28 ise sağlıklı bir kıyaslama yapabilmek için her ikisinde de grab test esas kabul edilmiştir.



Şekil 3.27 Dokuma tipinde strip test non-wovenda grab testi kullanarak gerilme/uzamaların karşılaştırılması



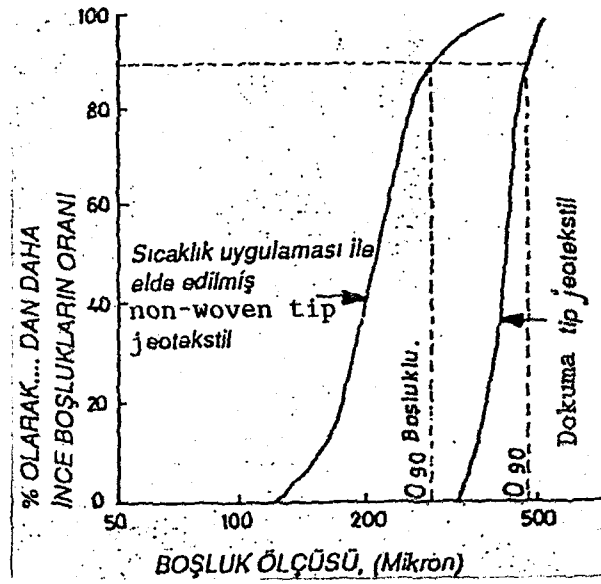
Şekil 3.28 Dokuma ve non-woven tip jeotekstillerin grab testi ile gerilme/uzamalarının karşılaştırılması

Her iki metoddan da çıkarılacak tek bir sonuç vardır. O da dokuma tipindeki jeotekstillerin non-wovenlara nazaran çok daha yüksek mukavemet fakat daha düşük uzama göstermeleridir. Ancak strip testte dokuma tipindeki jeotekstillerin kopma uzaması % 20 olmasına rağmen, grab testte % 35 olmaktadır. Hatta grab test diagonal yönde uygulanırsa, bu uzamalar % 50'nin üzerinde bir değere ulaşmaktadır.

Dokuma tipindeki jeotekstillerde gerilme-uzama bağıntısı daha çok iplik dayanımına bağlıdır. Non-woven jeotekstillerde ise jeotekstili meydana getiren orjinal elyafın özelliğinden daha çok, non-woven jeotekstilin yapısına, elyafların birleşim yerlerinin dayanımına bağlı olmaktadır.

c) Boşluk oranı ve su geçirimliliği açısından karşılaştırma :

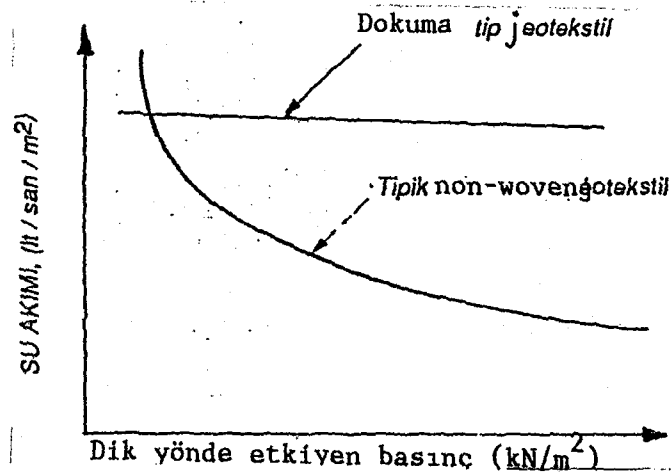
Dokuma ve non-woven jeotekstillerin her ikisi de kendi düzlemlerinde su geçirme özelliğine sahiptir. Dokuma tipi jeotekstillerde boşluk oranı her iki yönde tüm yüzey boyunca aynı olup daha derli toplu bir dağılım gösterirken, non-woven jeotekstillerde gözenek boyutları çok farklıdır ve gelişigüzel bir dağılım vermektedir. (Şekil 3.29)



Şekil 3.29 Dokuma ve non-woven tip jeotekstillerde boşluk dağılımı

Non-woven tipi jeotekstillerin birim alan ağırlıkları arttıkça boşluk oranı ve kendi yüzeylerine dik yönde su geçirme yeteneği azalmaktadır. Ayrıca çoğu non-woven tip jeotekstillerin su geçirgenliği, jeotekstil yüzeyine etkiyen basıncın artmasıyla da azalmaktadır.

Dokuma tipi jeotekstillerin su geçirgenlik yeteneği, üzerlerine gelen basınçtan etkilenmez ve hemen hemen sabit bir değerde durur. (10 cm su basıncı altında yaklaşık 30 lt/sn/m^2 olarak verilebilir.) Non-woven jeotekstillerde herhangi bir basınç olmadığı sürece 10 cm su sütunu altında yapılan test sonuçlarına göre tipik bir su geçirgenlik değeri olarak 200 lt/sn/m^2 verilebilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi, artan basınç gerilmesi altında non-wovenların su geçirimsizliği dokuma tip jeotekstillerle göre çok daha hızlı azalmaktadır. (Şekil 3.30)



Şekil 3.30 Dokuma ve non-woven tip jeotekstillerde dik yöndeki basınç ile su akımının değişimi

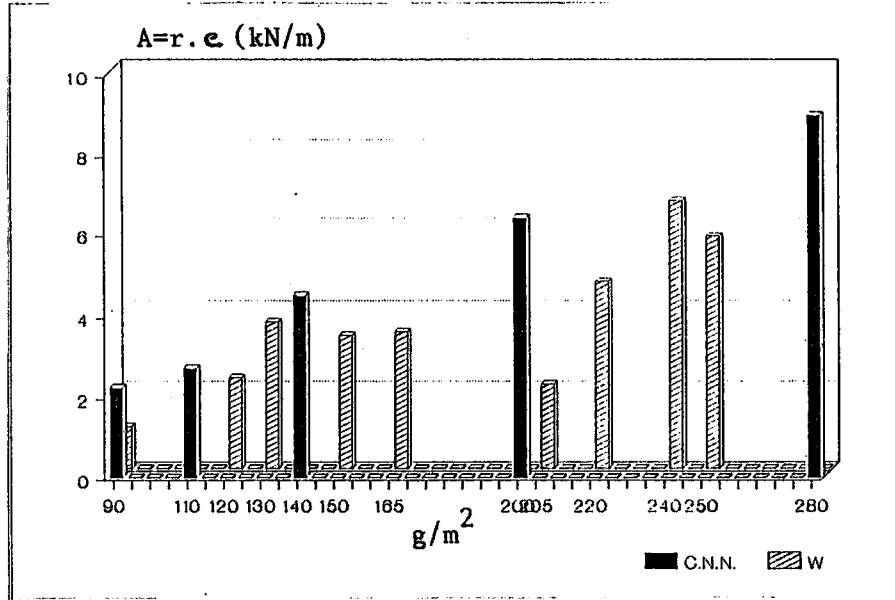
Yukarıda dokuma ve non-woven tip jeotekstilleri karşılaştırırken kontinü filament esasına dayanan non-wovenler kıyaslamının dışında tutulmuştur. Çünkü bu tip non-wovenlar, stapel elyaf esasına dayanan non-wovenlar ile aynı kategoriye konulamazlar. Bu yüzden dokuma jeotekstillerin kontinü filament-mekanik birleştirmeli (iğneleme yöntemi) non-wovenlarla karşılaştırılmasına ayrıca yer vermek gerekmektedir.

Aşağıda ağırlıkları, çekme mukavemetleri ve uzama (%) değerleri verilen dokuma ve kontinü filament-mekanik birleştirmeli non-woven jeotekstiller, yırtılma enerjisi kriter alınarak karşılaştırılmıştır. Sonuçta ; Şekil 3.31'de de görüldüğü gibi, yaklaşık ağırlıklara sahip olmalarına rağmen kontinü filament-mekanik birleştirmeli non-wovenların oldukça yüksek yırtılma enerjisine sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Tip	g/m^2	$r(KN/m)$	$e(\%)$	$A = r.e$
W	90	7.0	15	1.05
C.N.N	90	5.6	40	2.24
C.N.N	110	6.8	40	2.72
W	120	15.0	15	2.25
W	130	21.4	17	3.64
C.N.N	140	9.0	50	4.50
W	150	22.0	15	3.30
W	165	21.2	16	3.30
C.N.N	200	12.8	50	6.40
W	205	30.0	7	2.10
W	220	24.2	19	4.60
W	240	33.0	20	6.60
W	240	45.0	10	4.50
W	250	38.0	15	5.70
C.N.N	280	18.0	50	9.00

W (woven) : Dokuma tip jeotekstil

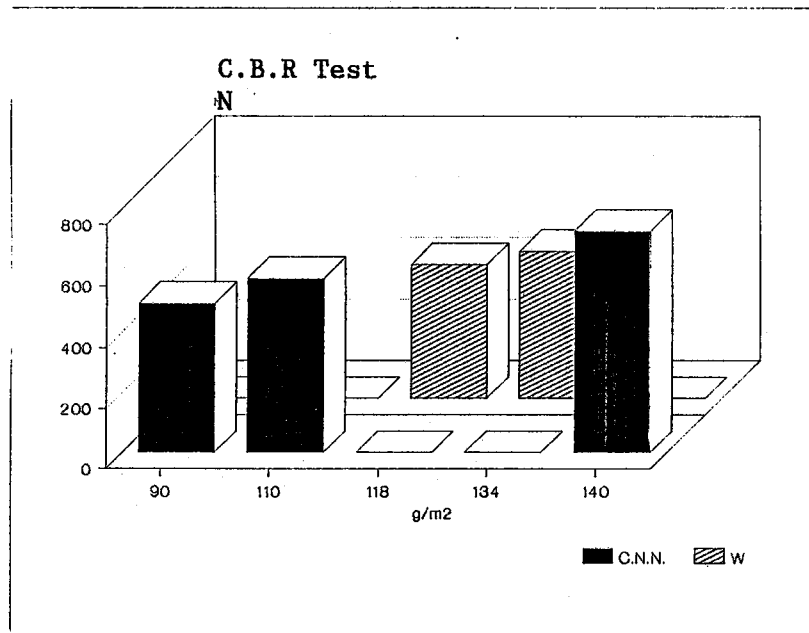
C.N.N (continuous filament - needle punched - nonwoven) : kontinü filament mekanik birleştirmeli non-woven.



Şekil 3.31 Yırtılma enerjisinin jeotekstil ağırlığı ile değişimi

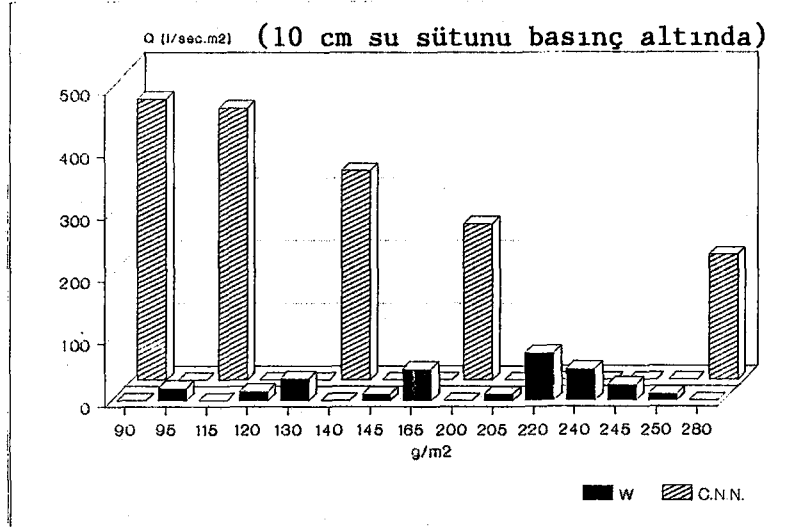
Delinme mukavemeti açısından incelendiğinde ise yine kontinu filament-mekanik birleştirmeli non-woven dokumadan daha mukavim çıkmaktadır. (Şekil 3.32)

Tip	g/m ²	DIN 54307 (N)	CBR test (N)
C.N.N.	90	980	490
C.N.N.	110	1'140	570
W	118	2'908	436
W	134	3'195	479
C.N.N.	140	1'450	725



Şekil 3.32 CBR teste göre delinme mukavemetinin ağırlık ile değişimi

Su geçirgenlik değerleri bu iki tip için bir başka kıyaslama kriteri olmaktadır. Şekil 3.33 su geçirgenliği açısından kontinü-mekanik birleşmeli non-woven jeotekstillerle dokuma jeotekstiller arasındaki muazzam farkı göstermektedir.

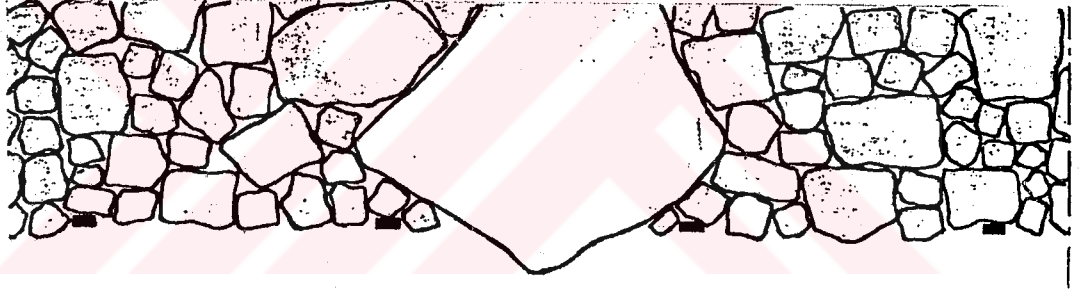
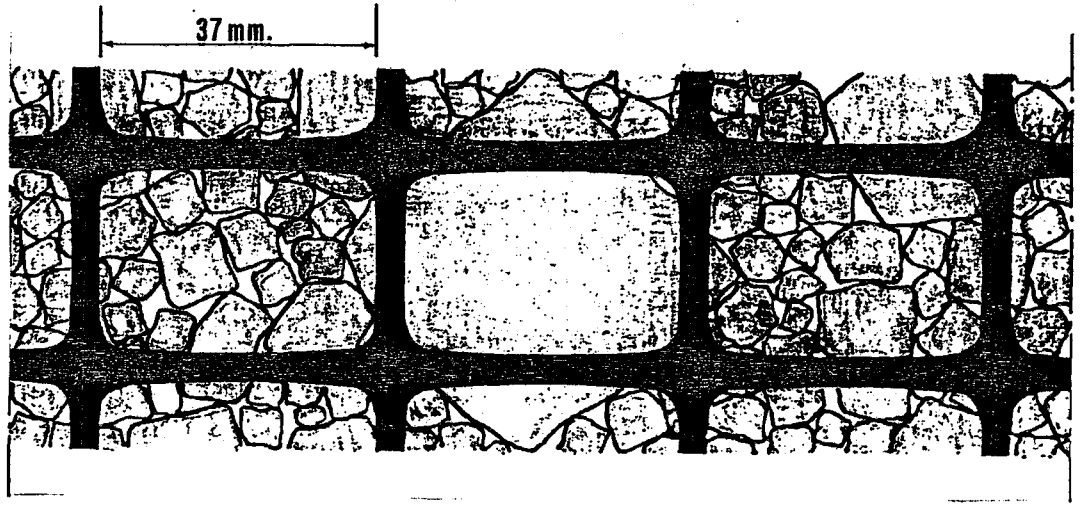


Şekil 3.33 Su geçirgenliğinin jeotekstil ağırlığı ile değişimi

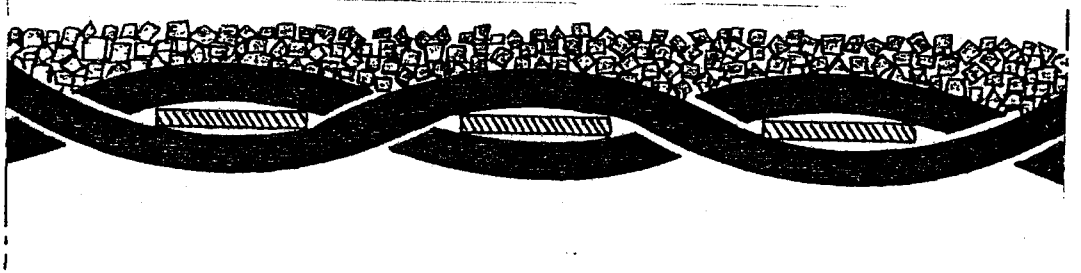
Kısacası, yapılan bir seri test sonucunda en fazla dayanıklılık sırasıyla, kontinü filament-non-woven jeotekstillerde sonra dokuma ve daha sonra da ısıt birleştirme yöntemiyle üretilen non-woven tip jeotekstillerde bulunmaktadır. [13]

3.4.3.2 Dokuma Tipi Jeotekstillerin Jeoelekler ve Kompozit Malzemelerle Karşılaştırılması

Şekil 3.34 da alttan ve kesit görünüşü verilen jeoelekler hernekadar bir tekstil mamülü olarak kabul edilmezse de dokuma tipindeki jeotekstillerle (Şekil 3.35) aynı amaçlı olarak kullanılabilir. Aşağıdaki şekillerin her ikisinde de amaçlanan, zeminin kuvvetlendirilmesidir. Kuvvetlendirme maksadıyla zeminde jeoelekler veya dokuma jeotekstiller kullanılmadığında, dolgu malzemesinin uyguladığı basınç sebebiyle toprakta göçmeler olmaktadır. Dokuma tipi jeotekstil kullanıldığında dolgu malzemesi olarak kum tercih edilir. Jeoelekler ise dolgu malzemesi olarak daha iri taşların kullanıldığı uygulamalarda ideal sonuçlar vermektedir.



Şekil 3.34 Jeoelegin alttan ve kesit görünüşü



Şekil 3.35 Dokuma tip jeotekstilin kesit görünüşü

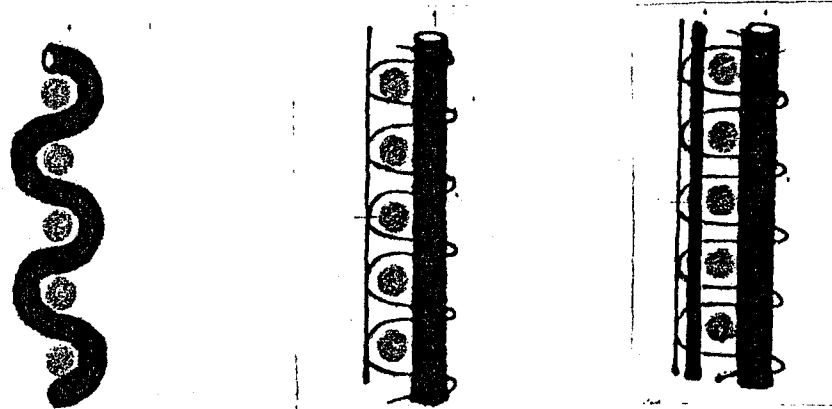
Bir ölçü olması açısından bu iki ayrı tipten birer örnek seçilmiş ve ölçümler sonucu aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur. (Tablo 3.17)

Tablo 3.17 Jeoelek ve dokuma tipi jeotekstillerin bazı özelliklerinin karşılaştırılması

Özellikler	Jeoelek	Dokuma tip jeotekstil
Hammadde	PP	PP
U.V	Var	Var
Ağırlık (g/m ²)	300	430
Genişlik (m)	4	5
Rulo boyu (m)	50	200
Birleştirilmesi	Üst üste bindirme	Üst üste bindirme/dikme
Gerilme mukavemeti (kN/m)	17,5	88 (çözü)
	31,5	77 (atkı)
Kopma anındaki uzama (%)	12	12,5 (çözü)
	11	10 (atkı)
% 2 uzama anında	9,5	16,9
gerilme mukavemeti	13,8	15,1
Boşluk boyutu	37 x 25 mm	0,90 = 180
Dolgu malzemesi	5-50 mm arası parçalar	Kumlu malzeme
Ayırma fonksiyonu	Yok	Var

Yukarıdaki tablodan da anlaşıldığı gibi, dokuma tipi jeotekstiller jeoelekler nazaran daha mukavimdirler. Ayrıca zemini kuvvetlendirmenin yanında ayırma görevi görürler. Oysa ki jeoelekler sadece takviye (kuvvetlendirme) amaçlı kullanılırlar. Kısacası hem dokuma hem de non-woven tip jeotekstiller jeoelekler nazaran çok daha fazla amaca hizmet etmektedir.

Jeotekstillerin sınıflandırılması başlığı altında izah edildiği gibi jeotekstillerin dördüncü bir tip de D.S.F kumaşlardır. D.S.F kumaşların en yaygın çeşidi ise dokuma ve non-wovenların örme ile birleştirildiği kompozitlerdir. (Şekil 3.36)



Şekil 3.36 a) Dokuma b) Örgülü dokuma c) Örgülü (non-woven + dokuma) kumaşın kesit görünüşleri

Kompozitler, hem dokuma hem de non-wovenların özelliklerini taşırlar. Tablo 3.18 de de görüldüğü gibi pek çok özellik bakımından hem dokuma hem de jeoeleklerin önünde bulunmaktadır.

Tablo 3.18 Kompozitlerin dokuma ve jeoeleklerle karşılaştırılması.

	Kompozit (Dokuma + Nonwoven) 200 KN/m	Dokuma (multifilament) 200 KN/m	Dokuma (liflendirilmiş) 200 KN/m	Jeoelek 200 KN/m
Ağırlık (g/m^2)	600	450	750	700
Hammadde	PES	PES	PP	PP
Sağlamlık	+++	++	+	+
Yorulma	+++	+++	+	+
Yırtılma muk.	+++	++	---	---
Filtrasyon	+++	++	++	---
Kesme direnci	++	+	-	-
Parçaların birbirine yapışması	++	+	-	++
Tutuşabilirlik	+++	++	+	-

Gerilme mukavemetleri aynı olmasına rağmen tablodaki tüm özellikler bakımından en iyi sonuçlar kompozitlerdedir. [14]

3.4.3.3 Değişik Yöntemlerle Elde Edilen Non-woven Jeotekstillerin Birbirleriyle Kısaylanması

Non-wovenlar, üretimleri esnasında stapel elyaf veya kontinü filament kullanılmasına göre iki ayrı şekilde üretilirler. Bu iki ayrı çeşidi mekanik özellikleri bakımından incelemek için bazı numuneler seçilmiş, incelenmiş ve aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. [15]

Tablo 3.19 Stapel elyaf ve kontinü filament esaslı non-wovenların karşılaştırılması

Tip	μ (g/m ²)	T _g (mm)	α_F (KN/m)	ϵ_F (%)	F _T (KN)	
NW NP PES SF	468	2.45	L	5.50	48	0.14
			T	4.30	86	0.17
NW NP PP CF	454	3.15	L	20.70	98	0.45
			T	24.40	44	0.48
NW NP PP SF	268	3.88	L	3.80	99	0.13
			T	7.00	103	0.12
NW NP PP SF	414	4.41	L	6.30	120	0.31
			T	12.30	95	0.19
NW NP PP SF	623	4.58	L	9.30	118	0.39
			T	14.00	98	0.22

μ : Birim ağırlık (g/m²)

T_g : 2 Kpa basınç altında ölçülen kalınlık (mm)

α_F : Belli ölçüdeki numune için (200 x 100 mm) ;

L : boyuna yönde,

T : enine yönde ölçülen gerilme kuvveti (KN/m)

ϵ_F (%) : Kopma anındaki uzama (UNI Standardına göre)

F_T : Yırtılma kuvveti (KN) (EDANA Standardına göre)

NW NP PES SF : Non-woven, mekanik birleştirmeli, poliester, stapel elyaf

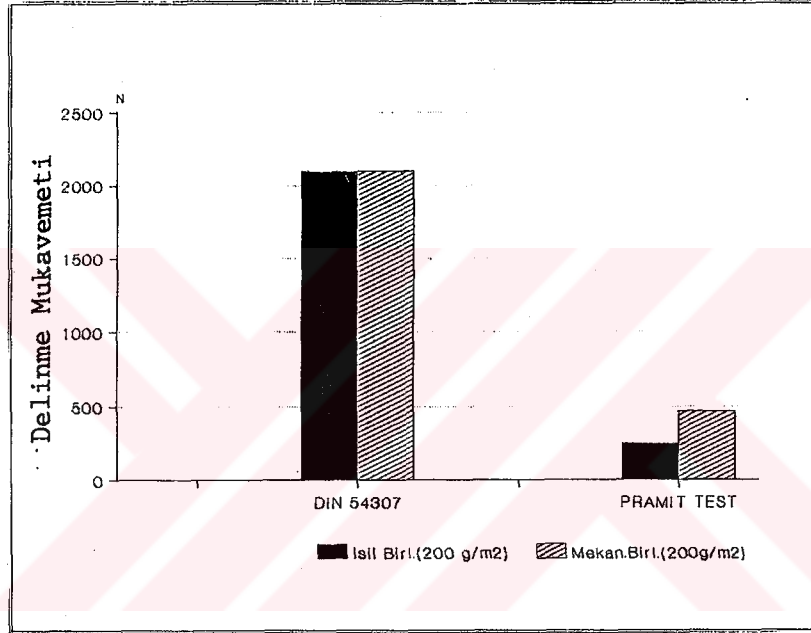
NW NP PP CF : Non-woven, mekanik birleştirmeli, polipropilen, kontinü filament.

Tablo 3.18 de de görüldüğü gibi en iyi mekanik özellikler, 454 g/m² ağırlığındaki mekanik birleştirmeli - polipropilen - kontinü filament esaslı non-wovenda bulunmaktadır. Ancak malzeme seçimi yaparken dikkate alınan en önemli faktörlerden biri fiyat konusu olduğundan, her yönden optimum olan numune tercih sebebi olmaktadır. Bu nedenle pratikte, 414 gr/m² ağırlığında stapel elyaf esaslı numune kontinü filament esaslı numuneye tercih edilmektedir.

Kısaca özetlemek gerekirse, kontinü filament esaslı jeotekstillerin hem enine hem de boyuna yöndeki kopma, delinme ve yırtılma mukavemeti stapel esaslıya nazaran daha yüksektir. Bununla beraber kopma noktasındaki uzama değerleri diğer tipe nazaran (özellikle enine yönde) daha küçük olmaktadır. Öte yandan kontinü filament esaslı bir non-woven, aynı ağırlıklı stapel elyaf esaslı non-wovendana çok daha iyi özelliklere sahip olmasına rağmen üretim sistemindeki farklılık nedeniyle maliyeti daha pahalı olmaktadır.

Non-woven üretiminde son safha olan elyafların fiksajı, mamulün kullanım özelliklerini etkileyen bir faktördür. Fiksaj yöntemlerinden mekanik birleştirme (iğneleme) ve ısı birleştirme en yaygın olanlarıdır. Bazı zamanlar mamulün sağlamlığını arttırmak maksadıyla her iki yöntem ard arda uygulanır.

Mekanik birleştirme ile ısı birleştirmeyi mukayese edebilmek için önce delinme mukavemetini kriter alalım. Bu amaçla pramit testini 200 g/m^2 ağırlıklı mekanik birleştirmeli ve aynı ağırlıklı ısı birleştirmeli numuneye uygularsak aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi mekanik birleştirmeli numune 220 N 'luk fazla mukavemet gösterecektir. Diğer bir deyişle mekanik birleştirmeli numune delinme mukavemeti bakımından 1,88 misli daha mukavimdir denilebilir.



Kıyaslamada yırtılma enerjisini kriter alırsak :

Mekanik birleştirmeli ; gerilme mukavemeti = $12,4 \text{ KN/m}$

% uzama = % 50

Isıl birleştirmeli ; gerilme mukavemeti = 12 KN/m

% uzama = % 30

Yırtılma enerjisi = mukavemet x uzama

$A_{MB} = 6,5 \text{ KN/m}$

} Bu iki değeri oranlarsak,

$A_{IB} = 3,6 \text{ KN/m}$

İğne delmeli numune 1,74 oranında daha mukavim çıkacaktır.

Kıyaslamada üçüncü kriter olarak aşınma testini incelersek, 30 dakika sonra mekanik birleştirmeli tipte mukavemet % 87 olurken bu değer ısı birleştirmeli tipte % 47 olmakta ve gene mekanik birleştirmeli tip, 1,85 oranında aşınmaya karşı daha mukavim çıkmaktadır.

Özetlemek gerekirse, delinme, yırtılma ve aşınmaya karşı dirençler dikkate alındığında mekanik birleştirmeli tipin ısı birleştirmeli tipden 1,8-1,9 oranında daha mukavim olduğu anlaşılmaktadır. Bu demektir ki, ısı birleştirmeli non-woven numunenin mekanik birleştirmeli non-woven ile aynı performansı gösterebilmesi için % 80 - % 90 oranında daha iyi özellikler vermesi gerekir.

Uygulamalar sonucunda elde edilen bilgilere göre 140 g/m^2 ağırlıklı mekanik birleştirmeli non-woven 230 g/m^2 ağırlıklı ısı birleştirmeli non-wovenla aynı özellikleri vermektedir. Yalnız ısı bağlı tipin gözeneklerinin çok çabuk tıkanması gibi bir dezavantajının olması sebebiyle filtrasyon uygulamalarında özellikle kullanılmaması tavsiye olunur.



BÖLÜM 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, endüstriyel tekstil malzemelerinin bir çeşidi olan jeotekstillerin fonksiyonları, çeşitleri, uygulama alanları, avantaj-dezavantajları ve tüketim durumları hakkında bilgi verilmiş ve en yaygın jeotekstil tipi olan non-wovenların üzerinde detaylı olarak durulmuştur.

Jeotekstiller bilinçli olarak kullanıldığında iş verimi oldukça yükselmektedir. Bu da, hangi tipin hangi amaca yönelik olduğunu ayırt edebilmek ve dolayısıyla malzeme özelliklerini iyice belirliyelebilmekle sağlanmaktadır.

Bu konu Türkiye için olduğu kadar dünya için de yeni bir mevzu olduğundan, özellikle test metodları henüz tek bir standarda oturtulamamıştır. Jeotekstil numuneleri kıyaslarken hangi standartlara göre test edildiği mutlaka göz önüne alınmalıdır, aksi taktirde çok büyük karışıklıklar olabilmektedir.

Öncelikle hangi tip jeotekstillerin hangi amaçlar için tercih edildiğini incelersek, non-woven tip jeotekstillerin hafif gramajlı olanlarının en çok drenaj amacı için kullanıldığı anlaşılabacaktır. Bunun dışında bu tip jeotekstillerin iki farklı zemini ayırma fonksiyonundan da çokça yararlanılmaktadır. Hafif gramajlı dokuma tip jeotekstiller drenaj ve ayırma fonksiyonu için kullanılsa da non-wovenlar kadar yaygın değildirler. Jeotekstillerin bir diğer fonksiyonu olan zemin kuvvetlendirmede bilindiği üzere numunenin çekme dayanımının yüksek olması aranır ve buna cevaben de ağır dokuma tipindeki jeotekstiller bu hususta çokça tercih edilir. (Dolgu altlarında, şev stabilitesinde olduğu gibi) Filtre uygulamalarında ise en yaygın olan jeotekstiller ağır tip non-woven ve D.S.F kumaşlardır.

Jeotekstil tiplerinin özelliklerini tek tek tesbit edebilmek için ise, her tipin test sonuçları dikkate alınmış ve bu sonuçlar itibariyle kıyaslaması yapılmıştır ve anlaşılmıştır ki ; dokuma tip jeotekstiller stapel elyaf esasına dayanan non-woven tip jeotekstillere göre çok daha sağlam olmasına rağmen, eriterek birleştirme (spunbonding) esasına dayanan non-woven tip jeotekstillere göre daha zayıf mukavemet değerlerine sahiptir. Aynı şekilde, stapel elyaf esasına dayanan jeotekstilleri de dayanıklılık açısından bir sıralamaya koyarsak ; birinci sırayı mekanik birleştirmeli non-wovenlar, ikinci sırayı ise ısı birleştirmeli non-wovenlar alacaktır. Çünkü test sonuçlarından da anlaşıldığı gibi, mekanik birleştirmeli numuneler ısı birleştirmeli numunelerden % 80 - % 90 oranında daha iyi özellikler vermekte ve uygulamalarda tercih edilmektedir.

Türkiye’de jeotekstillerin mazisi çok yeni olduğundan tüketim miktarı henüz ülkemizde imal edilmesini gerektirecek seviyeye ulaşmamıştır. Ancak, inşaat sektörünün jeotekstiller hakkında aydınlanmaya başlaması ile bu malzemelerin avantajlarının çokluğunun hatta ekonomiklik ve iş verimi gibi iki önemli etkenin bir arada bulunduğu farkedilmesi, günümüz tekstilcilerini bu konuda birkaç yıl sonrasına dair üretim planları yapmaya yöneltecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Sulzer Ruti, Bulletin No 15, June, 1990.
- [2] The Textile Institute Industrial, Technical and Engineering Textiles Conference, Manchester, U.K., 23-24 May, 1988.
- [3] KURAL, M.T., Sınai Tekstillerin Kapsamı Bugünkü ve Gelecekteki Eğilimler, Tekstil ve Teknik Dergisi, 45, 72-76, 1988.
- [4] ÇİNELİ, M., Jeotekstiller, Sagem Dergisi, 9, 26-29, 1989.
- [5] Polyfelt TS, Design and Practice, Chemie Linz AG (noj Polyfelt Ges. m.b.H), Linz, Austria, 1986.
- [6] RANKILOR, P.R., The Use of Warp Knitted DSF Geotextiles and Erosion Control Geotextiles in Landscape Architecture Civil Engineering and Landslip Stabilisation, Internationals Techtexsil - Symposium, 1989.
- [7] GERÇEK, M., Dokusuz Tekstil Yüzeyleri ve İnşaat Mühendisliği Alanında Uygulamaları, Tekstil ve Makina IV. Tekstil Sempozyumu Özel Sayısı, 1988
- [8] KALOĞLU, F., Non-woven (Dokusuz Yüzeyler) ve Endüstriyel Uygulamalar, Tekstil ve Teknik Dergisi, 39, 110, 1988.
- [9] DURAN, K., Dokusuz Tekstil Yüzeyleri ve Makinaları, 1985.
- [10] LERAY, G., Jeotekstiller, Non-woven (Dokusuz Yüzeyler) Hakkında Bilgiler : Çeşitli Jeotekstiller ve Üretimleri
- [11] Polyfelt TS, Hydrolysis of Polyester Geotextiles, Chemie Linz AG, Linz, Austria, 1989
- [12] GERÇEK, M., Dokulu ve Dokusuz Tip Jeotekstillerin Karşılaştırılması, İnşaat Dergisi, 78-84, Mart, 1990.
- [13] Polyfelt Ts, A Comparison Between Needle punched Continuous Filament Non-wovens and Tape Woven Geotextiles, Linz, Austria, 1989
- [14] HAVARD, H., Geotextile Seeding For Erosion Control, 3rd International Conference on Geotextiles, Vienna, Austria, 1986
- [15] CAZZUFFI, D., FERRARA, G. and VENESIA, S., Transmissivity of Geotextiles and Related Products : Laboratory Tests and Practical Applications, 3rd International Conference on Geotextiles, Vienna, Austria, 1986

EKA-KONUUYLA İLGİLİ ARAŞTIRMALARDA KAYNAKLIK EDEN KURULUŞLAR

ADI	TEL.	ADRES
TEKFEN	165 15 73	Ulus Mah. Büyükdere Cad. Tekfen Sitesi C Blok Etiler - İST.
ORHAN ONUR A.Ş.	175 92 03	Koza İş Merkezi Mürbasan Sok. No. 4 Kışlaönü - İST.
SİSTEK	175 12 22	Barbaros Bulvarı, Bahar Sok. No. 4 Kışlaönü - İST.
KEÇE SANAYİ	174 98 90 (4 hat)	Esentepe Kasap Sok. No. 20 C Blok Daire 18 Esentepe - İST.
TEKSTİL SERVİS	179 03 02	Ebulula Cad. Meydan Sok. No. 16 Daire 4 Akatlar - İST.
ENKA TEKNİK	174 18 00	Enka 2 Binası Balmumcu - İST.
TUZLACI A.Ş.	145 59 53	Gümüşsuyu Dümen Sok. Günaydın Apt. No. 5/6 Taksim - İST.
VATEX	153 62 35 (6 hat)	Piyale Paşa Bulvarı, Kastel İş Merkezi D Blok Kat 6-7 80380 Kasımpaşa - İST.
TEKSTİL TEKNİK	513 87 20 (10 hat)	Çatalçeşme Sok. No. 20 - 22 Cağaloğlu - İST.

EKB-KONUUYLA İLGİLİ ARAŞTIRMADA İZLENEN YOL

Jeotekstil malzemeleri, Türkiye için çok yeni bir kavram olduğundan yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. Tüketim miktarı henüz belli bir seviyeye gelmediğinden, dışarıdan ithal edilmesi yurt içinde üretilmesinden çok daha cazip görünmektedir. Türkiye’de bu amaca yönelik üretim yapan tek firma Vutex olmasına rağmen, araştırmalara kapalı bir kuruluş olması nedeniyle çalışmalarına katkısı olmamıştır.

Jeotekstiller konusunda dünyaca ün yapmış firmalara göz atıldığında, Polyfelt, Bidim, Fibertex, Nicolon, Godfreys, Naue, Akzo, Amoco Fabric gibi isimlerin bu konuya hakim olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmalarına bu firmaların Türkiye temsilcilikleriyle diyaloga geçerek başladım. Bu firmaların herbirinin prospektüs ve broşürlerini topladım. Ancak şunu da belirtmem gerekir ki Polyfelt ve Fibertex firmalarının numuneleri temin edilebildiğinden deneysel çalışmalarda bu malzemeler esas alınmıştır.

Test metodları başlığı altında da izah edildiği gibi jeotekstil numunelerin özel test metodları vardır. Bunun için gerekli cihazlar ise her yerde bulunmamaktadır. Türkiye’de bu muayeneleri sadece Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Daire Başkanlığı yapmaktadır. Yapılan testler ise dar mesnetli çekme dayanımı, kopma uzaması (%) ve delinmeye karşı mukavemet testleriyle sınırlı kalmaktadır.

Buradan da anlaşılacağı üzere, Türkiye’de bu konuda yapılabilecek deneysel çalışmalar çok sınırlı olduğundan incelendiğim numunelerin önce Karayollarında Testleri yaptırılmış ve standartlara uygun görülen numunelerin firmalarca yayınlananan test sonuçları değerlendirmelerimde esas olarak alınmıştır.

Non-woven üretim makinaları üzerindeki çalışmalarında ise, eriterek birleştirme (spunbonding) yöntemi için bir İtalya firması olan S.T.P Impianti’nin diğer yöntemde ise Alman firması olan Tamafa ve Dilo’nun makinaları esas alınmıştır. Üretim hatları firmaların hazırlattığı video kasetlerden izlenmiş, teknik datalar ise yine firmaların broşür ve prospektüslerinden temin edilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Mahinur AKTAŞ, 1968 yılında İstanbul'da doğdu. 1984 yılında Erenköy Kız lisesini, 1988 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümünü bitirdi.

