

TEKSTİL MIMARISI

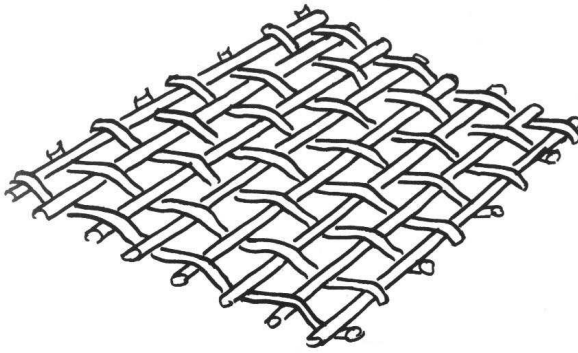
Membran yapılar, geleneksel yapı sistemleri olan betonarme, kargir, çelik ve ahşap gibi taşıyıcılıkları rijitlikleri ile sağlanan yapılardan farklı olarak,

- ağırlığı ihmal edilebilecek kadar az olan,
- esnek,
- taşıyıcı sistemi sadece çekme dayanımı alan

tekstil örtülerin ve/veya kabloların tamamen ya da kısmen kullanılması ile oluşturulan yapı sistemleridir.

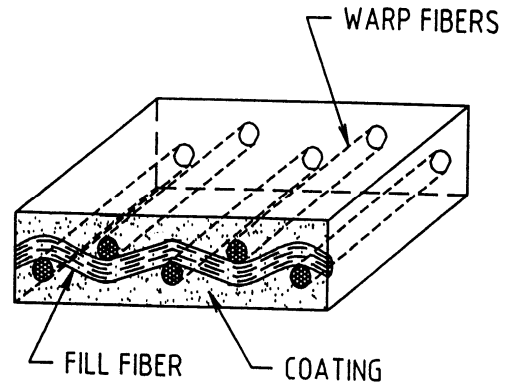
1. MALZEME

Temel olarak membran malzemesi, membran sistemlerin esas taşıyıcı elemanları olan liflerin dokunması ile elde edilen özel bir tür kumaştır. Lifler



çeşitli yöntemler ile bir araya getirilerek dokuma ipliği haline getirilirler. Dokuma işlemi sırasında **Atkı** (warp) yönündeki ipler gerilirler ve **Çözü** (weft/fill) yönündeki ipler atkı yönündeki iplerin arasından (altından ve üstünden) geçirilerek örülürler. Membran yapılarda kullanılan lifler; naylon, polyester, cam' dır.

Membran örtü dış etkenlere açık olduğundan lifleri dış etkenlerden korumak ve kumaşa su/hava geçirmezliği sağlamak için malzemeye kimyasal kaplama uygulanır. Bazen ana kaplamanın üstüne ilave bir kaplama yapılarak, örtünün, kendi kendini temizleyen yüzey özelliğinin yanı sıra ultraviyole ve diğer dış etkilere karşı dayanımı arttırılabilir. Yüzey kaplamaları; PVC (**PolyV**inyl**Ch**loride), PTFE (**PolyTetraFluoroeThylenE**), silikon' dur.



Malzeme Sınıfları:

A Sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi başlıca PoliteTraFlorEtilen (PTFE) reçinesinden oluşan cam lifli dokuma (reçine en az % 90 PTFE içeriği ile sınırlanmıştır), aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Cam lifli dokumanın ağırlığı 150 gr/m^2 ya da daha fazla olmalıdır,
- Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m^2 en fazla 1100 gr/m^2 olmalıdır,
- Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır.

B Sınıfı Membran Malzeme

Kaplama malzemesi PoliVinilClorid reçinesi (PVC), kloropren kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk ya da buna benzer diğer malzemeler (reçine içeren florin filmleri ile kaplı cam lifli dokuma dahil olmak üzere) kullanılan cam lifli dokuma, aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

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

C Sınıfı Membran Malzeme

PVC reçine, klorprene kauçuk, klorosülfanatlı polietilen kauçuk ya da buna benzer malzemeler (floro reçin film içeren ilave yüzey kaplaması bulunanlar dahil olmak üzere) ile kaplanmış, örülmüş poliamid, poliaramid, polyester ya da polivinil alkol lifli dokuma, aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Sentetik lifli dokumanın ağırlığı 100 gr/m^2 ya da daha fazla olmalıdır,
- Kaplama malzemesinin ağırlığı en az 400 gr/m^2 en fazla 1100 gr/m^2 olmalıdır,
- Membran malzemesinin kalınlığı en az 0,5 mm olmalıdır,
- Membran malzeme alev yürütmez özellikte olmalı ve DIN 4102-1 B1-BS 7837 şartnamesinde verilen değerleri sağlamalıdır.

Membran malzemenin çekme dayanımı gibi özellikleri aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

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

Membran malzemedeki ek ya da diğer bir deyişle membran malzemelerin birbirleri ile birleşimi olması durumunda, ekin dayanım gibi özellikleri aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Dikişli eklerde, ekin çekme dayanımı membran malzemenin çekme dayanımının en az %70' i kadar olmalıdır. Diğer ekleme metodlarının kullanılması durumunda bu değer %85 olarak alınır.
- 60 °C' lik sabit sıcaklık altında ekin çekme dayanımı, membran malzemenin çekme dayanımının en az %60' ı kadar olmalıdır.
- Çekme dayanımı testi, EN ISO 1421' te belirtilen koşullarla uyumlu olmalıdır.

Membran Malzemenin Karakteristik Özellikleri.

Çekme dayanımı sistemin üzerine gelen yükleri yıkılmadan taşıyabilecek büyüklükte olmalıdır. Membran malzeme sistemde sadece çekme yükünü aldığı için çekme dayanımı klasik malzemelere göre en önemli özelliğidir.

Çekme modülü, malzemenin çekme yükleri altında yapabileceği deformasyonu belirleyen bir ölçüdür.

Çekme dayanımı aşılmadan membranın yırtılması ve yırtığın yayılması sonucu hasar görmemesi için yırtılmaya karşı direncinin de büyük olması gerekir. Kullanılan ana ve kaplama malzemesi **yırtılma direncini** belirler.

Membranın tipine göre malzeme **izotropik** ya da **anizotropik** olabilir,

Malzemenin ömrü, üzerindeki kaplama malzemesine göre 30 yıla kadar çıkabilir.

Işık geçirirliği; kullanılan lifin malzemesine, lifler arasındaki örgü mesafesine ve kaplama malzemesine bağlı olarak değişik oranlardadır.

2. PROJE

Tekstil örtü malzemesine taşıyıcılık özelliği verilebilmesi için bir öngerme uygulanmalıdır. Bu nedenle membran yapıların taşıyıcılıkları, kablo ve/veya membranın oluşturduğu yüzey formuna ve malzemeye uygulanan germe kuvvetine bağlıdır.

Membran örtülere veya kablo ağlarına germe kuvveti belli bazı noktalardan (mesnet noktaları) çekilerek veya tutularak uygulanabilir. Bu durumda membran örtü veya kablo ağı mesnet noktalarının arasında üç boyutlu bir yüzey oluşturur. Bu yüzeyin formu, uygulanan germe kuvvetlerinin yüzeyin her noktasında dengelenmesi sonucunda oluşur. Bu yüzeye **Denge Formu** denir. Germe sistemlerin taşıyıcılığı tamamen Denge Formuna bağlı olduğundan bu sistemlerin formu rastgele veya geometrik olarak belirlenemez, aksine form denge şartlarını sağlayacak şekilde belirlenir.

- Denge formunun bulunması için yapılan işlemlere **Form Bulma İşlemleri** denir.
- Seçilen denge formu üzerinde; mevcut şartnamelere göre yapının geometrik lineer olmama durumu göz önüne alınarak **Statik Analiz** yapılır.
- Statik analiz sonucunda belirlenen form, şeritler halinde parçalanarak **Kesme Kalıpları** hazırlanır ve uygun bir yöntemle birleştirilir.

Tasarım:

Membran yapı tasarımında,

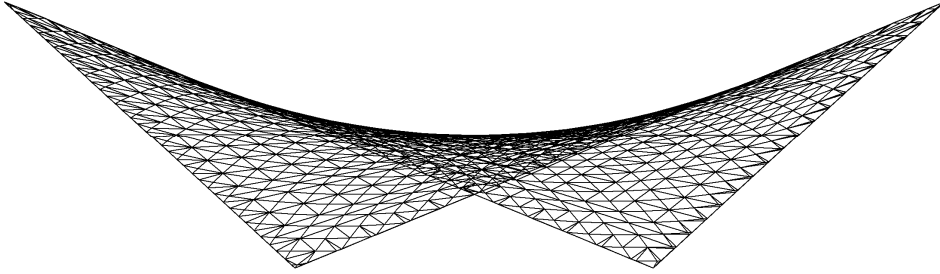
- tasarımı yapılan örtünün üzerinde yağmur ya da kar suyunun birikmesine ve aşırı sehime neden olmayacak geometrik ölçülerin seçilmesi,
- yük aktarımının doğru bir şekilde yapılabilmesi için düz bölgelerin oluşturulmaması gibi dikkat edilmesi gereken bir takım hususlar vardır. Bu hususlar dikkate alınarak tasarlanan mimari membran örtü analize hazır hale gelmiştir.

Form Bulma:

Germe yapılara etkiyen yüklerden oluşan yer değıştirmeler yüzeyi oluşturan liflerin bir doğrultuda olanlarının gerilmelerini artırır ve boyunu uzatır, diğer doğrultudaki liflerin ise gerilmelerini azaltır ve boyunu kısaltır. Hangi doğrultudaki liflerde gerilmenin artacağı (veya azalacağı), etkiyen yükün doğrultusuna bağlıdır. Bu nedenle, denge formu bulunduktan sonra yapılan statik analizler sonucunda öngerme miktarı, bütün yükleme durumları için yüzeydeki malzeme gerilme dayanımını geçmeyecek ve malzemenin basınç dayanımı olmadığı için sıfırın altına inmeyecek şekilde seçilmelidir.

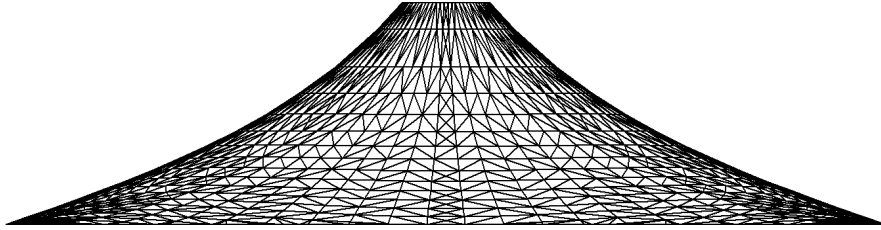
Aşağıda oluşturulmuş bazı formlar bulunmaktadır:

Hiperboloid (Hiperbolik Paraboloid)

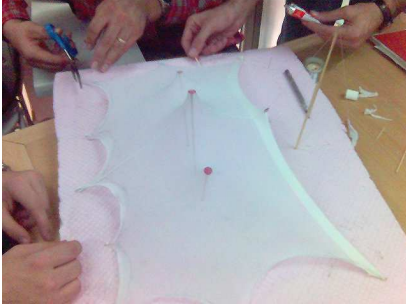


Gerçek eyer formu parabollerin birbirini ile kesişmelerinden elde edilen yüzeyden oluşur.

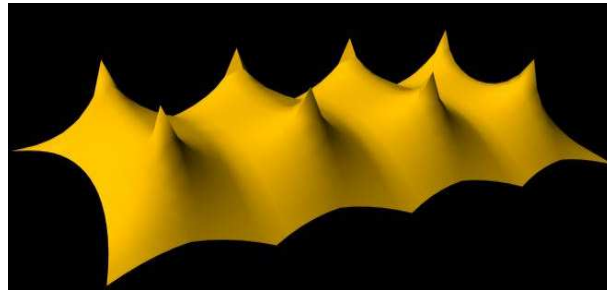
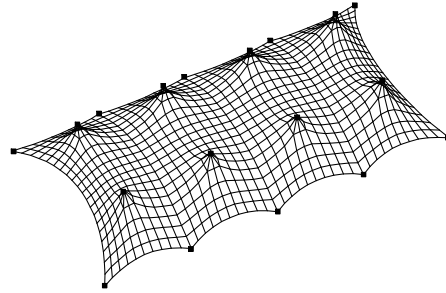
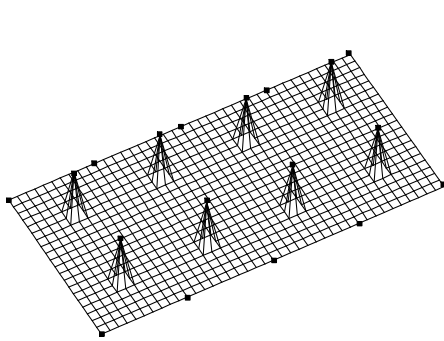
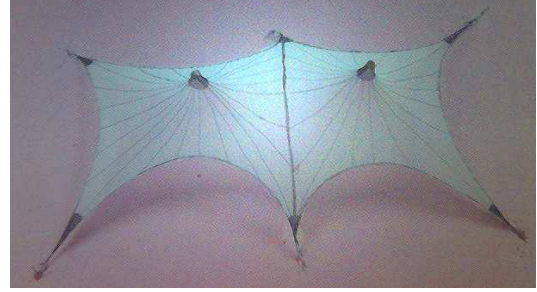
Radyal

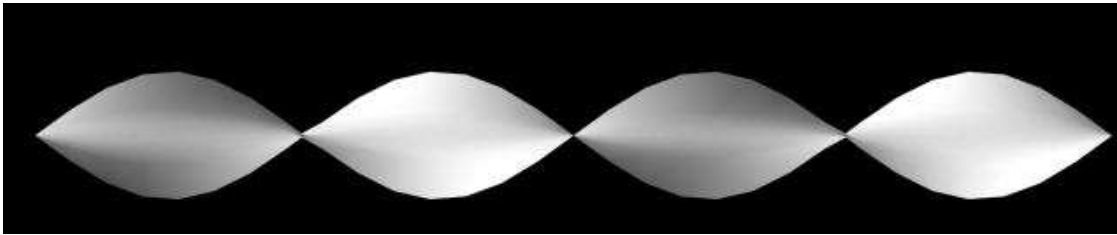
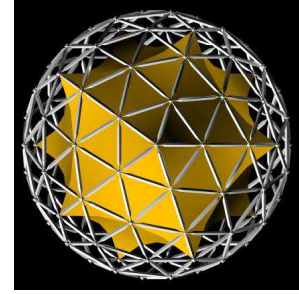
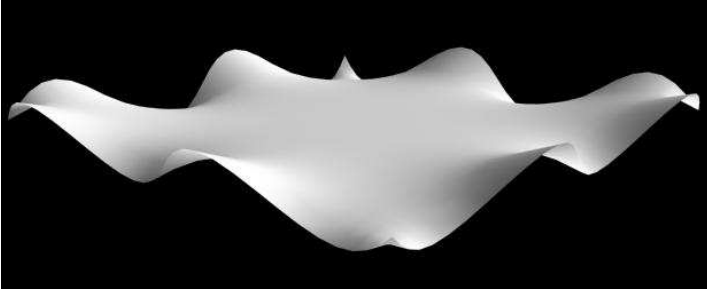
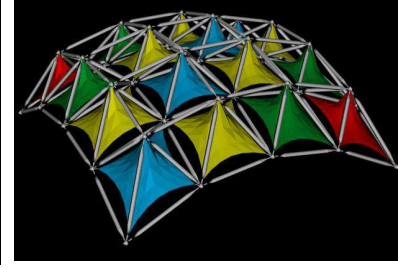
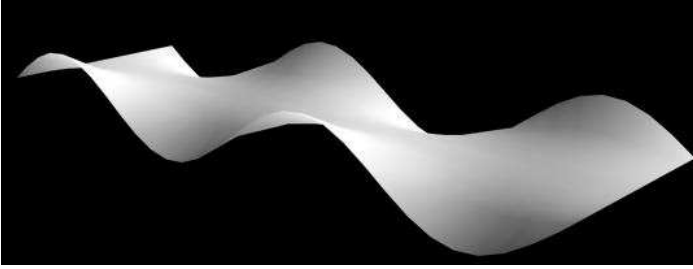
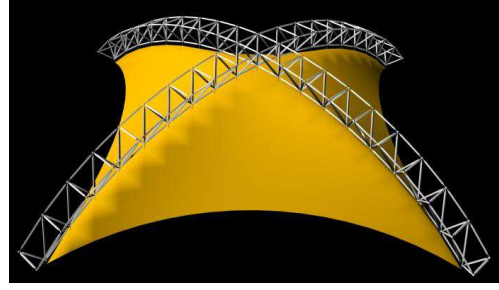
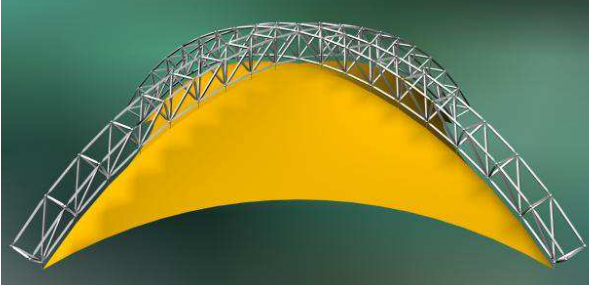


Denge Formlarının Fiziksel Modellenmesi



Denge Formlarının Sayısal Modellenmesi



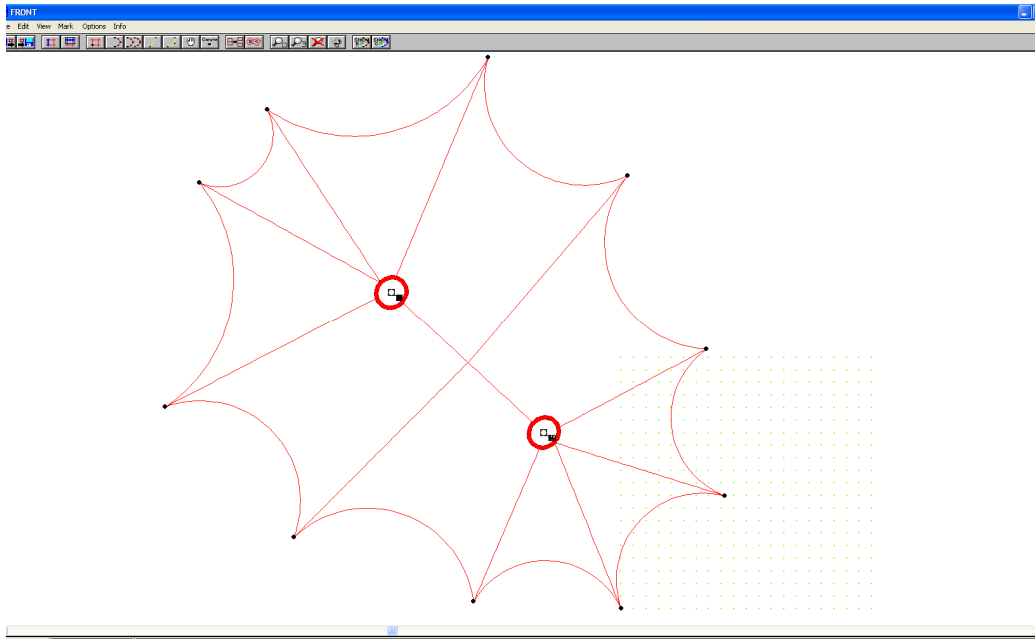


Statik Analiz:

Statik analiz geometrik lineer olmama durumu göz önüne alınarak yapılır. Uygulanabilecek başlıca üç çözüm metodu vardır:

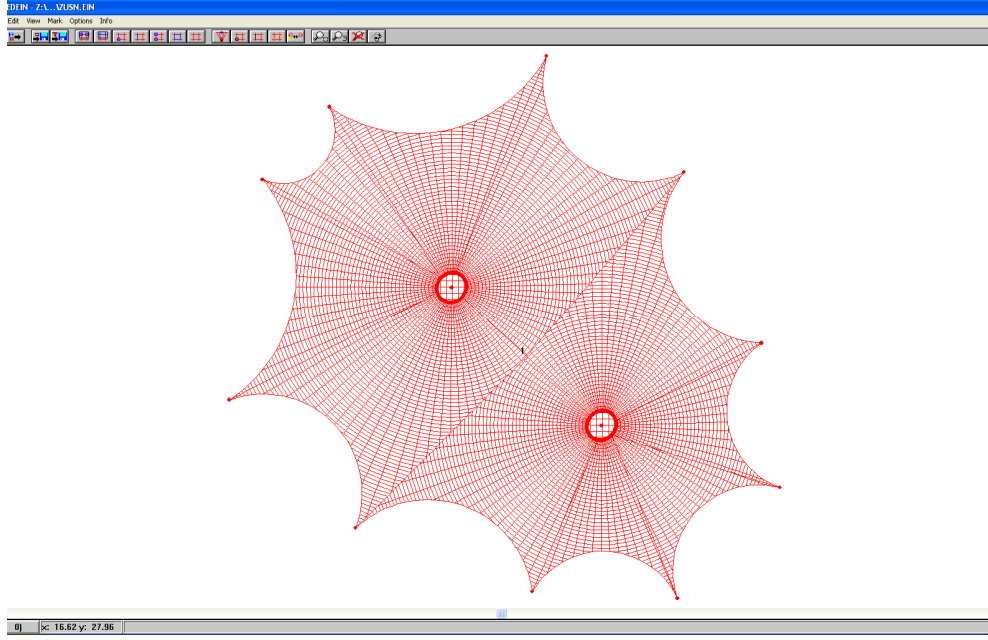
- "Force Density" Method
- "Dynamic Relaxation" Method
- Sonlu Elemanlar Metodu

Analizde izlenen yol kısaca şöyledir:

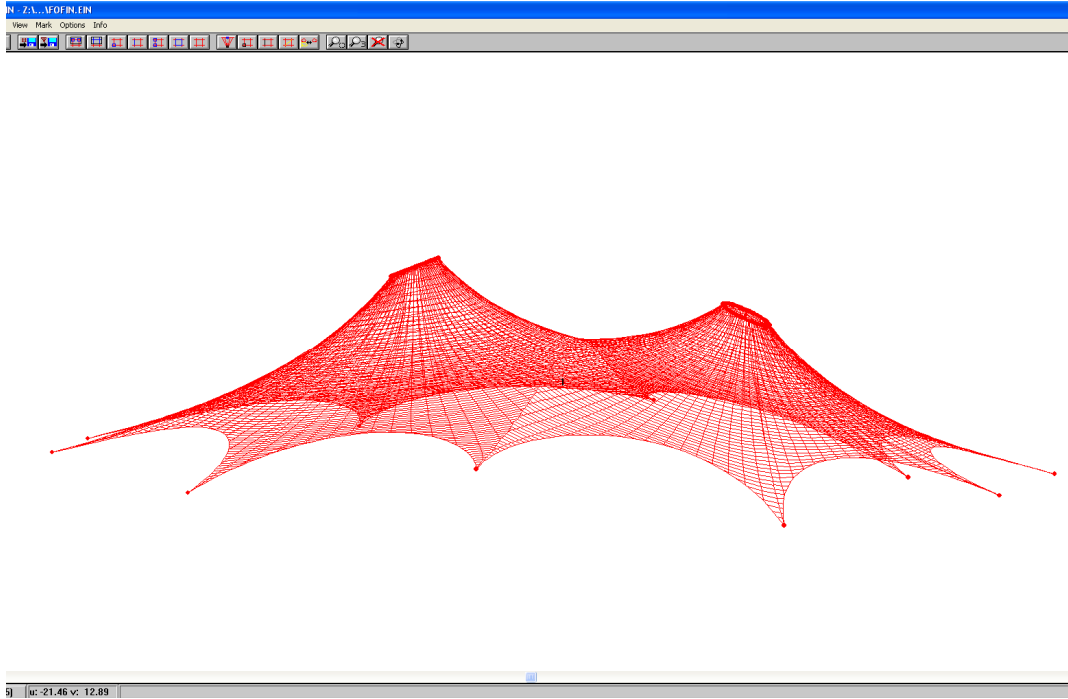


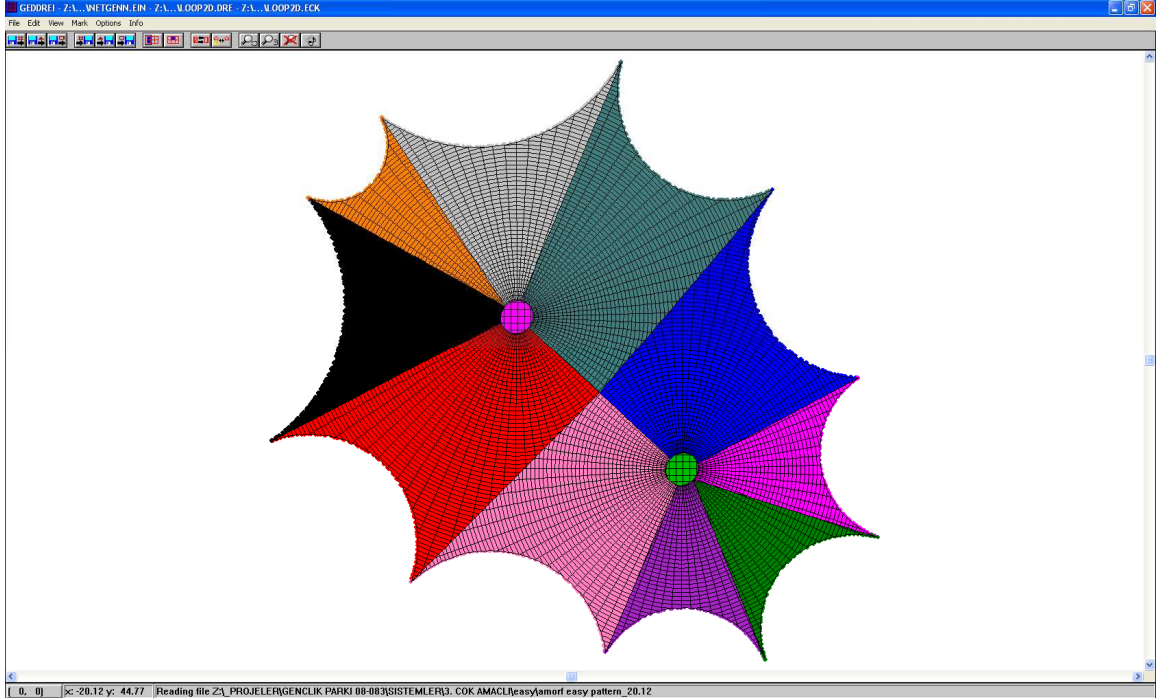
Membran örtünün sınırları belirlenir.

Force Density Metod kullanılarak bilgisayar programı ile analizde, membran örtünün yüzeyi dikdörtgen ya da üçgen elemanlara bölünerek bir eleman ağı oluşturulur. Bu ağ içinde zemine mesnet noktaları ile rijit taşıyıcı destek noktaları tespit edilir.

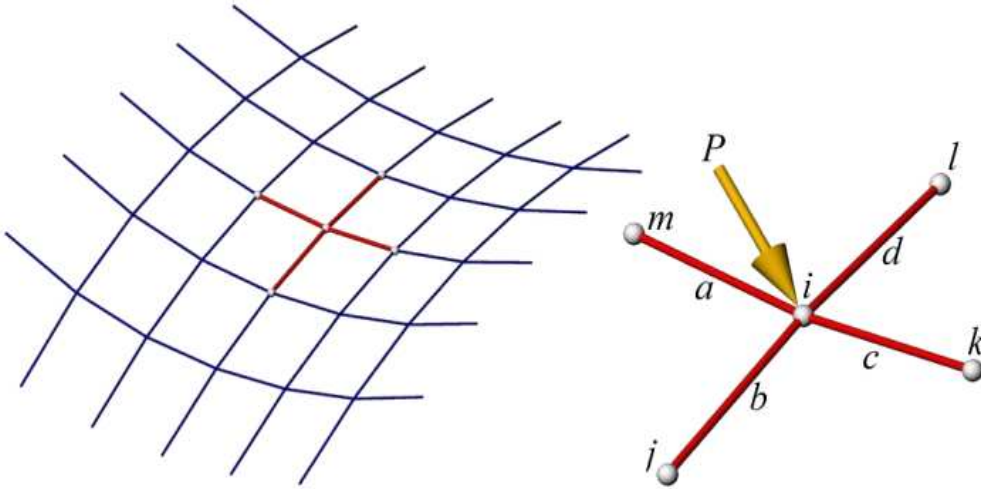


Oluşan ağ, kablo ağı olarak düşünülerek her bir kablonun birleşim noktası düğüm noktası olarak ele alınır.





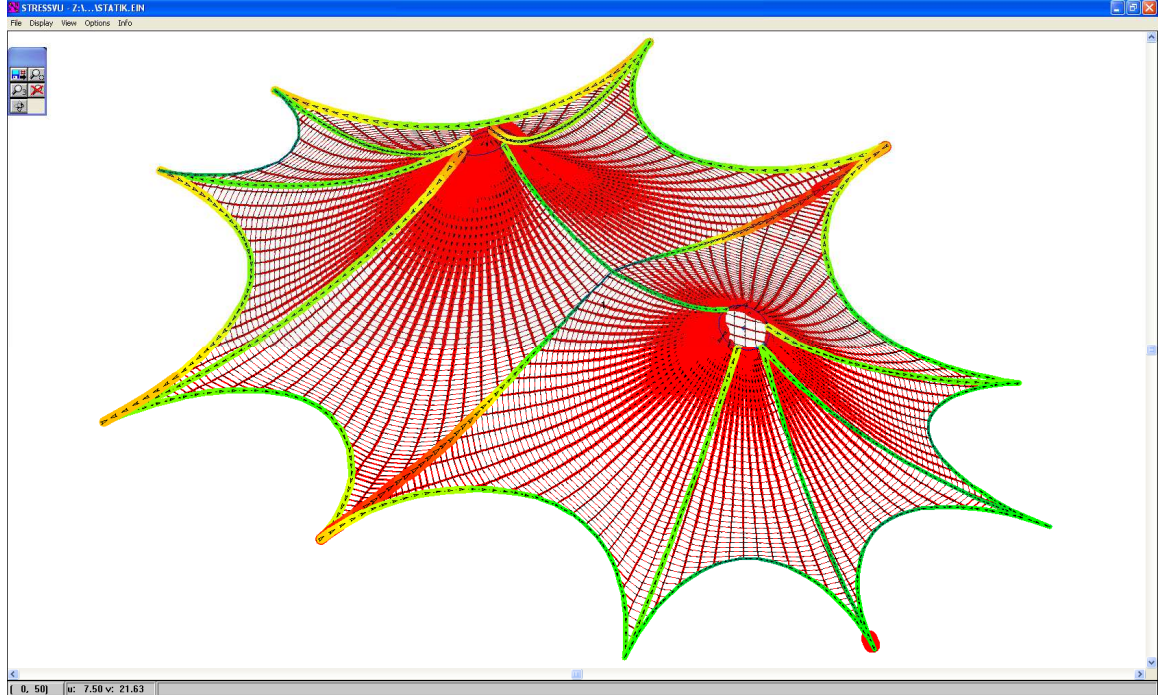
Analiz kuvvet dengesi prensibi üzerine kurulmuştur.



Toplam enerjinin minimum olma prensibine göre analiz yapılır. Buna göre;

- denge,
- bünye denklemleri,
- geometrik uyumlu olma şartları sağlanır.

Statik Analiz için; rijitlik değerlerinin tayin edilmesi ve gerilmemiş ağı uzunluklarının hesaplanması gerekir.



Analiz sonucunda aşırı gerilme yığılmalarının olduğu bölgeler ve deformasyonun fazla olduğu yerler varsa, öngermede, geometride, malzemede ya da mesnet noktalarında değişiklikler yapılarak sistem güvenli hale getirilebilir.

Analizi yapılan membran örtü kesme kalıplarının çıkarılmasına hazır hale getirilmiştir.

3. İMALAT

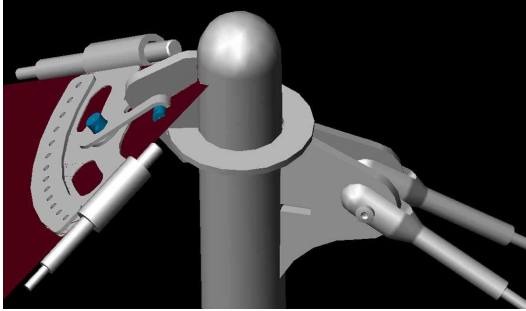
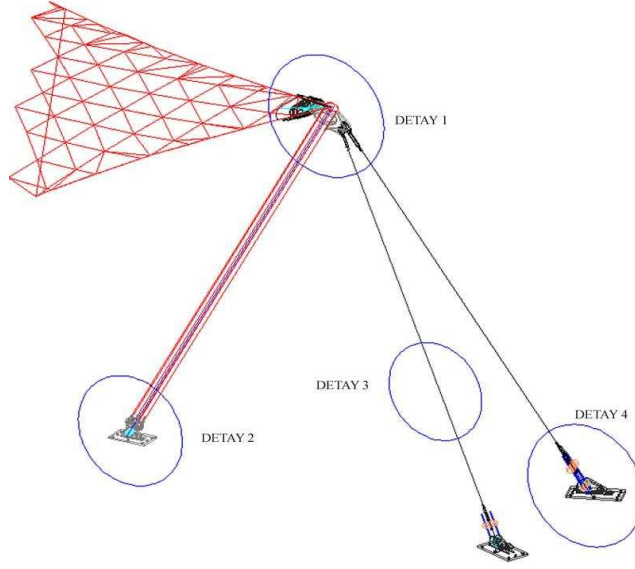
Çelik İmalatı:

Kullanılacak yapısal çelik ve bağlantı elemanlarına ait teknik özellikler:

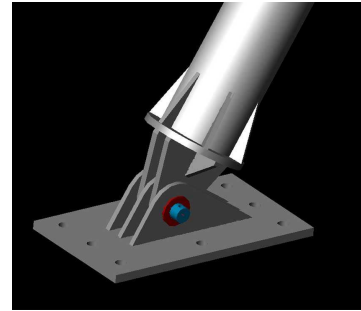
- Taşıyıcı çelik elemanlara sıcak daldırma galvaniz uygulanır.
- St37 ve / veya üstü dayanımda çelik malzeme kullanılır.
- 8.8 ve / veya 10.8 kalitede elektro galvanizli somun, civata ve pullar kullanılır.
- Bağlantı elemanlarına korozyona karşı elektro galvaniz uygulanır.

- Birleşim levhalarının kesimi ve üzerindeki deliklerin açılması CNC kontrollü makineler ile yapılarak uygulamadaki hassasiyet artırılır ve temiz yüzeyler elde edilir.

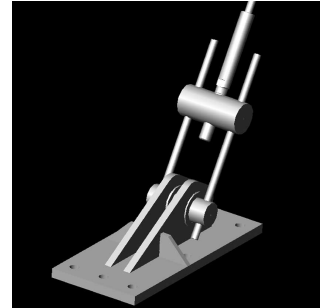
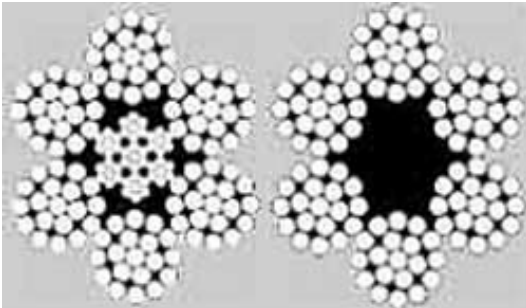
Aşağıda bir membran sistemin çelik taşıyıcısının tipik detayları bulunmaktadır.



Detay 1



Detay 2

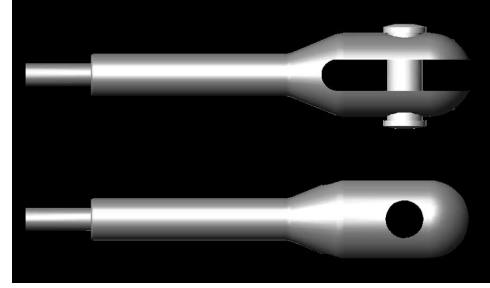


Detay 3

Detay 4

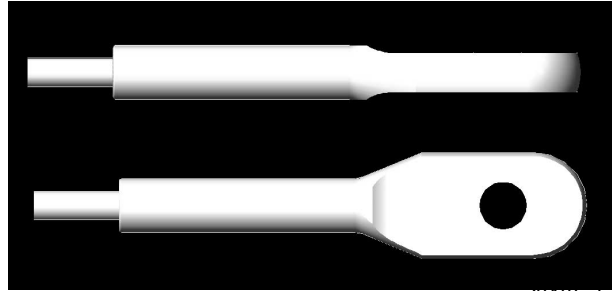
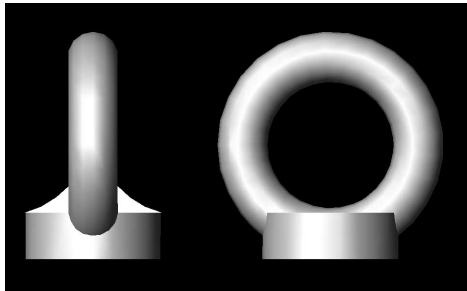
Gergi Kabloları ve Detayları:

- Çelik sistemde kullanılacak kablolar ve kablo sonlarındaki germe aksesuarları elektro galvanizlidir.
- Membran yüzeyini germek için kullanılacak kablolar ve kablo sonlarındaki aksesuarlar elektro galvanizlidir.
- Membran köşe levhalarının kesimi ve üzerindeki deliklerin açılması CNC kontrollü makineler ile lazer kesim yöntemi kullanılarak yapılır. Membran köşe levhaları elektro galvanizlidir.
- Membran kenar levhalarına elektro galvaniz uygulanır.



	Axial stiffness	Flexural stiffness	Tensile strength
 High tensile rod	High	High	High
 1 x 19 'Dyform' compact strand	↑	↑	↑
 1 x 19 strand	↓	↓	↓
 7 x 19 strand	Low	Low	Low

Kablolar DIN3058 ya da TS1918' de belirtilen kalite koşullarını sağlamalı ya da daha iyi kalitede olmalıdır. Ayrıca kablo yerine, ilgili yönetmelikte belirtilen normal çelik çubuk, yüksek karbonlu çelik çubuk ya da paslanmaz çelik çubuklar kullanılarak üretilen ve kırılma yükü, kablonun çekme dayanımına eşit olan yapısal kablo da kullanılabilir.



Sayfa: 15 / 22

FabricArt Membran ve Metal Yapılar Mimarlık Mühendislik İnşaat San. Tic. Ltd. Şti

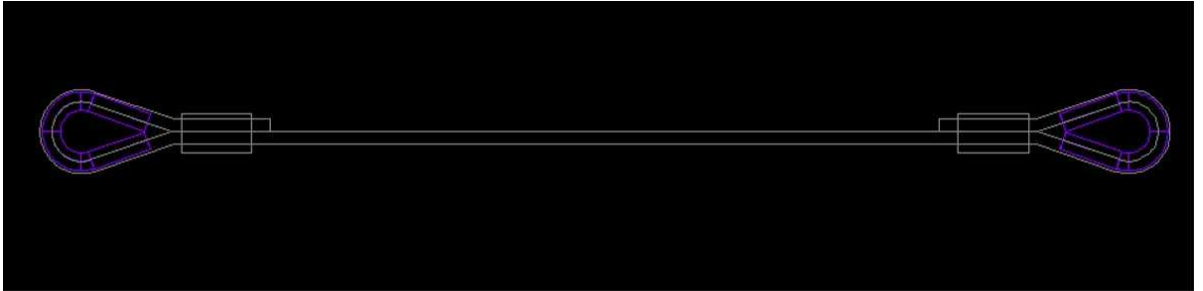
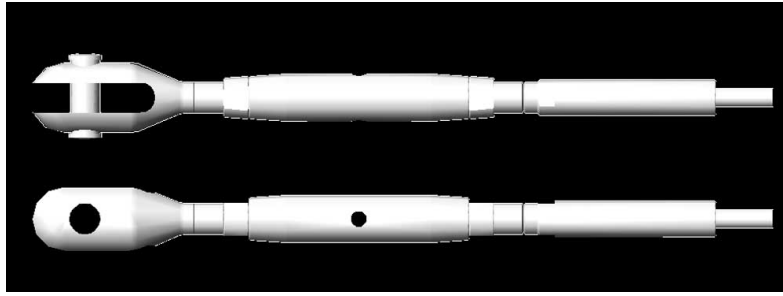
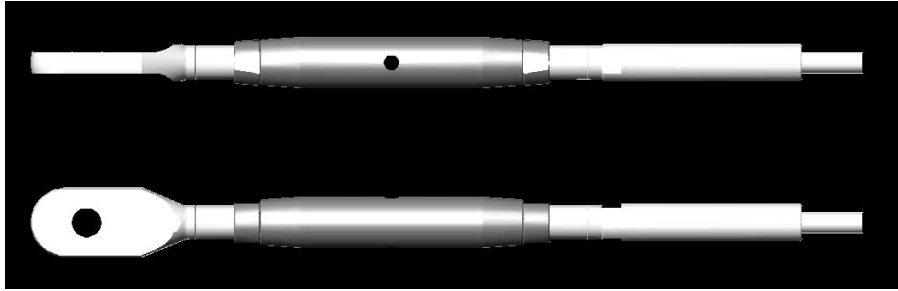
Maltepe Mah. Davutpaşa Çifte Havuzlar Yolu Sok. No: 7 Sema Sanayi Sitesi En Üst Kat, Zeytinburnu/ İSTANBUL

e-mail: info@fabricart.com.tr

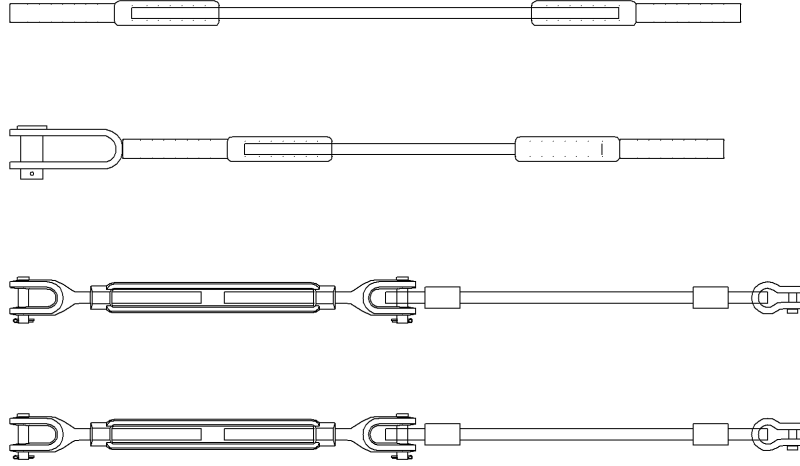
web: www.fabricart.com.tr

Tel: 212 481 21 00

Fax: 212 481 55 44



Yukarıdaki şekillerde kablo aksesuarlarına ait örnekler gösterilmektedir.



Membran İmalatı:

Membran imalatında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- C sınıfı malzemelerde (bkznz. membran malzeme) sadece HF kaynak kullanılmalıdır. Kaynak makinesinin gücü en az 16 KW olmalıdır.
- Birleşim olarak yapıştırma yapılmamalıdır.
- Sıcak hava kaynağı sadece ikinci derece kaynaklarda (taşıyıcı olmayan) kullanılabilir.
- C sınıfı malzemelerde kaynak genişliği, malzemenin ağırlığına ve dayanımına göre belirlenen tiplere bağlı olarak aşağıdaki değerlerden az seçilmemelidir.

Malzeme tipine göre birim ağırlıklar ve uygulanması gereken en az kaynak genişlikleri:

Malzeme tipi	Birim ağırlık (gr/m ²)	Kaynak genişliği (mm)
I	550-900	40
II	900-1050	60
III	1050-1350	80
IV	1350-1500	80 ya da üzeri

- Kaynak dayanımı 23 °C sıcaklık altında membran malzemenin çekme dayanımının %85' i kadar olmalıdır. Bu değer laboratuvar deneyleri ile kanıtlanmalıdır. Zorlu hava koşullarının olması durumunda testler gerçek durum simülasyonu ile yapılmalıdır.
- Üretilen her membran kumaş topuna ait iki yönlü testler yapılmalıdır.
- Kaynak parametreleri ve kaynak testleri imalat protokolünde belirtilmeli, belli aralıklarla (10 adet gibi) yapılan kaynaktan sonra yapılacak rastgele testler ile protokoldeki değerler karşılaştırılmalıdır.
- Malzemenin atkı yönü ± 2 derece toleransla 90 derece olmalı, lifler eğilmemiş olmalıdır.
- C sınıfı malzemelerde kullanılan PVDF tabakası eğer kaynak yapılamayan özellikte ise bu tabaka, kaynak bölgelerinde uygun makinelerle kaldırılmalıdır.
- Dikişli eklerin (birleşimlerin) kullanıldığı durumlarda, dikişler UV ışınlarına karşı korunmalıdır.
- Bütün membran malzemelerde membran imalatçı firmanın kaynakla ilgili şartlarına uyulmalıdır.

Membranın Birleştirilme Yöntemleri

Membranın birleştirilmesinde kullanılan üç temel yöntem vardır.

- Dikişli Birleşim (Sewn Joints)
- Isı Kaynaklı Birleşim (Heat Welded Joints)
- Mekanik Birleşim (Mechanical Joints)

Dikişli Birleşim (Sewn Joints):

Dikişli birleşim en kuvvetli birleşim olmasına rağmen çürüme problemi bulunmaktadır. Isı kaynağı yapılan PVC kaplı polyester malzemeler için uygundur ve dış kısmının PVC ile kaplanması gerekir. PTFE laklı cam dokumalı malzemelerin lifleri gevrek olduğu için bu malzemelerde uygun değildir.

Isı Kaynaklı Birleşim (Heat Welded Joints):

Isı kaynağı; kaynak hatlarının membranın erime ısısının üzerinde ısı verilerek birleştirilmesi ve daha sonra soğutarak basınç uygulanması ile gerçekleştirilir. Isıtma sıcak hava ile ya da radyo frekanslı elektro magnetik radyasyon yayılı ile yapılır. PVS kaplı polyester de PTFE kaplı

cam yünü de ısı kaynağı ile birleşime uygundur. Bu işlem için PTFE kaplamada PTFE' nin kendisi erimediğinden farklı malzemedan başka bir tabaka daha kullanılması gerekmektedir.

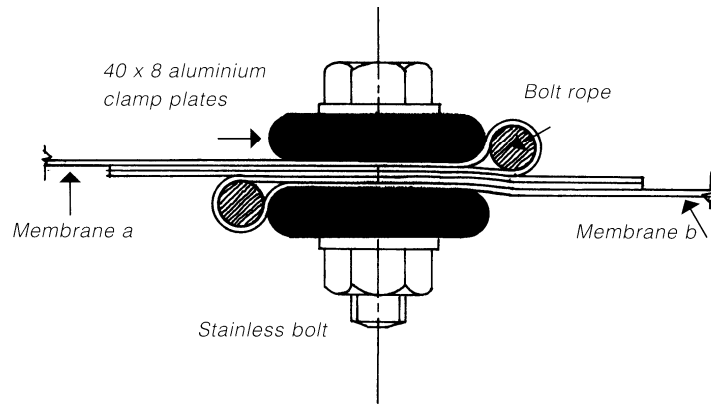
PVC/PU kaynak işlemini seçilen parametreler dahilinde otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Bu makina ile diğer ısısal kaynak makinelerinde mümkün olmayan mesh yapıştırma, şeffaf malzemelerde transparan yapı bozulmadan yapıştırma ve şeffaf malzemenin diğer malzemelere yapıştırılması mümkün olmaktadır. 1400 gr/m² PVC malzemeyi birçok katman halinde 2000 kg baskı uygulayarak tek seferde yapıştırmak mümkündür.

Tekstil malzemelerin ısısal birleşiminde kullanılan Yüksek Frekans kaynağının yanı sıra sıcak hava kaynağı da ikincil önemi olan birleşimlerde kullanılmaktadır. Bu teknikte, yüksek frekans kaynağından farklı olarak dışarıdan malzeme yüzeyine ısı iletilir. Malzemenin dış yüzeyi ile iç yüzeyini eriterek birleştirme görevi gören ısı miktarını malzemenin kalınlığı belirler. Malzeme kalın olduğu zaman, malzeme tabakalarının eriyip birleşmesi zaman alacaktır. Aynı zamanda kalın olan malzemede birleşimi sağlayabilmek için ısı miktarı arttırıldığında, iç kısma henüz yeterince ısı iletilmeden dış malzeme yüzeyi aşırı ısıtılmaktan dolayı sararacaktır. Aksi durumda ısı arttırılmadığında, gerekli olan ısı sağlanmadığından yeterince dayanıklı birleşim elde edilemeyecektir.

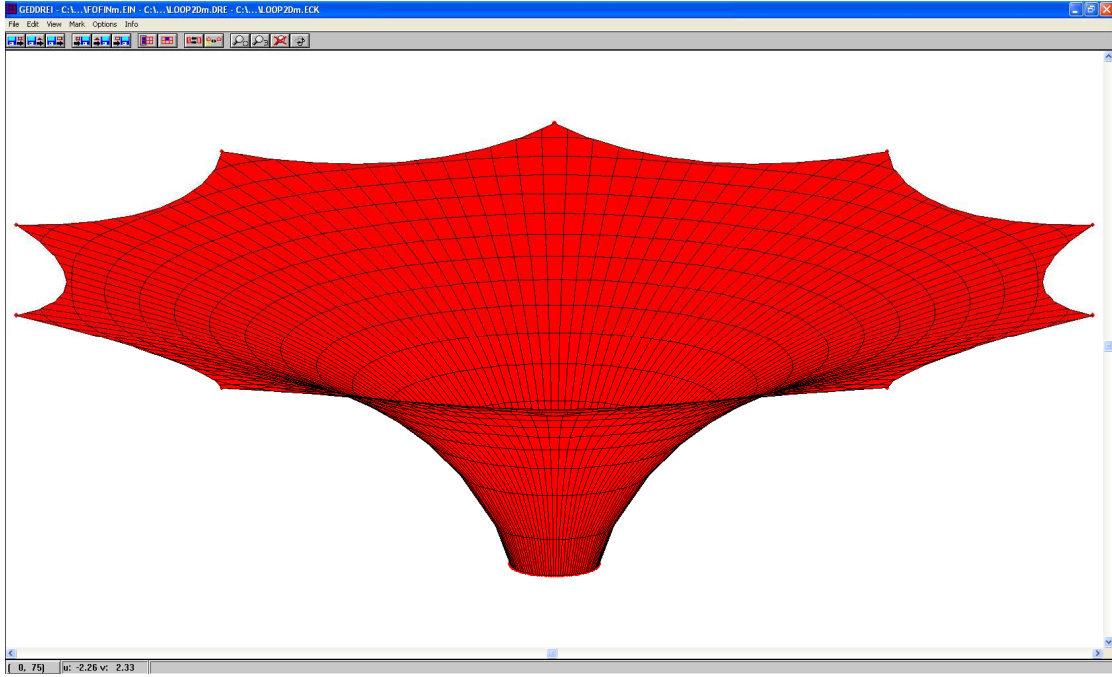
Yüksek Frekans kaynağında ise malzemenin her tabakasına eşit miktarda ve düzgün yayılı şekilde ısı iletimi olduğundan malzemede sararma, yanma olmayacağı gibi yetersiz dayanımında birleşim gibi bir risk te oluşmayacaktır.

Mekanik Birleşim (Mechanical Joints):

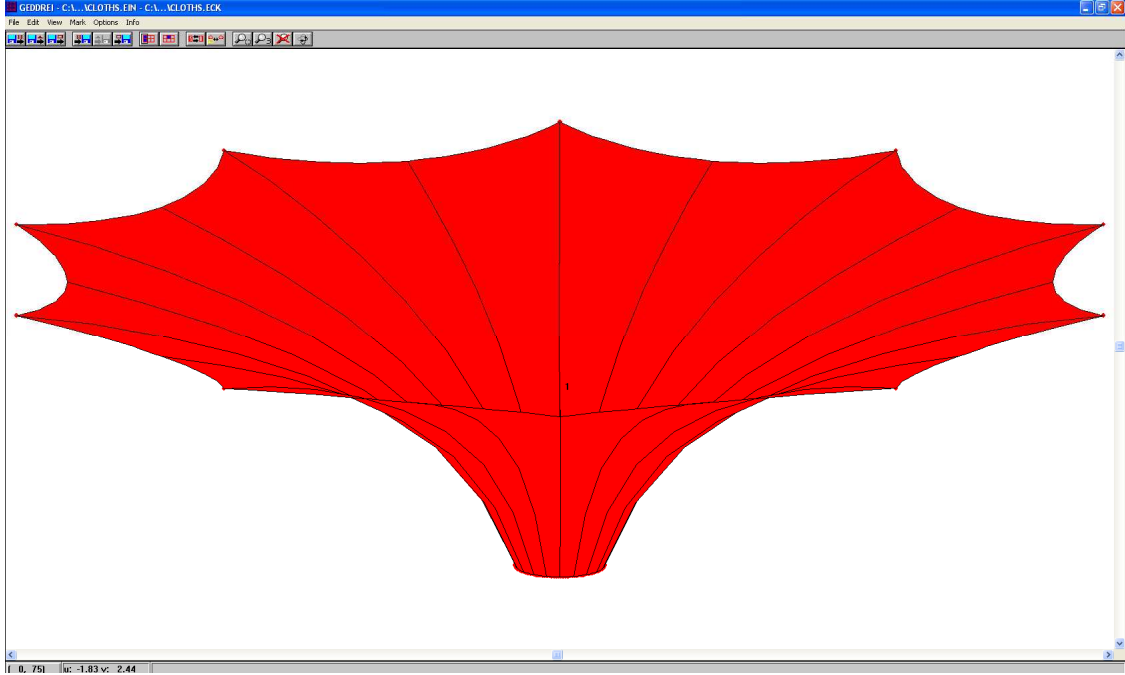
Dikişli birleşim ile ısı kaynaklı birleşim en iyi şekilde atölyede yapılırken, bazı durumlarda sahada birleşim yapılması gerekir. Bu durumlarda mekanik birleşim tercih edilebilir.



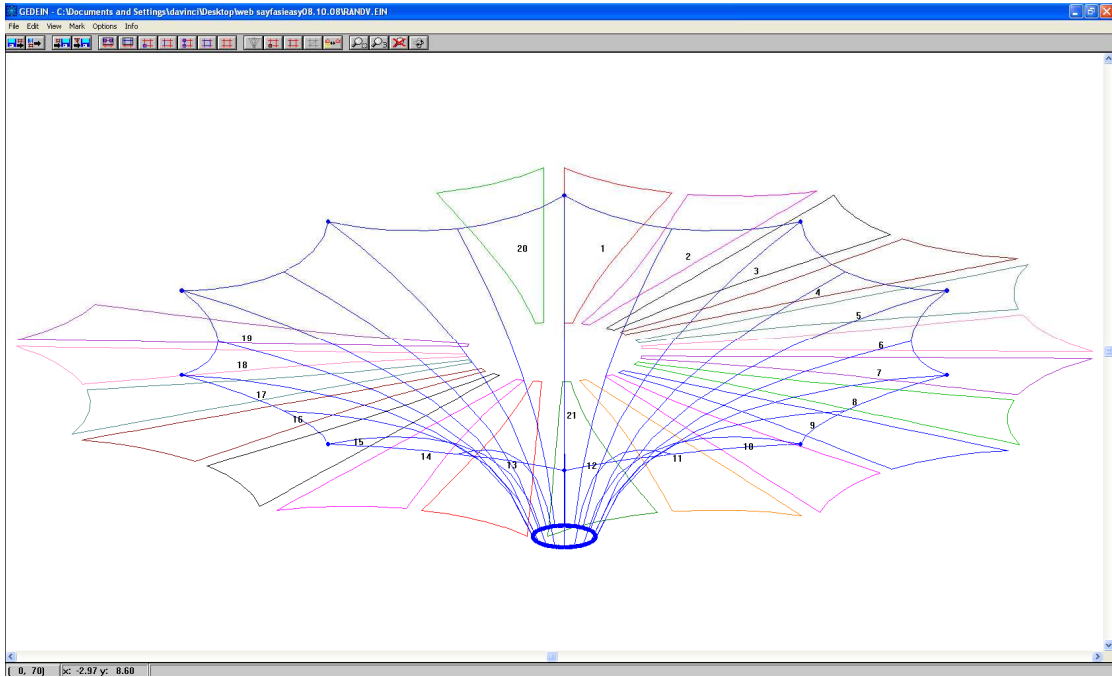
Kesme Kalıpları:



Kesme kalıpları çıkartılacak sistemin önce statik analizi tamamlanır.

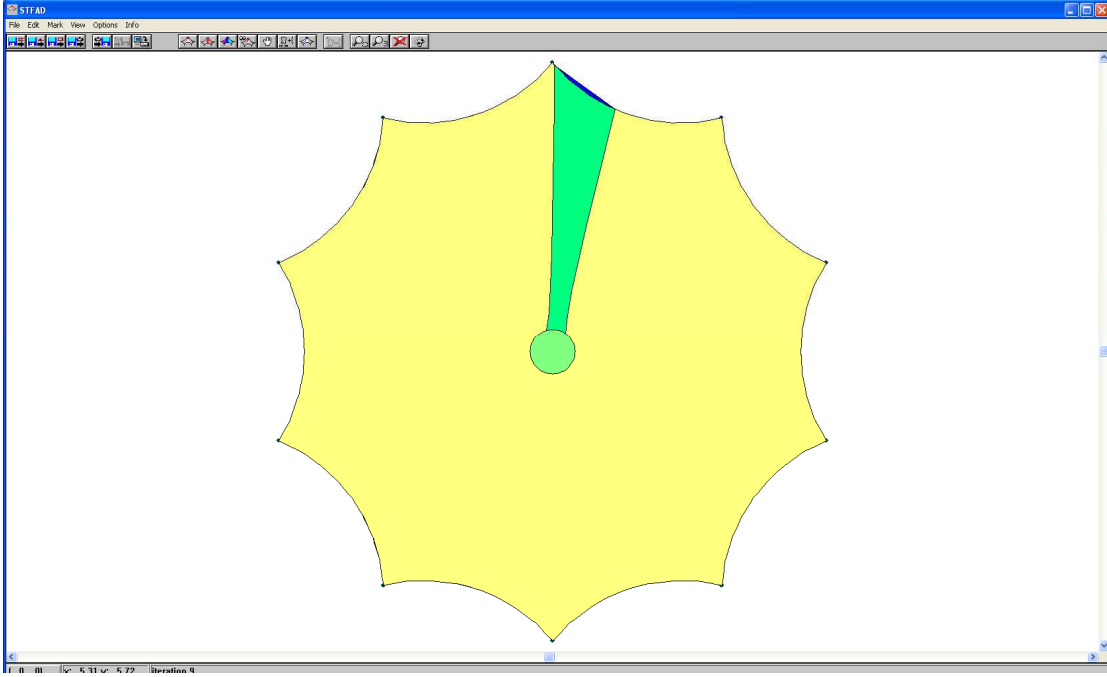


Denge Formu kullanılan membran malzemesinin genişliği uygun bir şekilde şeritlere bölünür. Bu şeritler panel olarak adlandırılır.

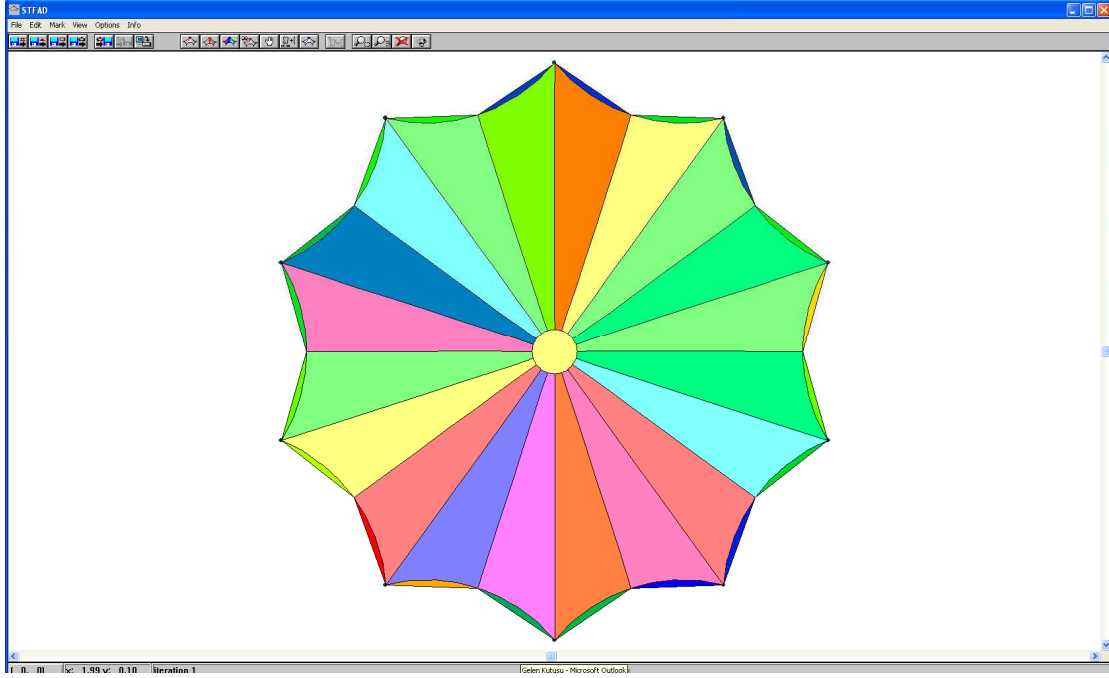


Paneller yüzeyden ayrılırlar. Uzayda eğrisel bir yüzey oluşturan panel düzleme indirilir. Bu işlem harita veya kağıt şeritler yöntemleri kullanılarak yapılabilir.

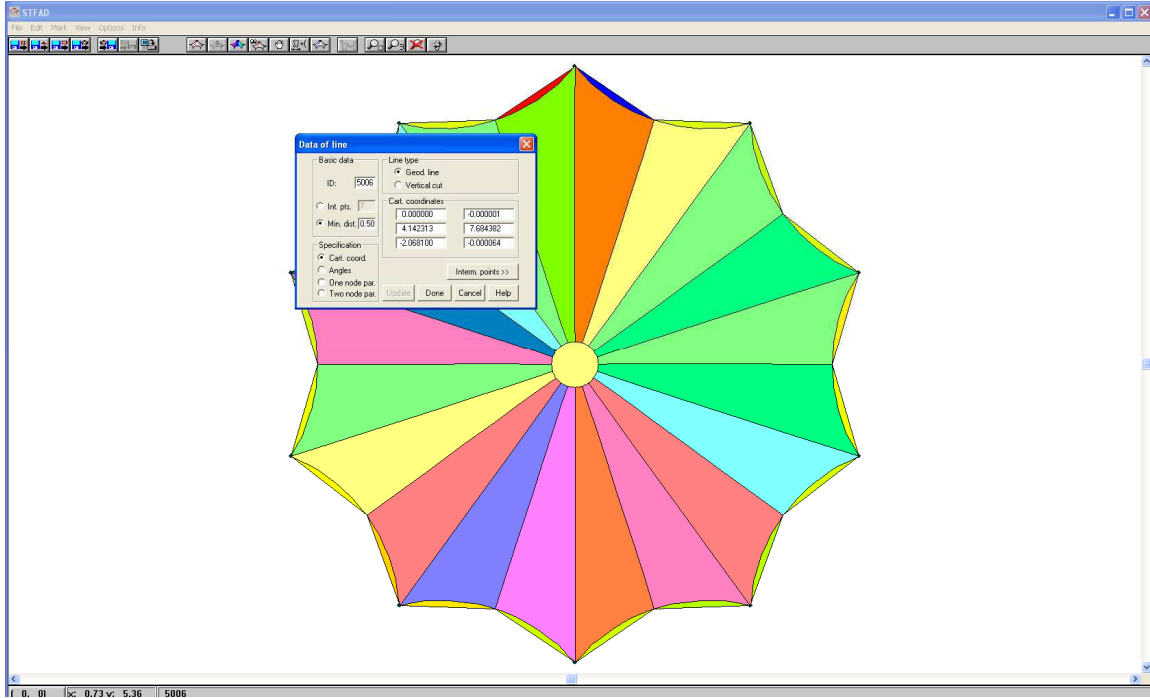
Adım 1: Panellerin belirlenmesi



Panellerin tek tek çıkarılışı.



Adım 4: Panellerin incelenmesi



Adım 5: Kesme hatlarının belirlenmesi

Adım 6: Kalıpların küçültülmesi

Uygulanan gerilmeden dolayı malzemenin zaman içinde esnemesinden ve yüklemeler altında uzayıp ksalmasında oluşacak gerilme kayıpları da göz önünde tutularak kesme kalıpları küçültülür. Böylece yüzeyin devamlı gerilme altında olması sağlanır.

Adım 7: Kalıpların geometrisinin raporunun hazırlanması

Kesme kalıplarının geometrisi koordinat listesi ve şekil olarak hazırlanan data sayfaları olarak raporlanır.

4. KAYNAKLAR:

Vandenberg, M.; "Soft Canopies", Detail in Building, Academy Editions, 1996.

Forster, B., Mollaert, M.; "European Design Guide,for Tensile Surface Structures", Tensinet, 2004.

Technical Standards for SpecificMembrane Structure Buildings, 1996.
http://www.forsstrom.com/pages/default_uk.asp?sectionid=316

Dr. Fevzi Dansık; PhD thesis, "Configuration Processing and Force Density", Surrey University, 2002.