

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AHŞAP LAMİNE TEKNELERİN YAPISAL ANALİZİ

Gemi İnş. Ve Mak. Müh. Yusuf Metin TÜRE

FBE Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalında

Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Hüseyin YILMAZ

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ	2
2.1 GİRİŞ	2
2.2 SONLU ELEMANLAR METODUNUN GELİŞİMİ.....	2
2.3 ANALİZLERDE ELEMAN TİPLERİNİN SEÇİMİ.....	4
2.4 SONLU ELEMANLAR AĞ (MESH) MODELİ	4
3 ANSYS İLE SONLU ELEMANLAR ANALİZLERİ.....	5
3.1 ANSYS SONLU ELEMANLAR ANALİZLERİ.....	5
3.1.1 Ön işleme (Preprocessing) [2], (Çalık, 2003).....	5
3.1.2 Çözüm (Solution).....	6
3.1.3 Son işleme (Postprocessing)	7
4 AHŞAP TEKNELERDE LAMİNASYON VE BİRLEŞTİRME TEKNİKLERİ	8
4.1 AĞAÇ LAMİNASYONUNUN PRENSİPLERİ.....	8
4.2 LAMİNASYON YÖNTEMLERİ.....	10
4.3 FİLLETLERLE BAĞLAMA	12
5 UYGULAMA: AHŞAP LAMİNE BİR TEKNENİN MODELLENMESİ.....	16
5.1 TEKNENİN MAXSURF PROGRAMINDA MODELLENMESİ.....	16
6 ANALİZ VE SONUÇLARI	19
6.1 UYGULANAN YÜKLER	19
6.2 ANALİZ KOŞULLARI.....	19

6.3	BİLGİSAYAR PROGRAMLARININ KULLANIMI.....	43
6.4	ANALİZ ADIMLARI (Başkan, 2003).....	44
6.5	MODELİN ANSYS'E AKTARILMASI	49
7	SONUÇ.....	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Lamine omurga	9
Şekil 4.2 Omurga laminasyonun yapıştırılması.....	11
Şekil 4.3 Omurga laminasyonundaki hatalar	11
Şekil 4.4 Kemere laminasyonu.....	12
Şekil 4.5 Posta dip kaplama fillet	12
Şekil 4.6 Posta omurga filleti	13
Şekil 4.7 Posta borda kaplama fillet	14
Şekil 4.8 Kıç ayna dış kaplama laminasyonu.....	14
Şekil 4.9 Dış kaplama laminasyonu.....	14
Şekil 4.10 Dış kaplamanın bitmiş görünümü	15
Şekil 4.11 Baş çatışma perdesinin konstrüksiyonu.....	15
Şekil 5.1 Modelin render edilmiş hali.....	18
Şekil 6.1 Dalga tepesi için sınır koşulları.....	20
Şekil 6.2 Dalga tepesi için sınır koşulları.....	20
Şekil 6.3 Dalga tepesi için deformasyon.....	21
Şekil 6.4 Dalga tepesi için deformasyon.....	21
Şekil 6.5 Dalga tepesi için deformasyon.....	22
Şekil 6.6 Dalga tepesi için yz yönünde kayma gerilmesi	22
Şekil 6.7 Dalga tepesi için yz yönünde kayma gerilmesi	23
Şekil 6.8 Dalga tepesi için x yönünde normal gerilme	23
Şekil 6.9 Dalga tepesi için y yönünde normal gerilme	24
Şekil 6.10 Dalga tepesi için z yönünde normal gerilme	24
Şekil 6.11 Dalga çukuru için sınır koşulları.....	25
Şekil 6.12 Dalga çukuru için sınır koşulları.....	25
Şekil 6.13 Dalga çukuru için deformasyon	26
Şekil 6.14 Dalga çukuru için deformasyon	26

Şekil 6.14 Dalga çukuru için deformasyon	27
Şekil 6.15 Dalga çukuru için yz kayma gerilmesi	27
Şekil 6.16 Dalga çukuru için x yönünde normal gerilme	28
Şekil 6.17 Dalga çukuru için x yönünde normal gerilme	28
Şekil 6.18 Dalga çukuru için y yönünde normal gerilme	29
Şekil 6.19 Dalga çukuru için y yönünde normal gerilme	29
Şekil 6.20 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi.....	30
Şekil 6.21 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi.....	30
Şekil 6.22 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi.....	31
Şekil 6.23 Sınır koşulları.....	32
Şekil 6.24 Sınır koşulları.....	32
Şekil 6.25 Su basınç dağılımı	33
Şekil 6.26 Su basınç dağılımı	33
Şekil 6.27 Deformasyon.....	34
Şekil 6.28 Deformasyon.....	34
Şekil 6.29 Deformasyon.....	35
Şekil 6.30 x yönünde normal gerilme	35
Şekil 6.31 y yönünde normal gerilme	36
Şekil 6.32 z yönünde normal gerilme	36
Şekil 6.33 yz kayma gerilmesi.....	37
Şekil 6.34 Von Misses gerilmesi	37
Şekil 6.35 Von Misses gerilmesi	38
Şekil 6.36 Von Misses gerilmesi	38
Şekil 6.37 Von Misses gerilmesi	39
Şekil 6.38 Deformasyon.....	39
Şekil 6.39 Deformasyon.....	40
Şekil 6.40 Deformasyon.....	40

Şekil 6.41 Deformasyon.....	41
Şekil 6.42 yz kayma gerilmesi.....	41
Şekil 6.43 x yönünde normal gerilme	42
Şekil 6.44 y yönünde normal gerilme	42
Şekil 5.2 Düşük eleman sayılı bir kesitin gerilim değerleri	48
Şekil 5.3 Yüksek eleman sayılı bir kesitin gerilim değerleri	48
Şekil 5.4 Modelin hacim kısmı.....	49
Şekil 5.5 Modelin yüzey kısmı	50
Şekil 5.6 Modelin çizgi kısmı.....	50
Şekil 5.7 Modelin yarı görünüşü	51
Şekil 5.8 Modelin tam görünüşü.....	51
Şekil 5.9 Modelin yandan görünüşü	52
Şekil 5.10 Modelin elemanlara bölünmüş yarı görünüşü	52
Şekil 5.11 Modelin elemanlara bölünmüş tam görünüşü.....	53
Şekil 6.45 z yönünde normal gerilme	53
Şekil 6.46 Von Misses gerilmesi	54
Şekil 6.47 Von Misses gerilmesi	54
Şekil 6.48 Von Misses gerilmesi	55
Şekil 6.49 Deformasyon.....	55
Şekil 6.50 Deformasyon.....	56
Şekil 6.51 yz kayma gerilmesi.....	56
Şekil 6.52 x yönünde normal gerilme	57
Şekil 6.53 y yönünde normal gerilme	57
Şekil 6.54 z yönünde normal gerilme	58
Şekil 6.55 Von Misses gerilmesi	58
Şekil 6.56 Von Misses gerilmesi	59
Şekil 6.57 Von Misses gerilmesi	59

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1: Teknenin Ana Boyutları	16
Çizelge 5.2 Ofset Tablosu	17
Çizelge 6.1 Maunun Mekanik Özellikleri	19
Çizelge 5.3 Analiz için uygulanacak adımlar (Başkan, 2003)	46

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın meydana gelmesinde yardımcı olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen sayın hocam Doç.Dr. Hüseyin YILMAZ'a, çalışmamda yardımcı olan Türk Loydu'ndan Hür FIRTINA ve Kemal AKŞAR'a, arkadaşlarım Ferdi ÇİÇEK, Serkan TÜRKMEN ve Emre ÖZTÜRK ve destek olan aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu tezin gerçekleşmesinde büyük emeği geçen bana her zaman destek olan ve güç kaynağım çok sevgili eşim Elife TÜRE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Saygılarımla,

Yusuf Metin TÜRE

ÖZET

Günümüzde bir çok tipte tekneler yapılmakta olup bunlar konstrüksiyon, yapım malzemesi, form vb. açıdan farklılıklar göstermektedir. Geçmişten günümüze süre gelen ve yaygın olarak kullanılan tekne tiplerine rastlamak mümkündür. Bu tekne tiplerine ait yapısal boyutlandırma formülleri ve kuralları mevcuttur. Ancak farklı tipte teknelerin imalatı söz konusu olduğunda teknenin yapısal boyutlandırması için dayanıklılığının ispatlanması gerekir.

Bu çalışmamızda lamine teknelerin yapısal analizi incelenmiştir. Analizi yapılan tekne tipi klasik tekne tipinden daha farklı bir konstrüksiyon yapısına sahiptir. Teknemizin yapısını kısaca açıklamak gerekirse, postalarımız omurgadan güverteye kadar uzanmak yerine boyuna bir eleman olan sintine stringerine kadar uzanmaktadır. Yani postaların sintine stringeri ile kemere atkısı arasında herhangi bir eleman bulunmamakta olup sadece dış kaplama bulunmaktadır. Bu tip bir teknenin imalatı ve klaslanması söz konusu olduğunda bunun yapısal olarak gerekli mukavemete sahip olduğunun ispatlanması gerekmekte ve bu noktada sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplamalar devreye girmektedir. Tekne yapım malzemesi olarak kullanılan ahşap, yapısal olarak demir, kurşun vb. malzemelerden daha farklı olup herhangi bir sonlu elemanlar programında modellenmesi ve sonuca ulaşılması zordur. Fakat teknemizin lamine sistem ile yapılmış olması bunu kolaylaştırmaktadır. Çünkü lamine edilmiş ahşap doğal ahşaba göre daha homojen mekanik özelliklere sahiptir. Teknelerin lamine sistem ile yapılmasındaki bir diğer neden de budur.

Tezde amaçlanan klaslama kuruluşlarında olmayan bu yapısal tipteki teknelere ait kuralların temelini oluşturacak bir araştırma yapmaktır. Ancak klas kuruluşlarında bulunan bu tip ampirik formüllerin elde edilmesi için çok sayıda tekne formu kullanılarak gerçekleştirilmesi gerekir. Bunun teorik olarak oluşturulması kadar pratik olarak da desteklenmesi gerekir.

Bu tezde elimizdeki tekne ANSYS programında modellenerek gerekli analizler yapılmış ve sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Laminasyon, Düğüm Noktası, Von Misses Gerilmeleri

ABSTRACT

Today lots of ships of different kinds are constructed and these ships differ from each other by construction, material and form etc. There are some types of ships of an old construction method. For these ships there are some construction formulas and rules. But in case different ships are constructed strength must be proved in order to decide the dimension of the parts.

In the following study structural analyses of the hulls made of laminated wood are searched thoroughly. These kind of hulls have some differences from the classic type of hulls. The frames are from the center keel to the bilge stringer. It means there is just the shell coating between the bilge stringer and the beam. In these kinds of constructions the strength of these structures must be proved and the calculations must be done by using finite element method. Wood used in ship building differs from other kinds of materials like steel, iron etc. and is difficult to model by using such a finite element method. But lamination makes it easier, because laminated wood is more homogeneous than standard wood. This is why the ships are constructed with laminated wood.

The aim of this thesis is to prepare a basic study for ships of this kind that there are no rules prepared by class societies. But in order to prepare such empirical formulas like class societies do, lots of ship hulls of this kind must be analysed. This study must be supported by some practical data either.

In this thesis the hull is modelled by using the program ANSYS and necessary analyses and results are examined.

Keywords: Lamination, Node, Von Misses Stress

1 GİRİŞ

Suyun ulaşım aracı olarak kullanılmaya başlandığı ilk günden yüz yıl öncesine değin ağaç başlıca gemi inşaatı malzemesi olarak kullanılmıştır. Gemilerde yerini tamamen çeliğe terk etmiş olsa da, gezi sınıfı teknelerde gelişen ağaç işleme teknolojisiyle rekabetçilerini korumaktadır. Ağırlığına göre mukavemet oranı olan, yorulma yüklerine ve şoka karşı dayanım sahibi, kolay onarılabilen, kolay işlenebilen ağacın vazgeçilmezliği insanın ya da ormanların yeryüzündeki varlığıyla eşittir. Deniz tuzlarının ağacın çürümesi yönünde geciktirici etkisinin olduğu bilinmekle birlikte tuz ve nemin ağacın mekanik niteliklerini ne ölçüde değiştirdiği tam olarak incelenmemiştir.(Tekoral, 2006) Günümüzde birçok tipte tekneler üretilmektedir. Bu tekneler birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar yapım malzemesi, kullanım alanı, konstrüksiyonu vb. konularında oluşmaktadır. Klas kuruluşlarında bu farklılıklara göre çeşitli kurallar mevcuttur. Yani teknenin ahşap veya sac olması durumunda hangi kurallara uyulacağı tanımlanmış durumdadır. Konstrüksiyon yapısı olarak klas kuruluşlarında tanımlanmayan tipteki teknelerin imalatı istendiği taktirde teknenin dayanıklılığı ispatlanmalıdır. Bunun pratik olarak gerçekleştirilme maliyeti çok yüksektir ve zaman gerektiren bir işittir. Bu nedenle bunun teorik olarak ispatlanması gerekmektedir. Bu noktada klas kuruluşlarının istekleri doğrultusunda tekne üzerinde gerekli yerlerde ve koşullarda teknenin dayanıklılığı sağlanmalıdır.

Bu noktada kullanılan yöntemlerden biriside sonlu elemanlar yöntemidir. Bu, tekne modelinin yapılması ve analizinin gerçekleştirilmesinden oluşmaktadır. Teknenin üç boyutlu bir yapı olduğu düşünülecek olursa tamamının modellenmesi zor ve zaman alıcı olabilir. Bu durumda bölgesel olarak modellenebilir ve bu bölge içerisinde analizleri gerçekleştirilebilir.

2 SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Bu bölümde sonlu elemanlar yöntemi hakkında genel bir bilgi aktarılmıştır. [1], [2], (Başkan, 2003)

2.1 GİRİŞ

Sonlu elemanlar yöntemi fizik ve mühendislikte karşılaşılan bir çok problemin çözümünde kullanılan en yaygın ve etkin sayısal yöntemlerden biridir.

Sonlu elemanlar metodu matematikçilerden ziyade daha çok mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Metot ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Tüm bu uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı; ısı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akışı; akışkan problemlerinde ise akım fonksiyonu veya hız potansiyel fonksiyonudur. Hesaplanan büyüklük alanın almış olduğu en büyük değer veya en büyük gradyen pratikte özel bir öneme sahiptir.

Sonlu elemanlar metodunda yapı, davranışı daha önce belirlenmiş olan bir çok elemana bölünür. Elemanlar düğüm noktaları (node) adı verilen noktalarda tekrar birleştirilirler Bu şekilde cebri bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde bu denklemler düğüm noktalarındaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bu denklem takımının çözümü ise bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

2.2 SONLU ELEMANLAR METODUNUN GELİŞİMİ

Genel amaçlı sonlu elemanlar paket programları 1970'li yıllardan itibaren ortaya çıkmaya başlamıştır. 1980'li yılların sonlarına doğru ise artık paket programlar mikro bilgisayarlarda kullanılmaya başlandı. 1990 yıllarının ortaları itibariyle sonlu elemanlar metodu ve uygulamalarıyla ilgili yaklaşık olarak 40.000 makale ve kitap yayınlanmıştır. Bu yöntemde yapı "sonlu" boyutta çok sayıda "elemana" bölünerek analizler gerçekleştirilmektedir. Metodun adı da buradan gelmektedir.

Matematik modelleme işleminin, modelin varyasyonel problem olarak ifade edilmesinden sonraki aşaması, bilgisayarda çözümlenmesi hedeflenen ayrık modelin oluşturulmasıdır. Günümüzde, diferansiyel denklemlerle ilgili matematik modellerin ayrık benzeşiklerinin oluşturulması ve elde edilen ayrık problemin bilgisayarda çözümlenmesi açısından en kapsamlı ve evrensel yöntem, sonlu elemanlar yöntemidir. Bu yöntemin klasik sonlu farklar yönteminden başlıca farkı, bunun sınır değer problemini değil, varyasyonel problemi temel

almasıdır. Bu nedenle sonlu elemanlar yöntemi, bilimsel ve teknolojik problemlerin sayısal çözümlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. sonlu elemanlar yönteminin boyutlarının büyüklüğünü göstermek için, bunun hem matematiksel analiz, hem diferansiyel denklemler, hem sayısal yöntemler, hem bilgisayar bilimleri, hem de ayrıca çeşitli mühendislik bilimleri dallarıyla iç içe olduğunu söylemek yeterlidir.

Sonlu eleman metodunu diğer metotlara üstün kılan başlıca hususlar şunlardır:

1. Sonlu elemanlar, boyutları ve şekillerinin esnekliği nedeniyle, verilen bir cismi temsil edebilir, hatta karmaşık şekilli bir cisimde daha güvenilir olabilir.
2. Çok bağlantılı bölgeler (yani bir veya çok delikli cisimler) veya köseleri olan bölgeler zorluk çekilmeksizin incelenebilir.
3. Değişik malzeme ve/veya geometrik özellikleri bulunan problemler ek bir zorluk göstermez. Geometri ve malzeme nonlineeriteleri, kalıtsal olsa bile (örneğin zamana bağlı) malzeme özellikleri kolaylıkla göz önüne alınabilir.
4. Sebep-sonuç bağıntılarına ait problemler tümel direngenlik matrisi ile birbirine bağlanan genelleştirilmiş "kuvvetler" ve "yerdeğiştirmeler" cinsinden formüle edilebilir. Sonlu eleman metodunun bu özelliği problemin anlaşılmasını ve çözülmesini hem mümkün kılar hem de basitleştirir.
5. Sınır şartları kolayca uygulanır.
6. Sonlu eleman metodunun çok yönlülük ve esnekliği karmaşık yapılarda, sürekli ortam, alan ve diğer problemlerde sebep sonuç ilişkilerini hesaplamak için çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Analitik ve deneysel metotlardan daha hassas sonuç verir.

Sonlu elemanlar yönteminin günümüzdeki uygulamaları oldukça fazladır ve diferansiyel eşitliklerle düzenlenen fiziksel tüm problemleri kapsar. Sonlu elemanlar yönteminin yararları, genişçe kullanılmasına yardımcı olmaktadır.

Bunların bazıları:

1. Bitişik elemanlardaki malzeme özellikleri aynı olmayabilir. Bu özellik bir kaç malzemenin birleştirildiği cisimlerde uygulanabilmesine imkan vermektedir.
2. Düzgün olmayan sınırlara sahip şekiller, eğri kenarlı elemanlar kullanılarak analiz edilebilirler.
3. Eleman boyutları kullanıcı tarafından değiştirilebilir. Böylece önemli değişiklikler beklenen bölgelerde daha küçük elemanlar kullanılarak hassas işlemler yapılabilirken, aynı parçanın

diğer bölgeleri büyük elemanlara bölünerek işlem hızı arttırılabilir.

4. Süreksiz yüzey yüklemeleri gibi sınır durumları yöntem için zorluk oluşturmaz. Karışık sınır durumları kolaylıkla ele alınabilir.

2.3 ANALİZLERDE ELEMAN TİPLERİNİN SEÇİMİ

Doğru element tipini seçmek analiz işleminin çok önemli bir parçasıdır. Bu adım için kullanıcının yeterince sonlu elemanlar yöntemi hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Çözümü istenen cismin geometrisi, analizin tipi (mukavemet, ısı transferi, manyetik analiz vb.) ve sınırları eleman seçimini etkiler.

Çözümü istenilen problemin geometrisi kullanılan sonlu elemanlar yöntemine dayalı paket program içinde veya bir başka bilgisayar programında oluşturulabilir. Modelin başka bir programda oluşturulması durumunda IGES, SAT, VDA vb. dönüştürücü formatlar kullanılarak sonlu elemanlar programına transfer edilebilir.

Malzeme özellikleri, malzemenin elastikiyet modülü veya özgül ağırlık gibi geometriden bağımsız fiziksel özelliklerdir.

Bu noktada malzemenizin fiziki özelliklerini tanımlarsınız. Örneğin katı yapısal problemler için, elastisite modülünü, poisson oranını ya da malzemenin yoğunluğu tanımlanmalıdır.

2.4 SONLU ELEMANLAR AĞ (MESH) MODELİ

Sonlu elemanlar metodunu kullanarak yapılan bir analiz işleminde ağ oluşturma işlemi sonlu elemanlar metodunun belkemiğini oluşturur. Termal, yapısal, mekanik, akışkan ve elektromagnetik gibi mühendisliğin temel alanlarında sayısal analiz işlemleri esnasında ağ oluşturma işlemi vazgeçilmez bir adımdır. Ağ oluşturma işlemi düğüm noktalarının ve elemanların koordinatlarını oluşturur. Aynı zamanda kullanıcı tarafından girilen minimum bilgiye karşılık optimum sürede otomatik olarak düğüm noktalarını ve elemanları sıralar, numaralanmasını sağlar. Klasik sonlu elemanlar analizinde sonuçların doğruluğu çoğunlukla eleman sayısına bağlıdır. Eleman sayısı arttıkça sonuçlar daha gerçeğe yakın çıkar. Gerilme değişimlerinin yüksek olduğu bölgelerde eleman sayısı arttırılarak elde edilen sonucun hassasiyeti de arttırılır. Bu çözüm yöntemi, h-adaptivity metodu olarak tanımlanabilir. İkinci bir yöntem ise bu elemanların sayısını arttırmak yerine elemanların polinom derecesini arttırmaktır. Polinom derecesi arttıkça elde edilen modelin doğruluğu da artar. Sonuçlar kullanıcı tarafından tayin edilen tolerans içine girene kadar polinom derecesi artar. Bu tür elemanlar p elemanı olarak tanımlanır.

3 ANSYS İLE SONLU ELEMANLAR ANALİZLERİ

Bu bölümde; ANSYS ile sonlu elemanlar analizlerine bir giriş yapılacaktır. Programın temel yapısından bahsedilmiştir. (Moaveni, 2003, Çalık, 2003)

3.1 ANSYS SONLU ELEMANLAR ANALİZLERİ

ANSYS genel amaçlı sonlu elemanlar paket programıdır ve mekanik problemlerin nümerik çözümünde kullanılır. Bu problemler; statik/dinamik yapısal analizler (lineer veya non-lineer), ısı transferi ve akış problemleri ile akustik ve elektro-manyetik problemleri içerir. Genel olarak, sonlu elemanlar analizleri üç kademede gerçekleştirilir:

3.1.1 Ön işleme (Preprocessing) [2], (Çalık, 2003)

Problemin tanımlanması; ön işleme ana kademeleri aşağıda verildiği gibidir:

- Nokta/çizgi/alan/hacimlerin tanımlanması,
- Element tipi ve malzeme/geometri özelliklerinin tanımlanması,
- Gerekli çizgi/alan/hacimlerin sonlu elemanlara bölünmesi.

Ön işleme kademesi aşağıdakileri içerir:

- Başlığın belirlenmesi: Probleme isim verilmesi diye düşünülebilir. Bu seçenek eğer aynı temel model üzerinde farklı seçenekli iterasyonlar yapılması durumunda çok faydalıdır. Türkçe karakter kullanılmamasına dikkat edilmelidir.
- Modelin oluşturulması: Model 1D, 2D veya 3D uzayında uygun birimler (m., mm., in., vb.) kullanılarak çizilir. Model ANSYS ön işlemciyi kullanılarak oluşturulabileceği gibi başka bir CAD paketinde hazırlanmış; bir dosyanın (IGES, STEP, Pro/E gibi) ANSYS ön işlemcisi tarafından okunması ile de olabilir. Modelin oluşturulması esnasında dikkat edilmesi gereken konulardan biri çizimde kullanılan birim ile malzeme özellikleri ve uygulanan yük birimlerinin uyumlu olmasıdır. Örneğin; model “mm” olarak çizildi ise, malzeme özellikleri SI birimi ile tanımlandığı şekilde olmalıdır.
- Eleman tipinin belirlenmesi: Eleman seçimi 1D, 2D veya 3D olabileceği gibi yapılması düşünülen analizin tipine de bağlıdır. (Örneğin termal analiz gerçekleştirebilmek için termal eleman).

- Malzeme özelliklerinin girilmesi: Malzeme özellikleri (elastisite modülü, poisson oranı, yoğunluk ve ayrıca gerekli olduğunda genleşme katsayısı, termal iletkenlik, özgül ısı vb.) tanımlanmalıdır.

- Modelin elemanlara bölünmesi: Modelin elemanlara bölünmesi işlemi, analiz sürekliliğinin belirli sayıdaki ayrı parçalara veya diğer bir ifade ile sonlu elemanlara bölünmesidir. Daha çok sayıda eleman daha iyi sonuçlar fakat daha uzun analiz zamanı demektir. Modelin elemanlara bölünmesi manuel olarak yapılabileceği gibi otomatik olarak da yapılabilir. Manuel olarak elemanlara bölme işlemi uzun ve zor bir işlemken otomatik olarak elemanlara bölme işleminde gerek tek şey model kenarları boyunca eleman yoğunluğunun belirlenmesidir. Ayrıca elemanlara ait eleman özelliklerinin de girilmesi gerekebilir. Örneğin, 2D eleman kullanılmıyorsa kalınlık gereklidir.

3.1.2 Çözüm (Solution)

Yüklerin ve sınır şartlarının atanarak çözümün gerçekleştirilmesi; bu kademede yükler (noktasal veya basınç) belirlenir, sınır şartları tanımlanır ve sonuçta çözüme gidilir.

Çözüm kademesi aşağıdakileri içerir:

- Analiz tipinin belirlenmesi: Çözümde kullanılmak üzere statik, modal, transient gibi analiz tipleri belirlenir.

- Sınır şartlarının tanımlanması: Eğer modele bir yük uygulanırsa, model bilgisayarın sanal dünyasında sonsuza kadar ivmelenir. Bu ivmelenme bir sınırlılık veya bir sınır şartı uygulanana kadar devam eder. Yapısal sınır şartları genellikle sıfır yer değiştirme, termal sınır şartları belirlenmiş bir sıcaklık, akışkan sınır şartları için bir basınç olarak tanımlanır. Bir sınır şartı bütün yönlerde (x, y, z) uygulanabileceği gibi yalnızca belirli bir yönde de tanımlanabilir. Sınır şartları düğüm noktalarında, noktalarda, alan veya çizgilerde tanımlanabilir. Sınır şartı, simetri veya antisimetri tipinde olabilir.

- Yüklerin uygulanması: Yüklemeler noktasal bir basınç, gerilme analizlerinde yer değiştirme, termal analizlerde sıcaklık, akışkan analizlerinde hız formunda olabilir. Yükler bir noktaya, bir kenara, bir yüzeye ve hatta toplam cisme uygulanabilir. Yükler model geometrisi ve malzeme özelliklerinde kullanılan birim cinsinden tanımlanmalıdır.

- Çözüm: Genel olarak bir sonlu elemanlar çözücüsü üçe ayrılır. Bunlar ön-çözücü, matematik motoru ve son-çözücüdür. Ön-çözücü modeli okur ve modelin matematiksel şekilde formülize eder. Ön işleme kademesinde tanımlanan bütün parametreler ön-çözücü

tarafından kontrol edilir ve herhangi bir şeyin eksik bırakıldığını bulursa matematik motorunun devreye girmesini engeller. Model doğruysa, çözücü devreye girerek eleman direngenlik matrisini oluşturur ve yer değiştirme, basınç gibi sonuçları üreten matematik motorunu çalıştırır. Sonuçlar, son-çözücü tarafından düğüm noktaları için deformasyon miktarı, gerilme, hız gibi değerleri üretir.

3.1.3 Son işleme (Postprocessing)

Sonuçların görüntülenmesi; bu kademede şunlar yapılabilir:

- Nodal yer değiştirmelerin listelenmesi,
- Eleman kuvvet ve momentlerinin izlenmesi,
- Yer değiştirme çizimleri,
- Gerilme kontur diyagramları.

Son işleme kademesi aşağıdakileri içerir:

Bu bölüm; sonuçların okunduğu ve yorumlandığı bölümdür. Sonuçlar; tablo şeklinde, kontur çizimler şeklinde veya cismin deforme olmuş biçiminde sunulabilir. Ayrıca animasyon yardımı ile modelin gerçek davranışı gözler önüne sunabilir. Yapısal tipteki problemlerin sunulmasında kontur grafikler genellikle en etkin yöntem olarak kullanılır.

Son işlemci, x , y , z koordinatlarında hatta koordinat ekseninde belli bir açıdaki gerilme ve birim şekil değiştirmelerin hesaplanmasında kullanılabilir. Etkin gerilme ve birim şekil değiştirme sonuçları ile akma gerilme ve şekil değiştirme sonuçlarını da görmek mümkündür. Bunun dışında birim şekil değiştirme enerjisi, plastik şekil değiştirme miktarı da kolaylıkla görsel olarak elde edilebilir.

Ancak bu üç kademedен daha önemli bir işlem analizin planlanmasıdır ve problemin çözülme başarısına direk etkisi vardır. Bir sonlu elemanlar analizinin amacı bilinen yükler altında sistem davranışının modellenmesidir. Analizin kesinlik derecesi planlama kademesine oldukça bağlıdır.

Sonuç olarak, sonlu elemanlar yöntemi çok güçlü bir yöntemdir. Sonuçlar görsel olarak çok etkileyici bir biçimde kontur grafikler olarak rahatlıkla elde edilebilse de sonuçların kalitesi modelin fiziksel problemi gerçekte ne kadar yansıttığına ve dolayısıyla analizi yapılan modelin kalitesine tamamiyle bağlıdır. Başarılı bir analiz için dikkatli bir planlamanın yapılması zorunluluğu göz ardı edilmemelidir.

4AĞŞAP TEKNELERDE LAMİNASYON VE BİRLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Tekne yapımı sırasında, iki temel tip birleştirme yöntemi kullanılır. Bunlardan birincisi yapısal iskeleti ve iç parçaları birleőtirmek için, diğeri ise omurga ve güverte kaplamalarını inşa etmek için kullanılır.

Malzemeler içerisinde yapıştırıcı ile birleőtirmenin en etkili ve yapısal olarak da en sağlam olanı ağaç birleőtirmedir. Ağaç liflerini epoksi reçinesi içinde birleştirme teknikleri cam liflerini polyester reçinesi içinde birleőtirmeye çok benzemesine rağmen ağaçta az reçine kullanılır. Aşağıdaki bölümde ahşap teknelerde uygulanan laminasyon ve birleştirme tekniklerine ait temel prensipler anlatılmıştır. (Türe, 2003)

4.1 AĞAÇ LAMİNASYONUNUN PRENSİPLERİ

Postalar, omurgalar, baş ve kık bodoslamalar ve güverte kemereleri birkaç tabaka ağacın lamine edilmesiyle oluşturulmuş olan yapısal elemanlardır. Bu parçaların laminasyonundaki temel amaç istenilen parçanın şeklini tam olarak elde etmektir. Genelde, eğri şekiller buharla eğme, doğal olarak istenilen şekle benzeyen ağaç kullanma veya düz ağacın üzerine istenilen şekli verme ve istenilen şekli oluşturmak için bağlayıcılar kullanma yöntemleriyle elde edilir.

Şekil 4.1’de omurgada uygulanan laminasyon görölmektedir.



Şekil 4.1 Lamine omurga

İstenilen şeklin elde edilmesinden başka ağaç laminasyonunun aşağıda belirtildiği gibi diğer faydaları da vardır:

- Ahşap içerisindeki hatalara karşı potansiyeli düşük yüksek mukavemete sahip olması. Herhangi bir parça ağaçta doğal hatalar olabilir, fakat birkaç ağaç parçası lamine edilirse, içlerinden birindeki hata sadece o parçada kalıp, diğer parçalara sirayet etmez. Bu yüzden, bir laminasyonda ne kadar fazla parça birleştirilmişse bu parçalardaki hatalar sistem içerisinde yaratacağı başarısızlık o kadar azdır.
- Bir çok ağaç parçasından oluşmuş bir eğri laminasyon parçası, ağaç parçalarının yapıştırılarak tek bir parça haline getirilmesi sırasında çoğunlukla iç gerilmeleri ortaya çıkartır. Bu gerilmeler her bir parçada kendi içerisinde kalır.
- Laminasyon ayrıca malzemenin daha ekonomik kullanılması demektir. Daha kısa parçaları bazı teknikler ile scarf eklemlerde kullanarak laminasyon yapılabilir. Ayrıca istenilen genişliği elde etmek için daha küçük parçalar da birleştirilebilir.

Bir lamine içindeki her katmanın kalınlığı laminenin kalitesi için çok önemlidir. Burada seçimler tamamen parçanın uyması gereken eğriliğe bağlıdır. Genel olarak, istenilen eğriliğe kolaylıkla bükülebilen bir kalınlık seçilmelidir. Bir ağaç kalınlığı seçilirken, dikkat edilmesi

gereken bir ağacın sertliğinin kalınlığının küpüyle orantılıdır, yani eğer bir parça diğerinden iki kat kalınsa sekiz kat sert olacaktır.

Lamine katmanlarının kalınlığı ayrıca gevşemeyi de etkilemektedir. Mengeneler açıldığında ve parça serbest bırakıldığında eğri rahatlayacak ve formdan biraz daha geniş olacaktır. Bu yeni boyuta “gevşeme şekli” denir. İnce laminasyonlarda daha az gevşeme şekli olmaktadır.

Bir parçayı olması gerekenden daha ince yapılmamalıdır. Gevşemeyi azaltmak haricinde katman kalınlığını inceltmek laminasyona hiçbir şey kazandırmaz. Laminasyonun gerekmediği yerlerde bile ağaç kalınlığı 25 mm.’den fazla ise laminasyon kullanılabilir.

Laminasyonda önemli hususlardan biride yapışma ve epoksinin ne kadar nüfus ettiğidir. Burada uygulanan epoksi karışımının miktarı doğru ayarlanmalı ve arasında boşluk oluşmayacak şekilde bir birleştirme gerçekleştirilmelidir. (Berglind, 2003)

Lamine ahşabın üzerinin fiber ile kaplanması lamine ahşabın mukavemetini artırıcı yönde etkisi mevcuttur. Bu aynı zamanda ahşabı deniz koşullarından korumaktadır. Ayrıca bu fiber katmanın üzerine boya atılması da kolay olmaktadır. (Kim, 1997)

4.2 LAMİNASYON YÖNTEMLERİ

Lamine edilecek parçanın genişliği çok fazla değil ise yerde bloklama yöntemi kullanılır. Bloklama yöntemi genellikle lamine edilmiş omurgalar, postalar, baş ve kış bodoslamalar için kullanılmaktadır. Bu yöntemde lamine edilecek şekil yere bir kontrplak üzerine çizilmelidir. Bu şekili elde etmek için yeteri kadar stoper kesilmeli ve hazır tutulmalıdır. Bu stoperlerin yere monte edileceğinden kontrplak yeteri kadar mukavemete sahip olmalıdır. Yapıştırıcının kontrplağa yapışmaması için naylon serilmelidir. Daha sonra birinci katman, stoperler arasına konularak laminasyon işlemine başlanır. Her bir laminasyon katmanı arasına epoksi uygulanarak katmanlar yerleştirilir.

Şekil 4.2 ve 4.3’de omurgaya ait laminasyon gösterilmiştir. Şekil 4.3’de tam olarak nüfus etmeyen yapıştırıcı görülmektedir. Bu katman yarım olarak açılmış ve yapıştırıcı uygulanmıştır.

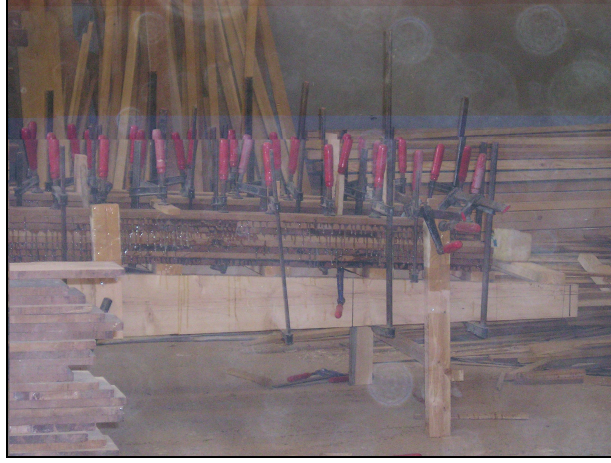


Şekil 4.2 Omurga laminasyonun yapıştırılması



Şekil 4.3 Omurga laminasyonundaki hatalar

Bazı lamine edilecek parçalar yerde bloklama yöntemiyle halledilemeyecek kadar geniştirler. Bu gibi durumlarda basit kalıp üretilir. Birinci katman bu kalıp üzerine çivilenerek veya zımbalanarak laminasyon işlemine başlanır ve diğer katmanlar zımbalanarak devam edilir. Burada laminasyon için kullanılacak olan şerit tahtaların genişliğini tayin etmede yüzey eğriliğine dikkat edilmelidir. Bu laminasyon yönteminde de gerekli olduğu yerlerde işkenceler kullanılmalıdır.



Şekil 4.4 Kemere laminasyonu

Şekil 4.4’de kemerenin yerde bloklama işlemi görülmektedir.

4.3 FİLLETLERLE BAĞLAMA

Fillet çok yönlü ağaç bağlama yöntemlerinden biridir. Özellikle birbirine dik açıda olan parçalarda çok kullanılır. Fillet açısız olarak birleşmiş parçalar arasının bağlanmasıdır. Bu birleşme yüzey alanını ve yapısal dayanımı arttırmaktadır. Şekil 4.5’de posta ile dış kaplama arasındaki fillet görülmektedir.



Şekil 4.5 Posta dip kaplama fillet

Bununla birlikte filletleme için bazı sınırlamalar vardır. Ucuca biten parçalarda fillet yapılmaz ve en iyi sonuç dik birleşen parçalarda alınır. Birleştirilecek parçalar kalınlaştıkça fillet boyutu da artmaktadır.

Fillet özellikle parçalar zor açılarda birleştiğinde etkilidir. İyi bir örnek baş perde ile gövdenin çeşitli açılarda birleştiği yerler gösterilebilir. Filletler yapısal elemanların

birleştirilmesinde kullanıldığı gibi diğer iç elemanlarda da (kabin, ranza, perdeler, koltuklar, ve döşekler gibi) kullanılması üretimi kolaylaştırmaktadır.

Genellikle fillet, bağlantıları güçlendirmek için kullanılır. Fillet birleşen iki parça arasındaki bağlama alanını arttırmanın en basit ve hızlı yöntemidir. Daha kalın stringer veya güverte kemeresi kullanmak ihtiyaç olan bağlama alanını arttırmak için bir alternatif olabilir fakat fillet problemi daha az ağırlıkla çözmektedir.

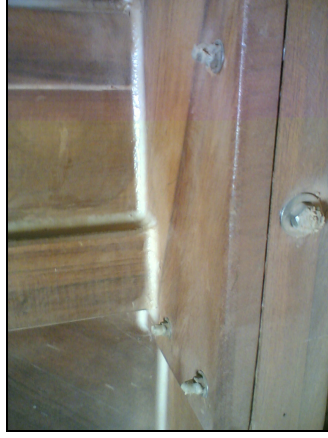
Şekil 4.6’da posta ile omurga arasındaki fillet görülmektedir.



Şekil 4.6 Posta omurga filleti

Fillet karışımı hazırlamak için reçine ve çeşitli dolgu malzemelerini kullanılır. Asıl nokta en iyi bağlamayı en az ağırlıkta yani mümkün olduğu kadar az yoğunluktaki materyali kullanarak yapmaktır. Aynı zamanda bağlantı yeterli dayanıma sahip olmalıdır ki böylelikle herhangi bir kırılma filletta değil ahşabın kendisinde meydana gelecektir.

Bir çok durum için yüksek yoğunluklu filleta ihtiyaç duyulmamaktadır. Çünkü bunun fiziksel özellikleri ahşap gözeneklerinin fiziksel özelliklerinin çok üzerindedir. Şekil 14 birçok kalınlıktaki kontrplak, dolgu malzemesi ve fillet ölçüsü için yapılan test sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlar sadece belirli kontrplaklarda uygulanmıştır ve diğer ağaç çeşitleri için farklılık gösterebilir. Çeşitliliğin fazla olmasından dolayı fillet ve fillet boyutu önermek zordur. Posta ile dış kaplama arasındaki fillet Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7 Posta borda kaplama fillet

Eğer kırılma fillet içinde olmaz da tahta üzerinde gerçekleşiyorsa gerekli materyal dayanımı sağlanmış demektir. Fakat kırılma fillet üzerinde ise yeni bir örnek ve daha büyük bir fillet ile denemek gerekir.

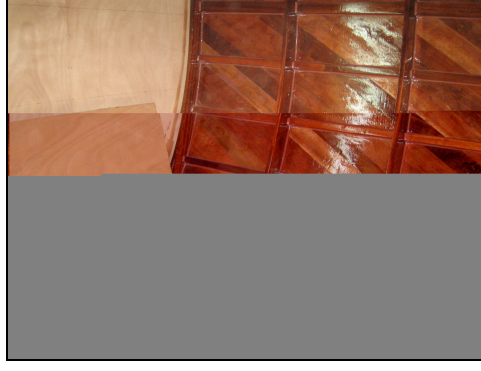
Şekil 4.8 ila 4.10 arasında dış kaplamanın laminasyonuna ait detaylar görülmektedir.



Şekil 4.8 Kıç ayna dış kaplama laminasyonu



Şekil 4.9 Dış kaplama laminasyonu



Şekil 4.10 Dış kaplamanın bitmiş görünümü

Şekil 4.11’de baş çatışma perdesine ait konstrüksiyon detayı görülmektedir.



Şekil 4.11 Baş çatışma perdesinin konstrüksiyonu

5 UYGULAMA: AHŞAP LAMİNE BİR TEKNENİN MODELLENMESİ

Bu bölümde 18,5 m. bir teknenin modeli hazırlanıp klasik yöntemlerden farklı olarak yapısal boyutlandırılması yapılmıştır.

5.1 TEKNENİN MAXSURF PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Tezimizde kullanılacak olan tekne tipi olarak balta başlı, balıkçı (trawler) tipi, deplasman teknesi seçilmiştir. Tekne modellenmesinde Maxsurf programı kullanılmıştır. Modellenen teknenin Endaze Planı Ek 1'deki gibi olup ana değerleri Çizelge 5.1'deki gibidir.

Çizelge 5.1: Teknenin Ana Boyutları

Deplasman (kg)	28159
Draft (m)	1,584
Tam Boyu (m)	18,313
Su Hattı Boyu (m)	16,802
Su Hattı Geniş	

Çizelge 5.2 Ofset Tablosu

Su Hattı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WL 750	----	1301	1792	2057	2222	2335	2418	2480	2528	2564
WL 500	----	714	1525	1875	2091	2236	2339	2416	2473	2516
WL 250	----	----	1095	1599	1896	2090	2225	2321	2392	2444
DWL	----	----	36	1004	1506	1813	2013	2150	2246	2314
WL -250	----	----	----	218	543	996	1392	1668	1851	1971
WL -500	----	----	----	103	166	261	414	621	831	1002
WL -750	----	----	----	90	107	134	169	213	261	306
WL -1000	----	----	----	90	93	103	116	131	146	159
WL -1250	----	----	----	----	91	94	99	104	109	112
WL -1500	----	----	----	----	90	90	90	----	----	----

Su Hattı	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
WL 750	2591	2609	2620	2624	2621	2610	2591	2563	2526	2478
WL 500	2547	2569	2581	2586	2581	2568	2546	2515	2472	2417
WL 250	2481	2507	2522	2527	2522	2506	2480	2444	2394	2330
DWL	2362	2393	2411	2417	2410	2392	2360	2315	2254	2174
WL -250	2049	2099	2125	2133	2122	2095	2049	1985	1899	1787
WL -500	1127	1213	1266	1290	1288	1263	1217	1152	1070	971
WL -750	341	368	388	400	406	405	400	390	377	363
WL -1000	169	177	184	189	193	195	195	194	191	186
WL -1250	115	116	115	113	110	104	97	----	----	----
WL -1500	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Su Hattı	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
WL 750	2417	2337	2233	2096	1919	1698	1421	1071	670	311	67
WL 500	2347	2255	2133	1974	1770	1519	1210	845	494	231	56
WL 250	2246	2135	1987	1794	1550	1262	935	617	360	174	49
DWL	2067	1923	1732	1490	1209	924	656	433	260	127	45
WL -250	1644	1463	1245	1005	775	585	430	295	178	89	----
WL -500	857	732	609	507	431	360	276	189	115	62	----
WL -750	346	329	311	289	259	214	160	110	71	----	----
WL -1000	180	171	158	142	122	96	----	----	----	----	----
WL -1250	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
WL -1500	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

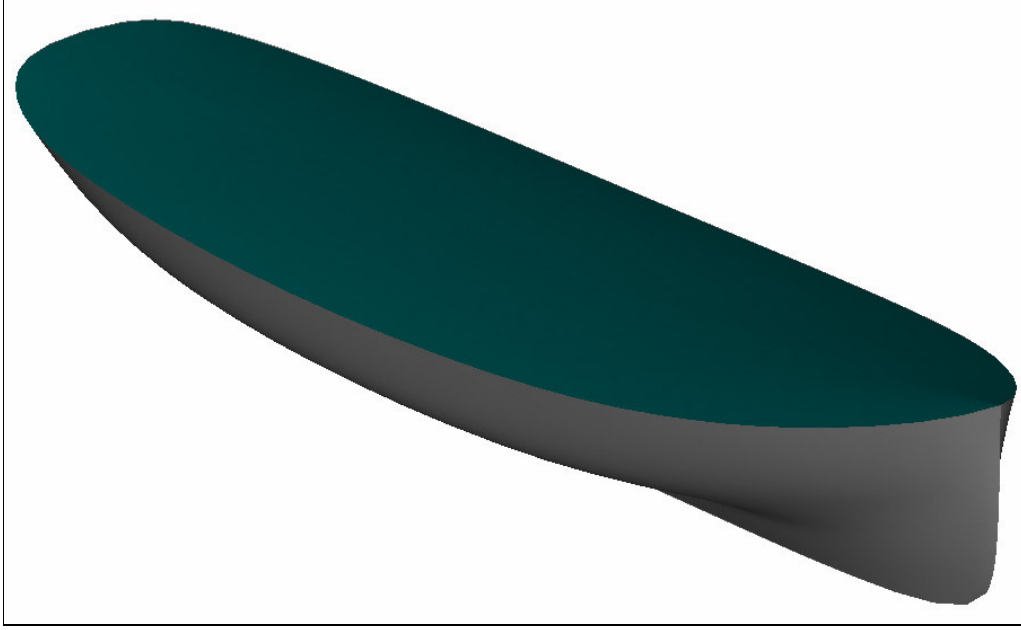
Çizelge 5.2’de tekneye ait ofset tablosu görülmektedir.

Maxsurf’te modellenen tekne daha sonra hidrostatik değerlerinin hesaplanması için Hydromax Pro programında açılmış ve Ek2’deki hidrostatik değerler elde edilmiştir.

Teknemizin konstrüksiyonu diğer teknelerden farklılık göstermektedir. Klasik tekne konstrüksiyonlarında postalar omurgadan kemereye kadar uzanıyorken modellediğimiz teknede ise postalar sintine stringerine kadar devam etmektedir. Bununla ilgili detay ve

eleman boyutları Ek3’de gösterilmiştir.

Şekil 5.1’de Maxsurf programında modellenmiş teknenin yüzeyinin kaplanmış hali görülmektedir. Bu görüntüden yüzeyinin düzgünlüğü incelenmekte ve gerekli noktalara müdahale edilmektedir.



Şekil 5.1 Modelin render edilmiş hali

6 ANALİZ VE SONUÇLARI

Bu bölümde modelimizin ANSYS programında yapılmış olan analiz sonuçları yer almaktadır. Tekne konstrüksiyon malzemesi olarak maun ağacı kullanılmıştır. Maunun mekanik dayanımı Çizelge 6.1’de görülmektedir.

Çizelge 6.1 Maunun Mekanik Özellikleri

Ticari Adı	Tam Kuru Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	Radial Yönde Daralma (%)	Teğet Yönde Daralma (%)	Hacmen Daralma (%)	Basınç Direnci (Paralel Yönde) (Kp/cm ²)
Maun	0,41-0,55-0,90	3,0-3,3	4,2-5,1	7,5-8,6	290-500-730

Ticari Adı	Çekme Direnci (Paralel Yönde) (Kp/cm ²)	Eğilme Direnci (Kp/cm ²)	Elastikiyet Modülü (1000) (Kp/cm ²)	Makaslama Direnci (Kp/cm ²)	Dinamik Eğilme (Kpm/cm ²)
Maun	-	650-850-1300	75-95	90-108	0,53

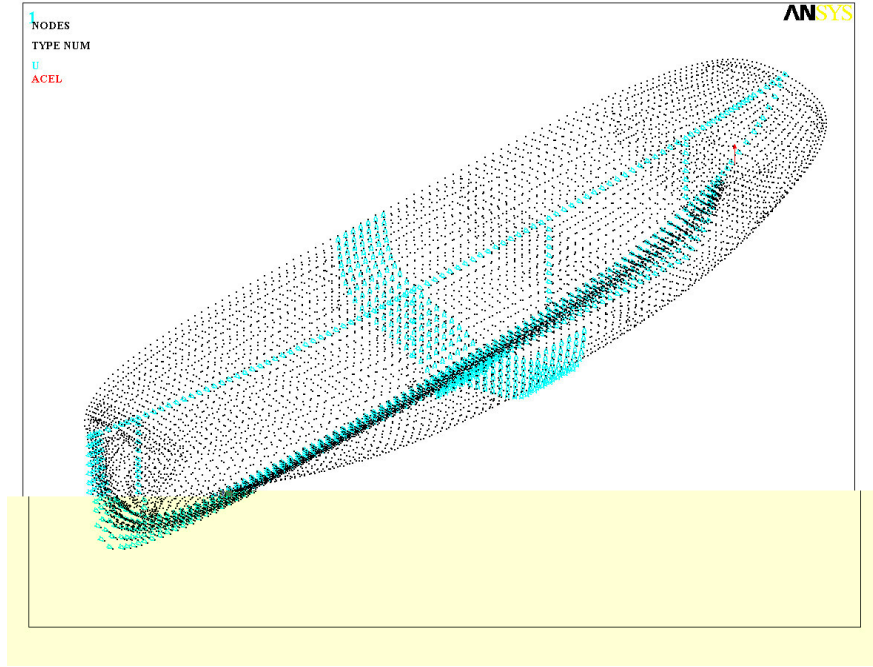
6.1 UYGULANAN YÜKLER

Bu bölümde tekne üzerine gelen yükler ele alınmıştır. Bunların bir kısmı tekne konstrüksiyonundan kaynaklanan yükler olup diğer kısmı ise ekipman ve donanım ağırlıklarıdır. Bu ağırlıkların dağılımı tekne modelinde kullanılmış olan alanların yoğunluklarının değiştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu yoğunluk değişikliği tekne üzerinde farklı bölgelerde farklı yoğunluklar kullanılarak yapılmıştır.

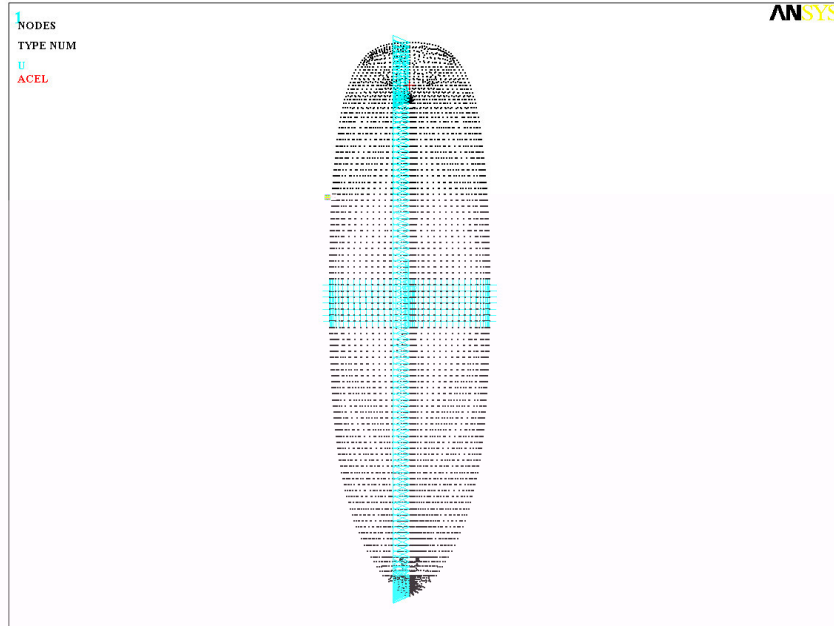
6.2 ANALİZ KOŞULLARI

Teknenin analiz koşulları olarak 3 tip seçilmiştir. Bunların birincisi dalga tepesi, ikincisi dalga çukuru ve üçüncü olarak ise su basıncının uygulanmasıdır.

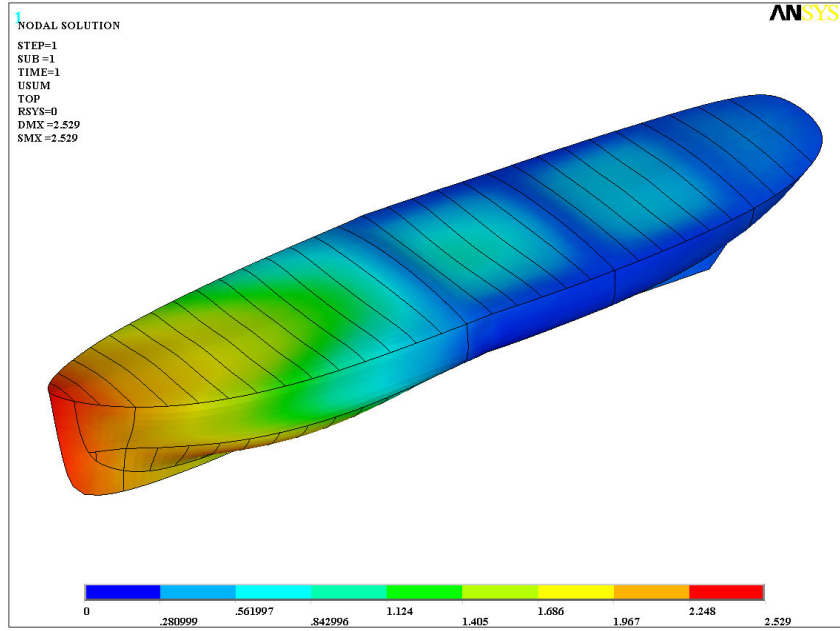
Şekil 6.1 ila 6.10 arasında dalga tepesinde, Şekil 6.11 ila 6.22’de ise dalga çukurunda kalmış bir teknenin sınır koşulları ve analiz sonuçları gösterilmektedir. Gerekli olduğu düşünülen noktalarda gerilme, deformasyon değerleri şekil üzerinde verilmiştir.



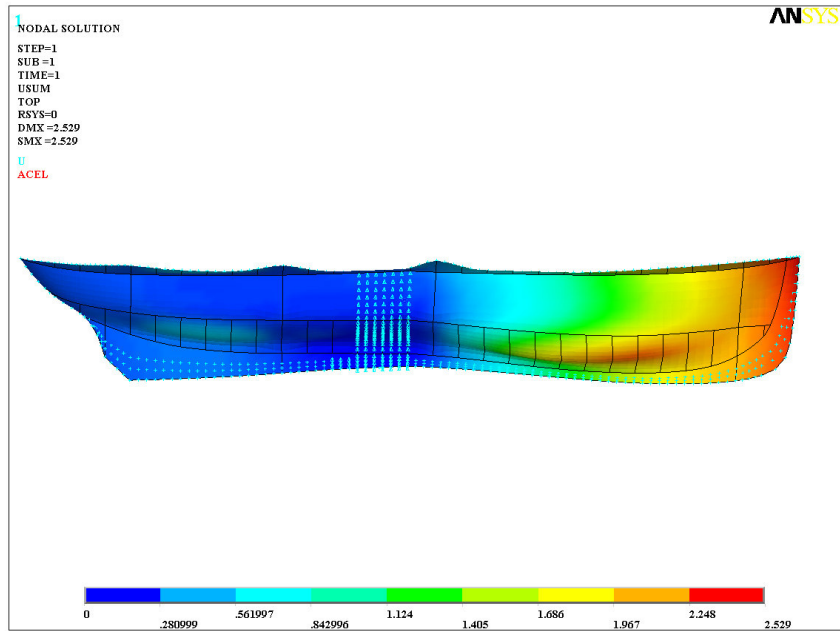
Şekil 6.1 Dalga tepesi için sınır koşulları



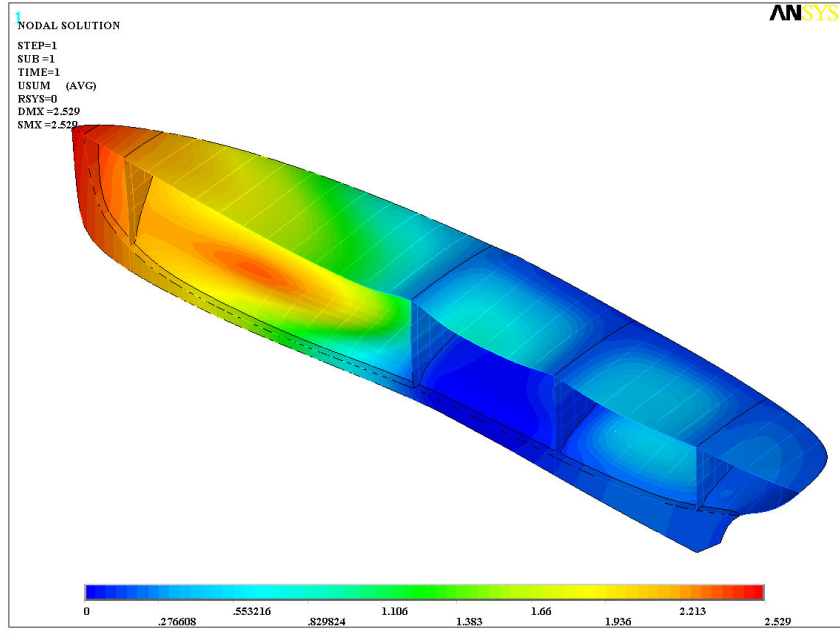
Şekil 6.2 Dalga tepesi için sınır koşulları



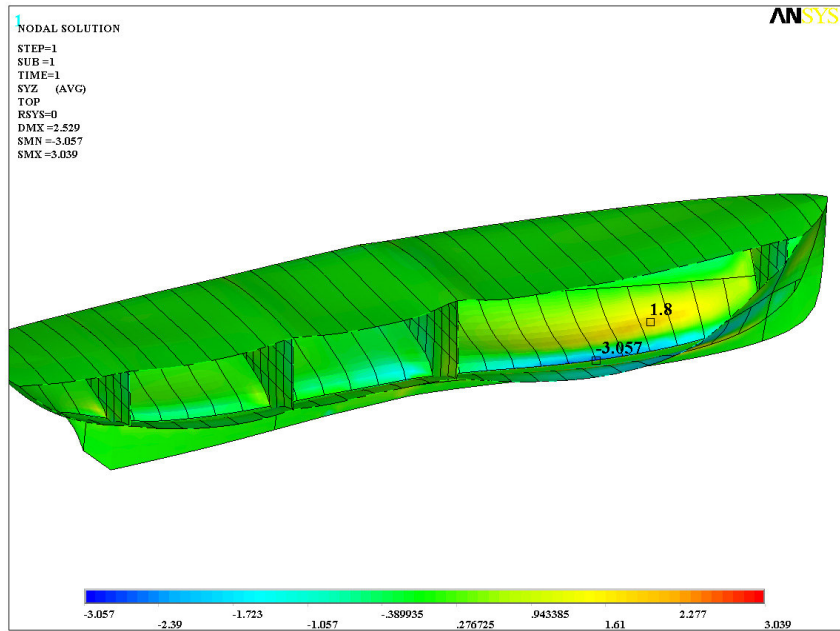
Şekil 6.3 Dalga tepesi için deformasyon



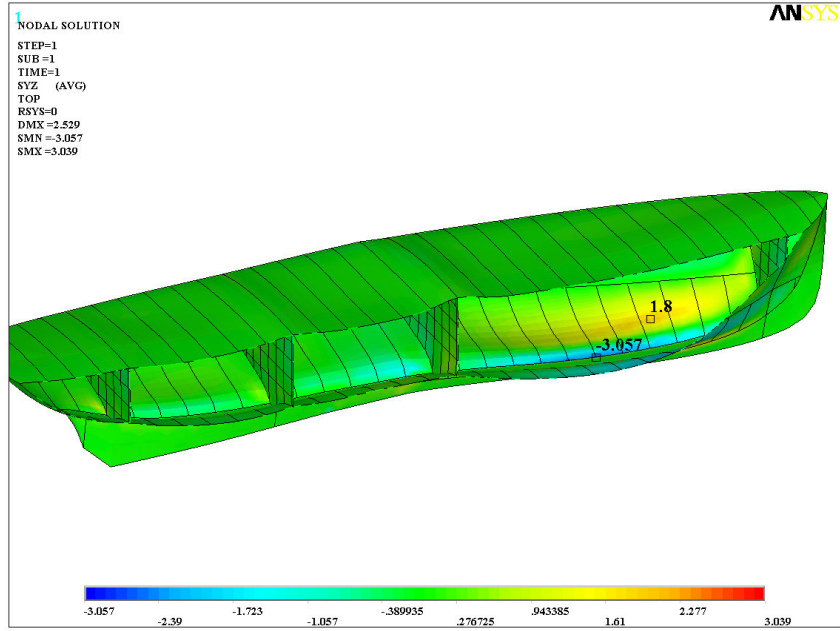
Şekil 6.4 Dalga tepesi için deformasyon



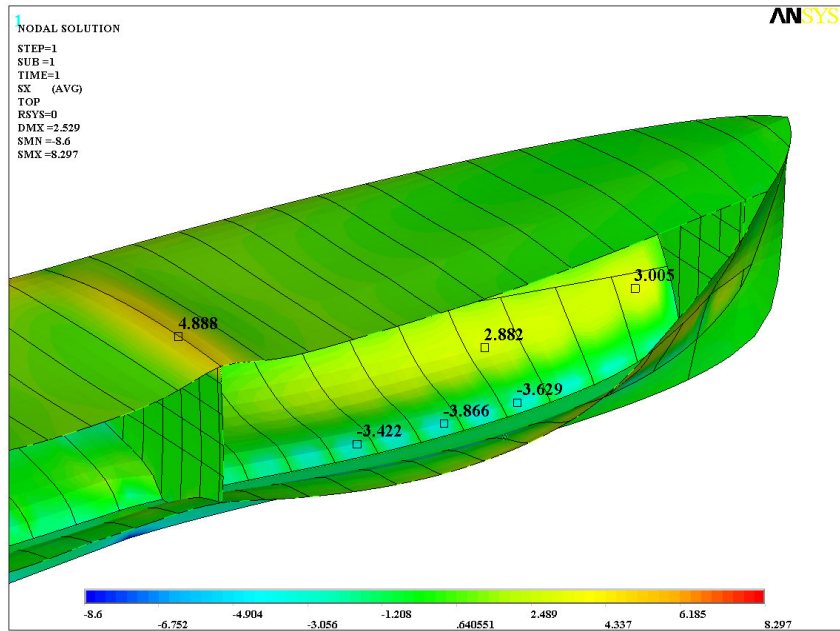
Şekil 6.5 Dalga tepesi için deformasyon



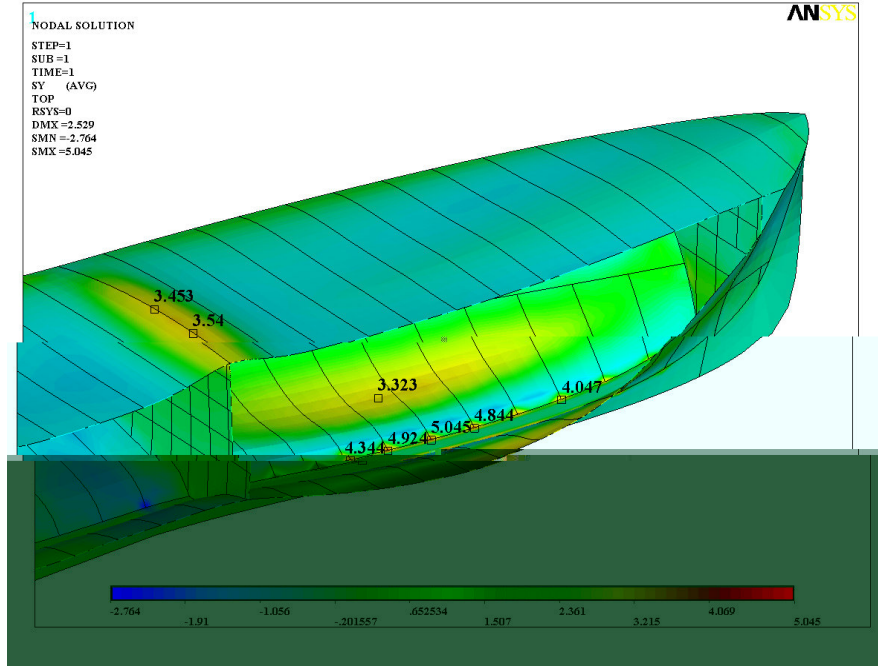
Şekil 6.6 Dalga tepesi için yz yönünde kayma gerilmesi



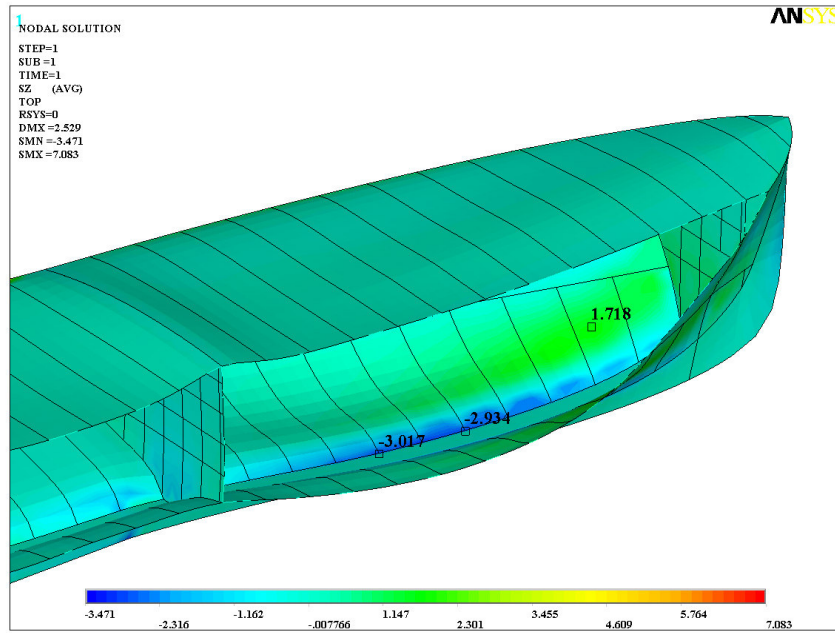
Şekil 6.7 Dalga tepesi için yz yönünde kayma gerilmesi



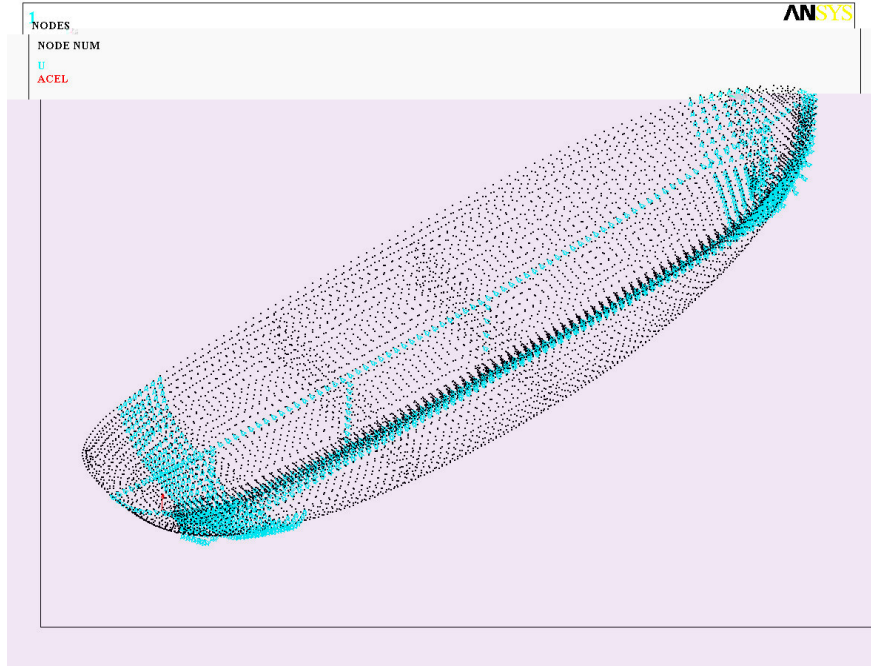
Şekil 6.8 Dalga tepesi için x yönünde normal gerilme



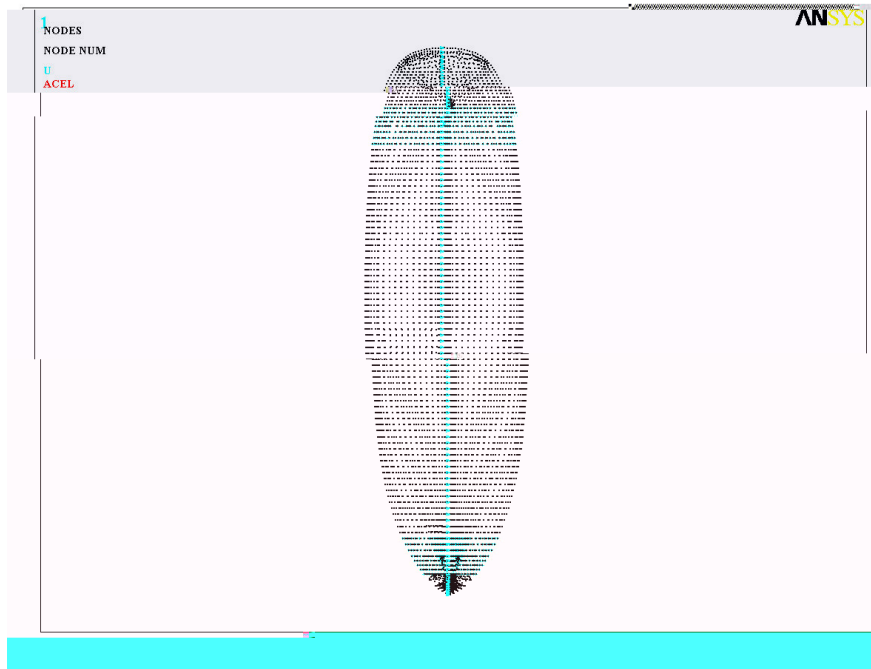
Şekil 6.9 Dalga tepesi için y yönünde normal gerilme



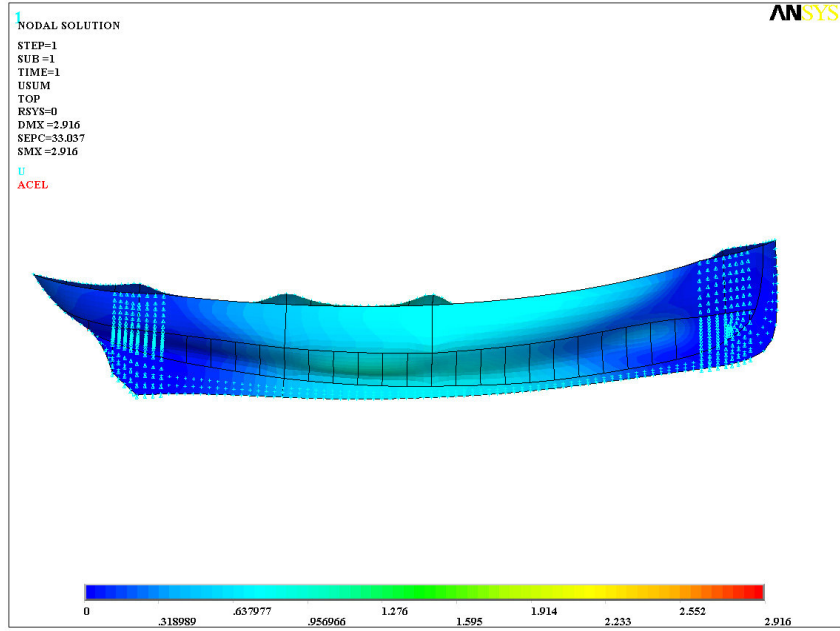
Şekil 6.10 Dalga tepesi için z yönünde normal gerilme



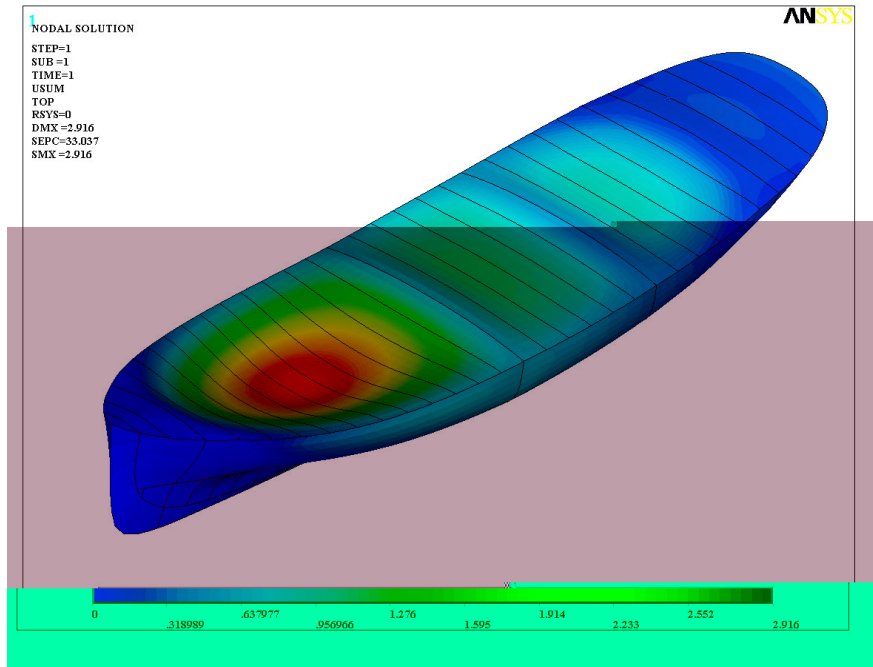
Şekil 6.11 Dalga çukuru için sınır koşulları



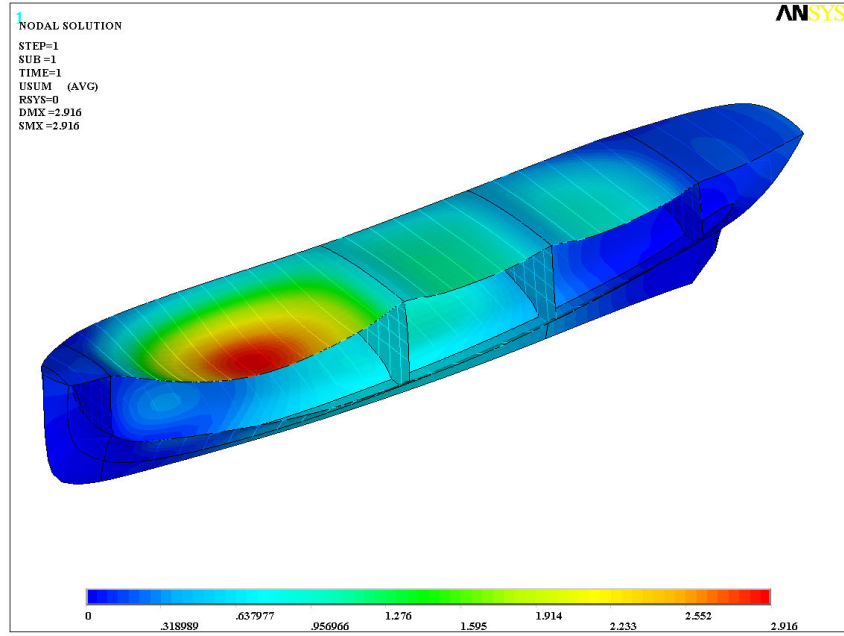
Şekil 6.12 Dalga çukuru için sınır koşulları



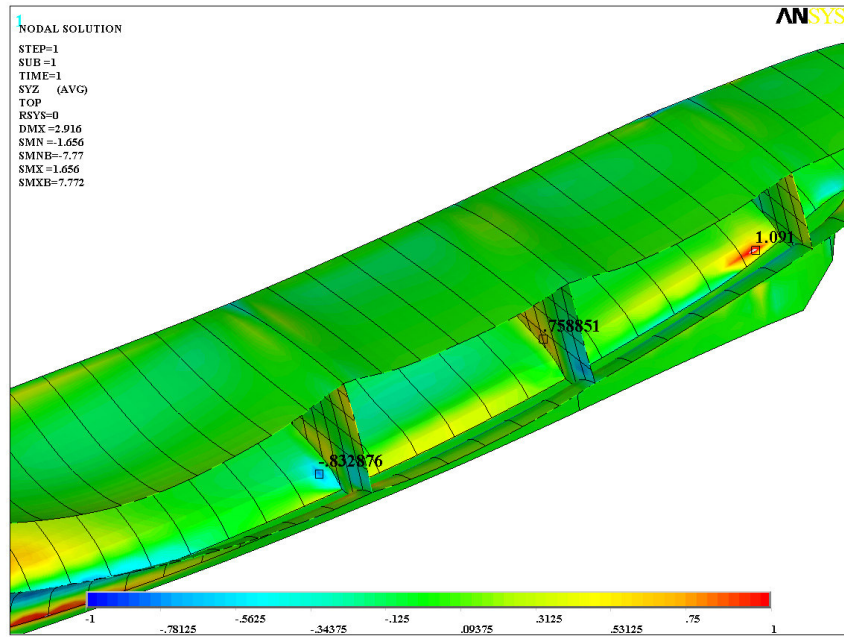
Şekil 6.13 Dalga çukuru için deformasyon



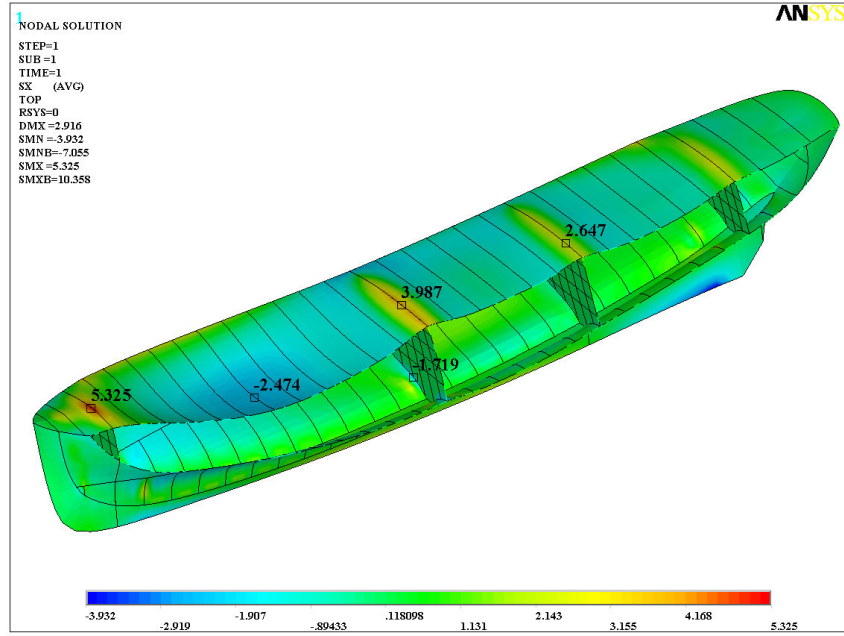
Şekil 6.14 Dalga çukuru için deformasyon



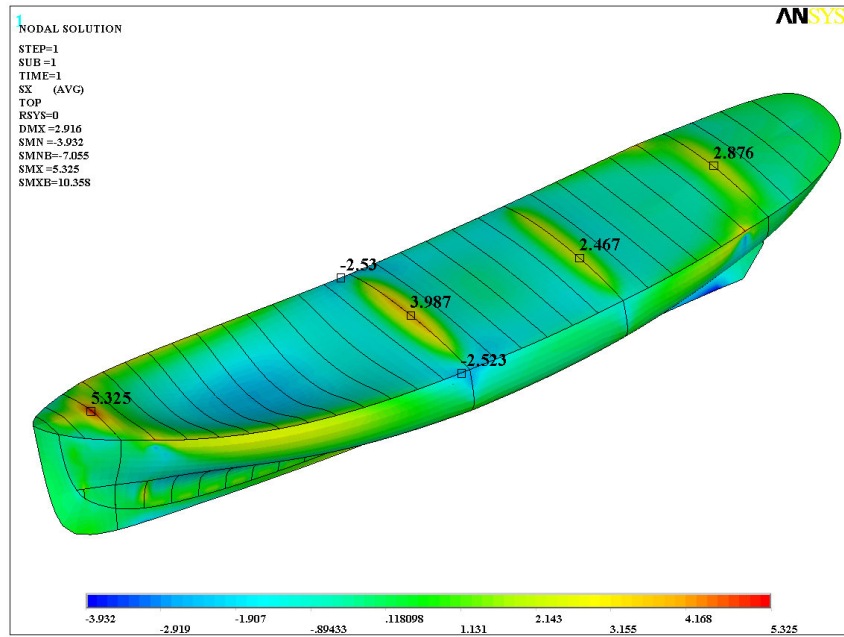
Şekil 6.14 Dalga çukuru için deformasyon



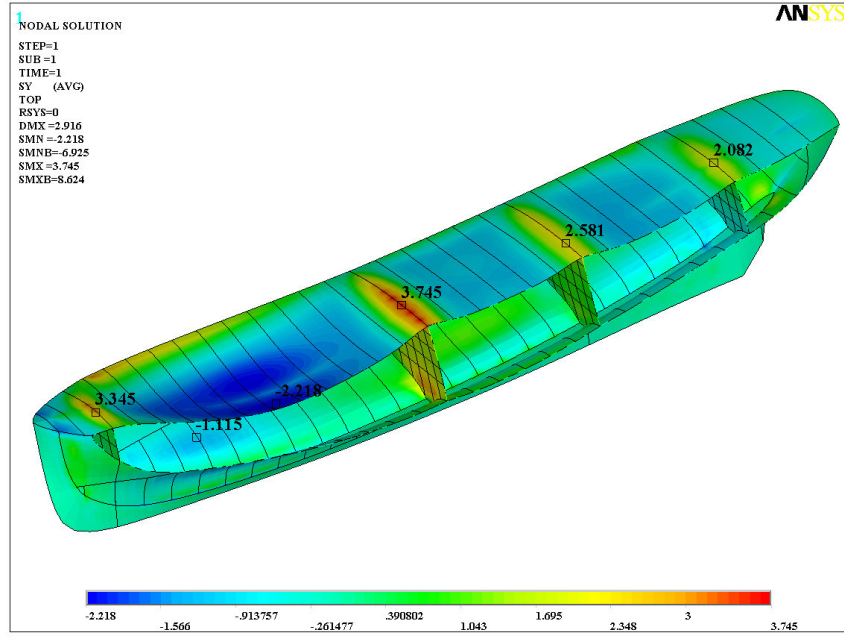
Şekil 6.15 Dalga çukuru için yz kayma gerilmesi



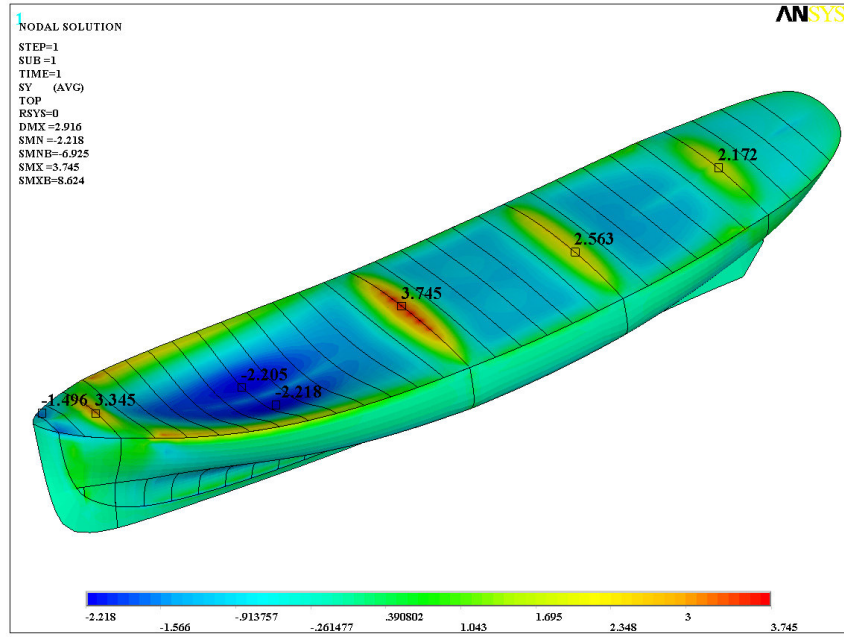
Şekil 6.16 Dalga çukuru için x yönünde normal gerilme



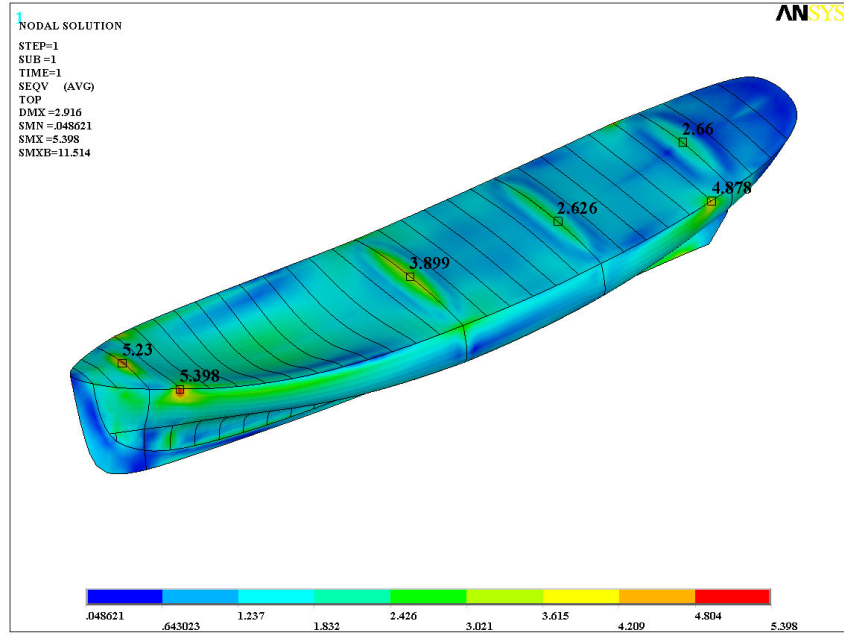
Şekil 6.17 Dalga çukuru için x yönünde normal gerilme



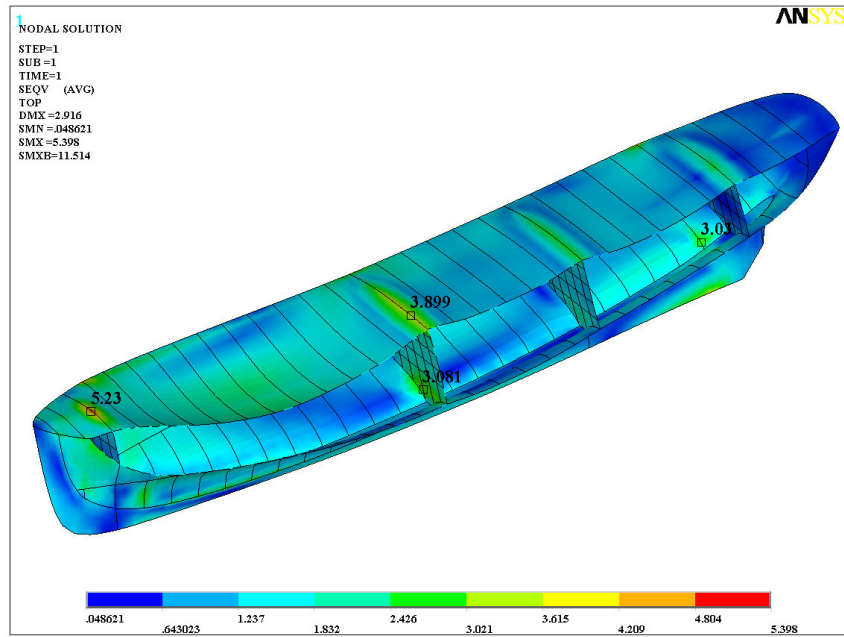
Şekil 6.18 Dalga çukuru için y yönünde normal gerilme



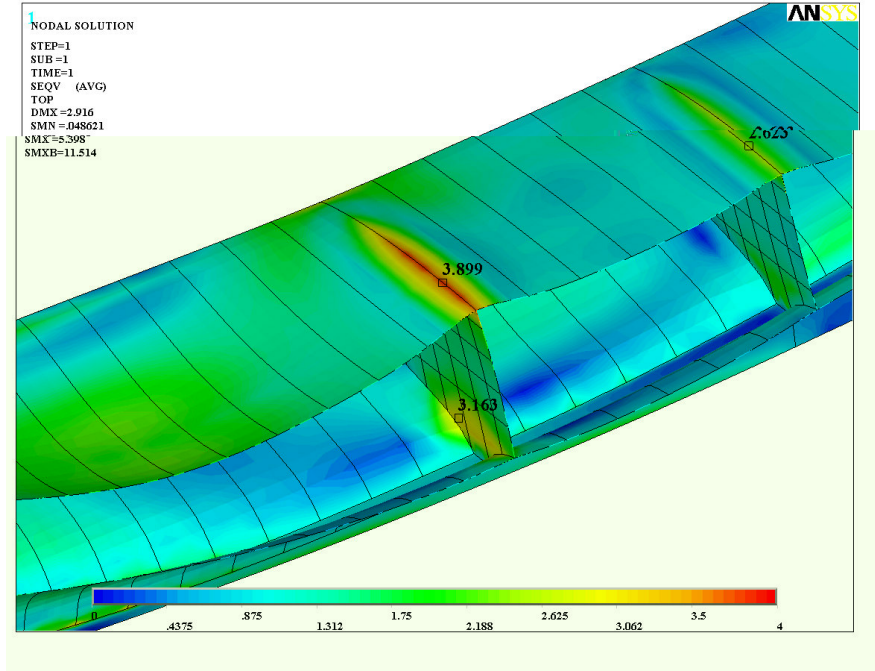
Şekil 6.19 Dalga çukuru için y yönünde normal gerilme



Şekil 6.20 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi

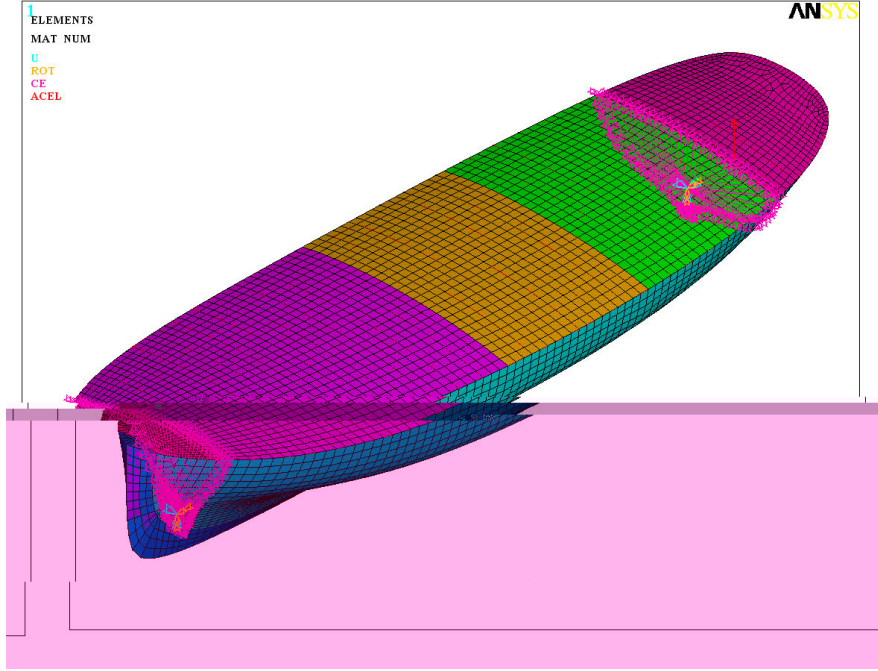


Şekil 6.21 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi

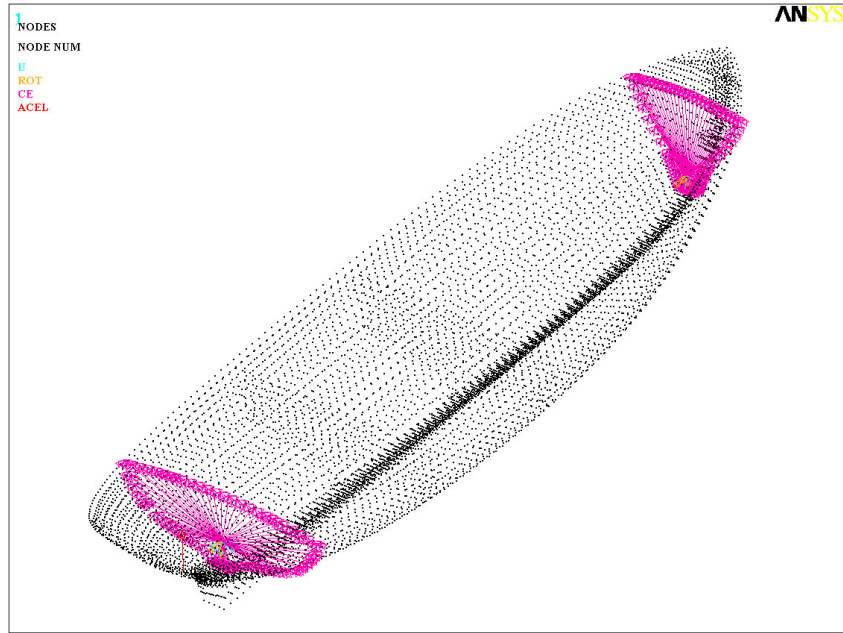


Şekil 6.22 Dalga çukuru için Von Misses gerilmesi

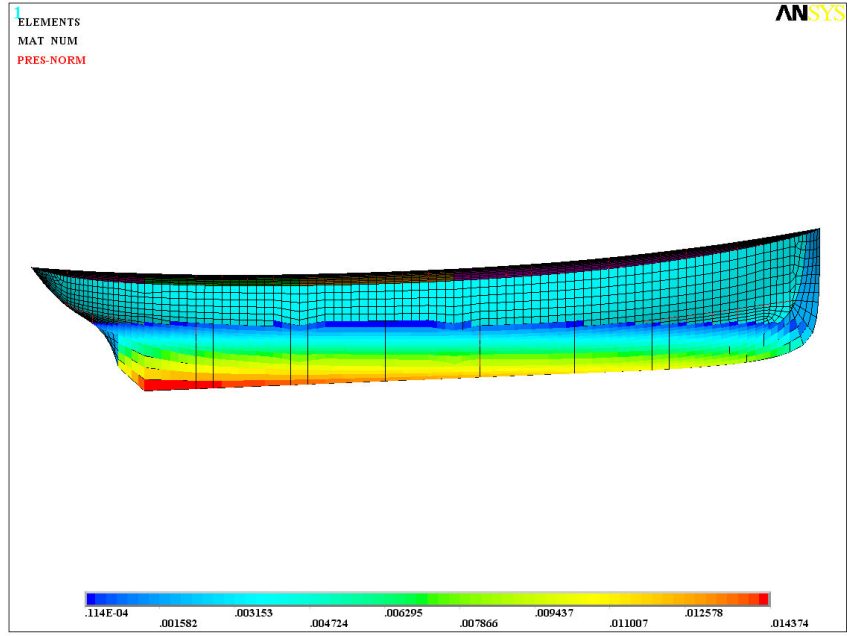
Aşağıdaki analiz tipinde elastisite modülü olarak 75, 85 ve 95 MPa olarak seçilmiş ve tekneye hidrostatik basınç uygulanmıştır. Şekil 6.23 ila 6.26 arasında su basıncının dağılımı görülmektedir. Şekil 6.27 ila 6.37 arasında elastisite modülü 75 MPa olan, Şekil 38 ila 48 arasında elastisite modülü 85 MPa ve Şekil 49 ila 57 arasında elastisite modülü 95 MPa olarak alınmış teknelerin analiz sonuçları görülmektedir. Şekillerde bazı noktalar için değerler üzerinde verilmiştir.



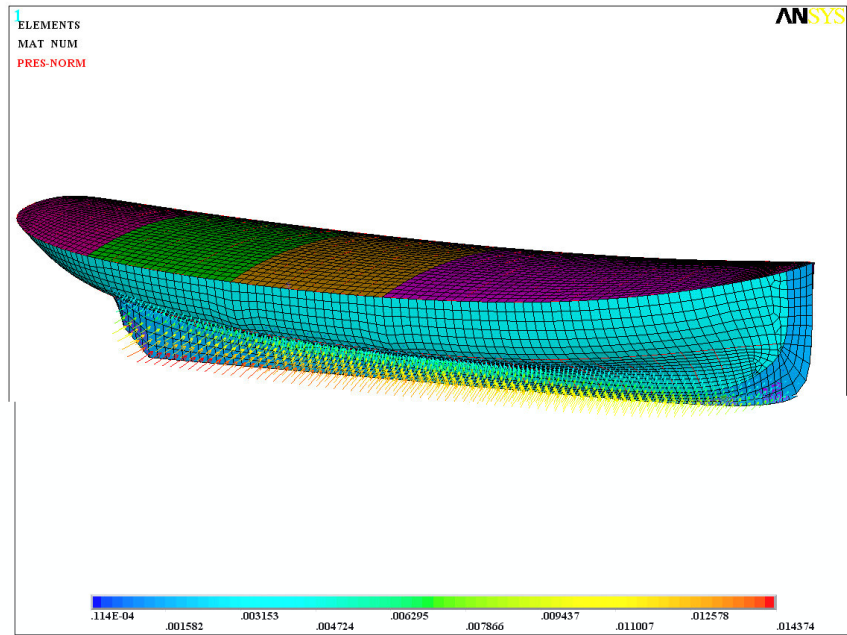
Şekil 6.23 Sınır koşulları



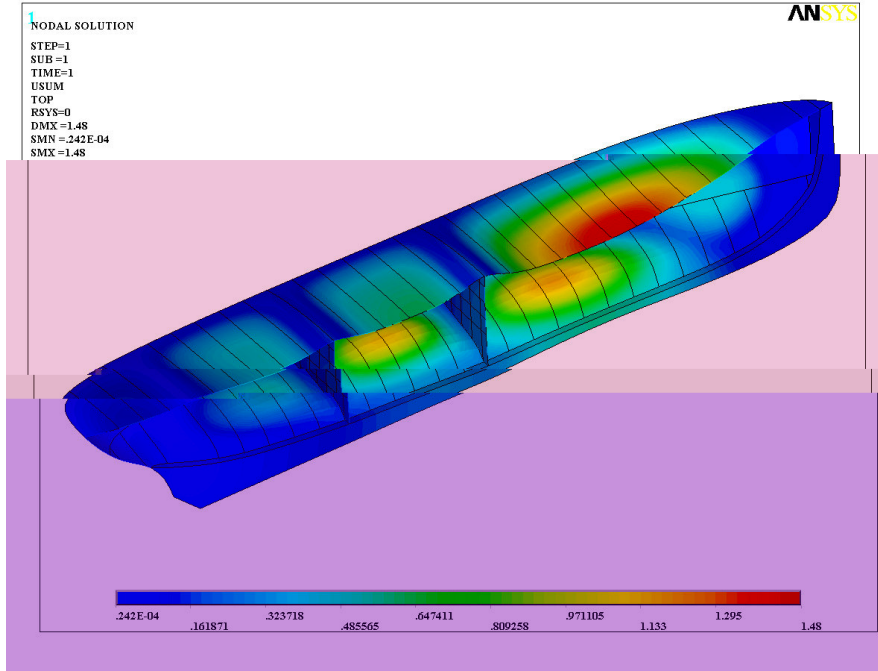
Şekil 6.24 Sınır koşulları



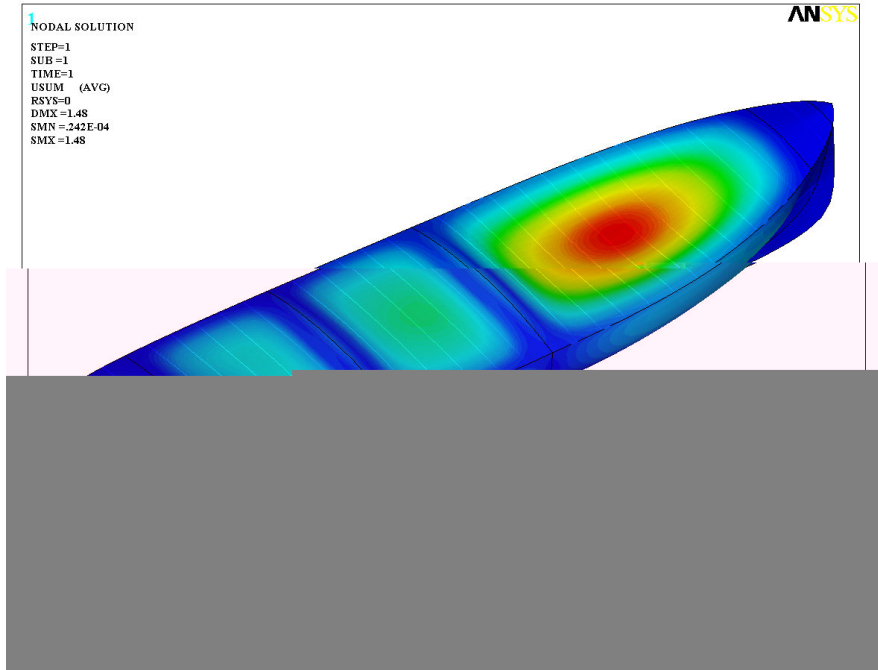
Şekil 6.25 Su basınç dağılımı



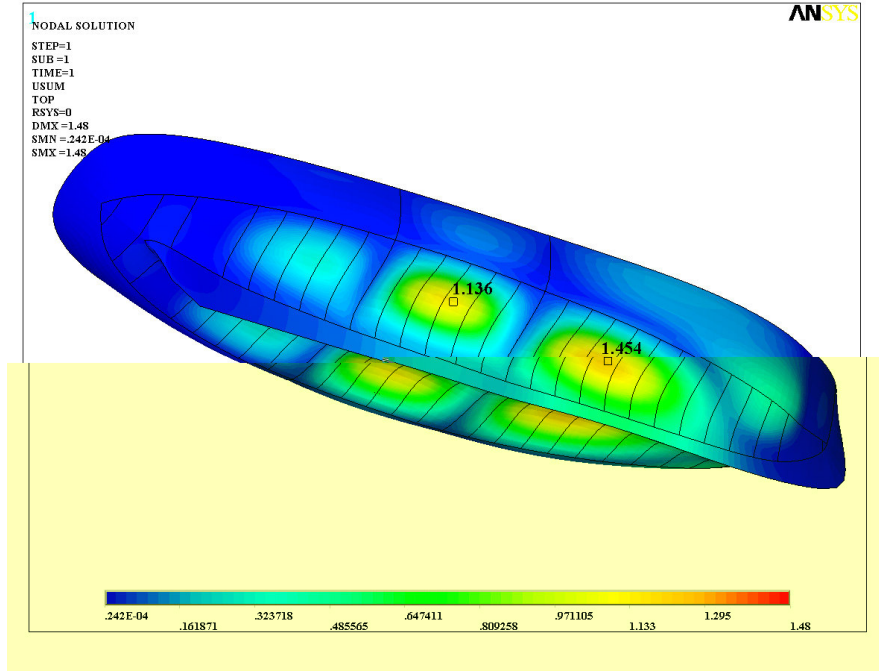
Şekil 6.26 Su basınç dağılımı



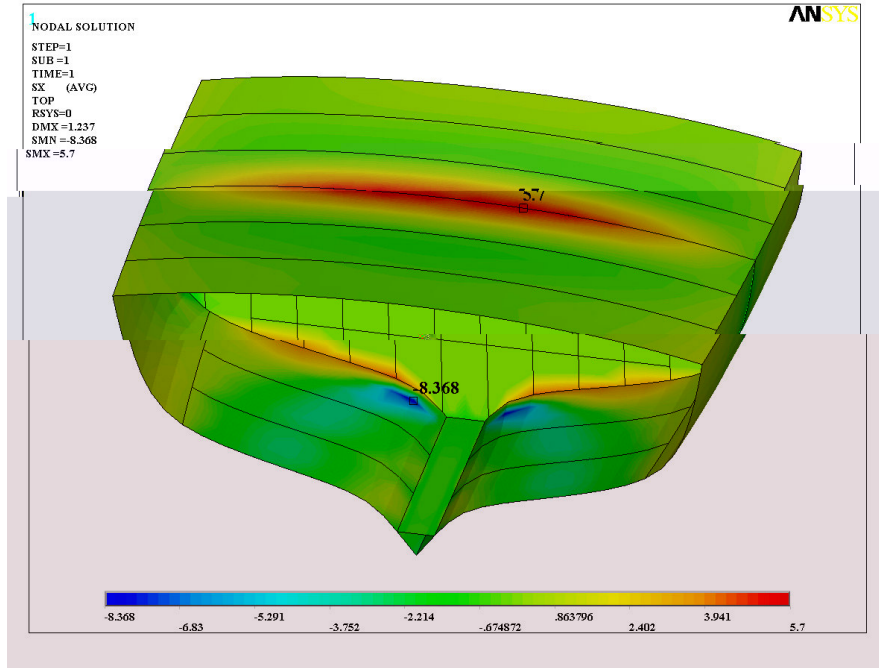
Şekil 6.27 Deformasyon



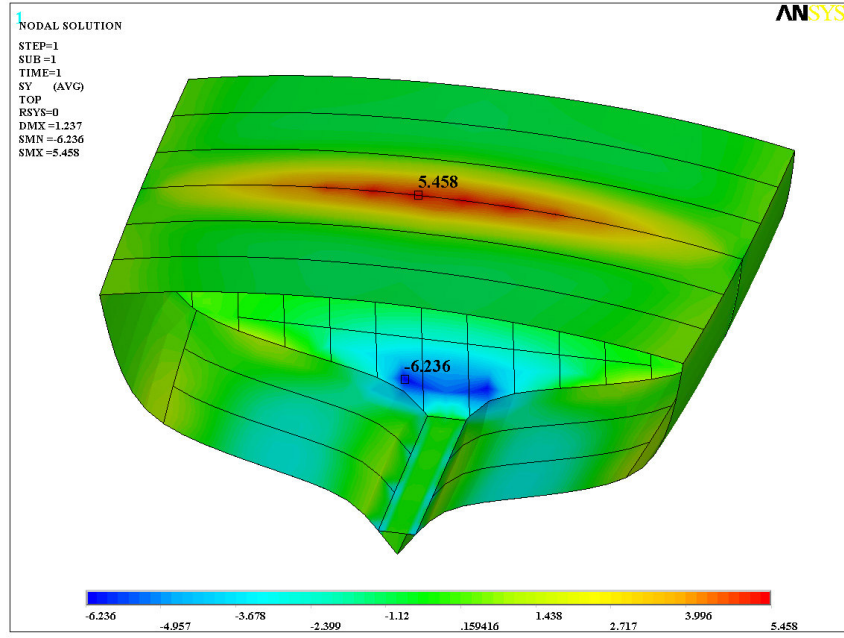
Şekil 6.28 Deformasyon



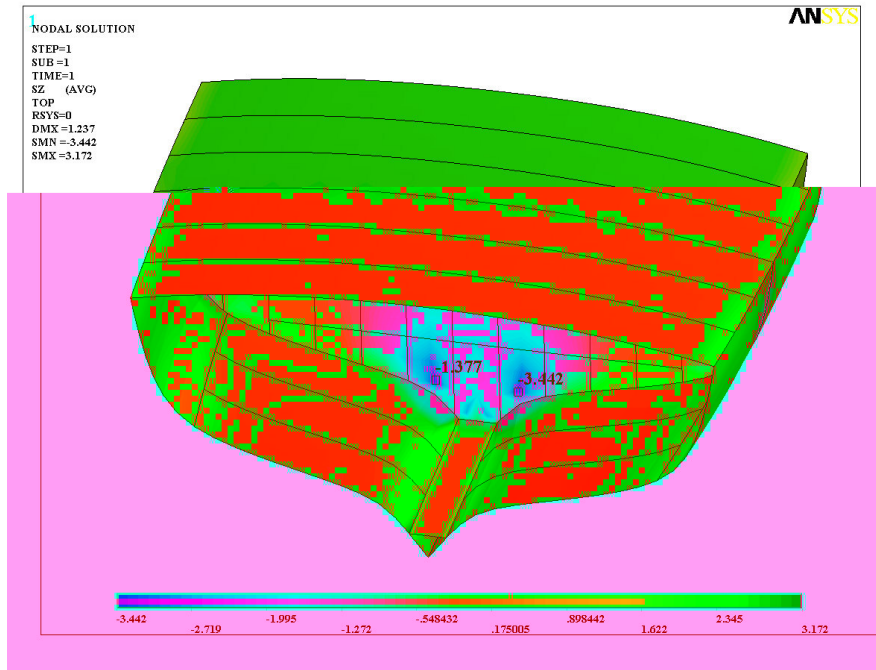
Şekil 6.29 Deformasyon



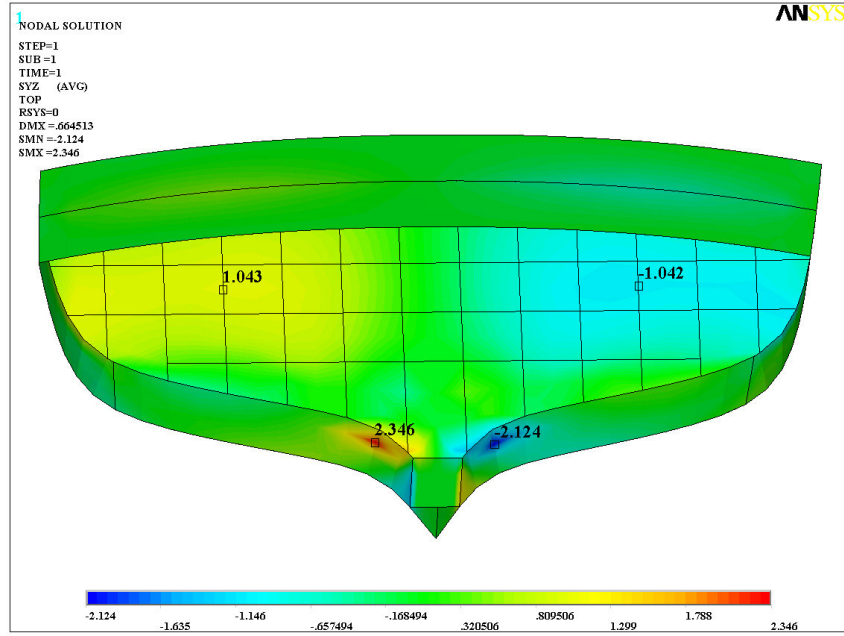
Şekil 6.30 x yönünde normal gerilme



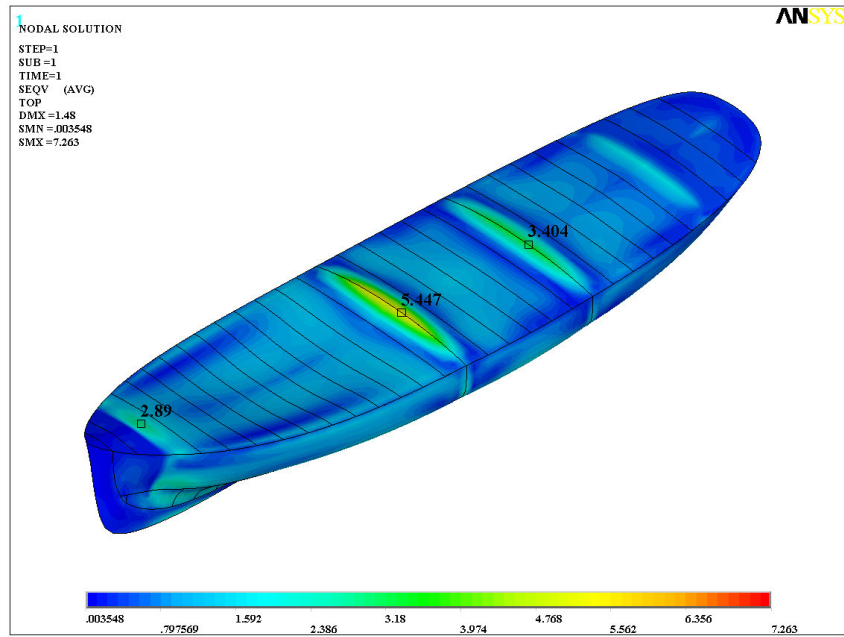
Şekil 6.31 y yönünde normal gerilme



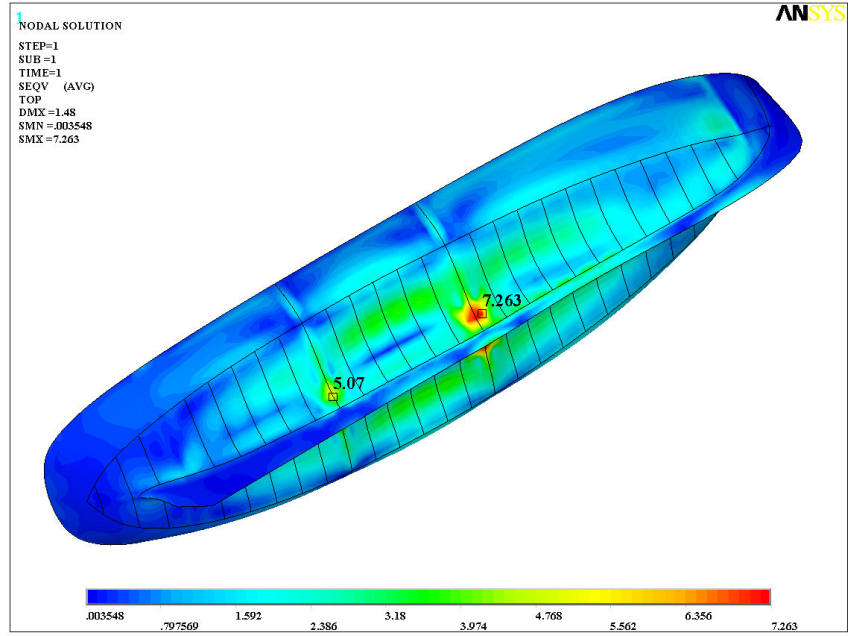
Şekil 6.32 z yönünde normal gerilme



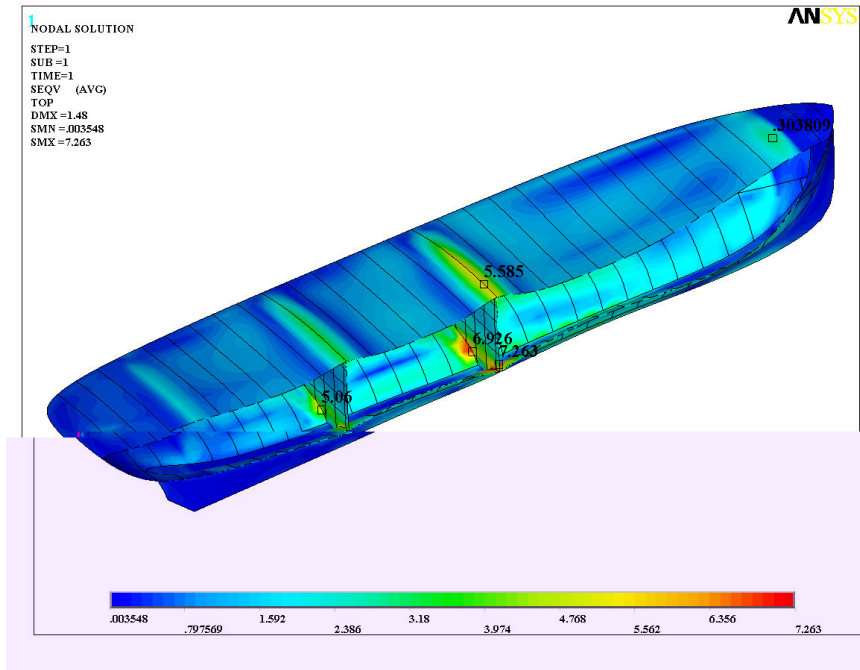
Şekil 6.33 yz kayma gerilmesi



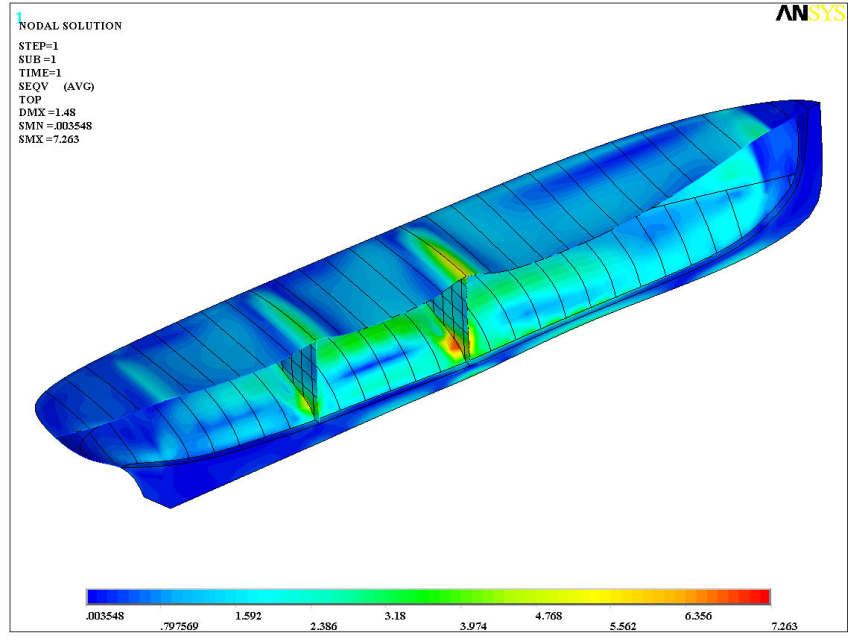
Şekil 6.34 Von Misses gerilmesi



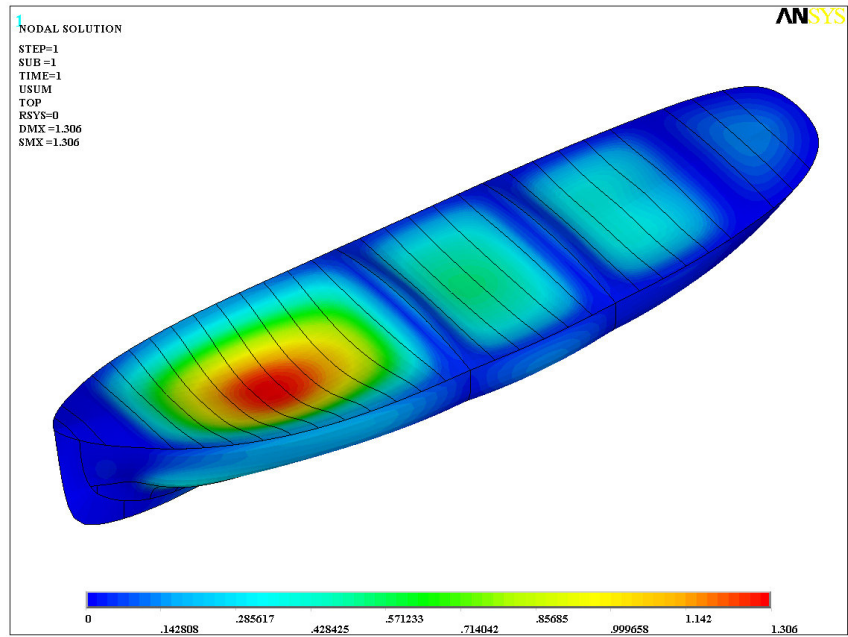
Şekil 6.35 Von Misses gerilmesi



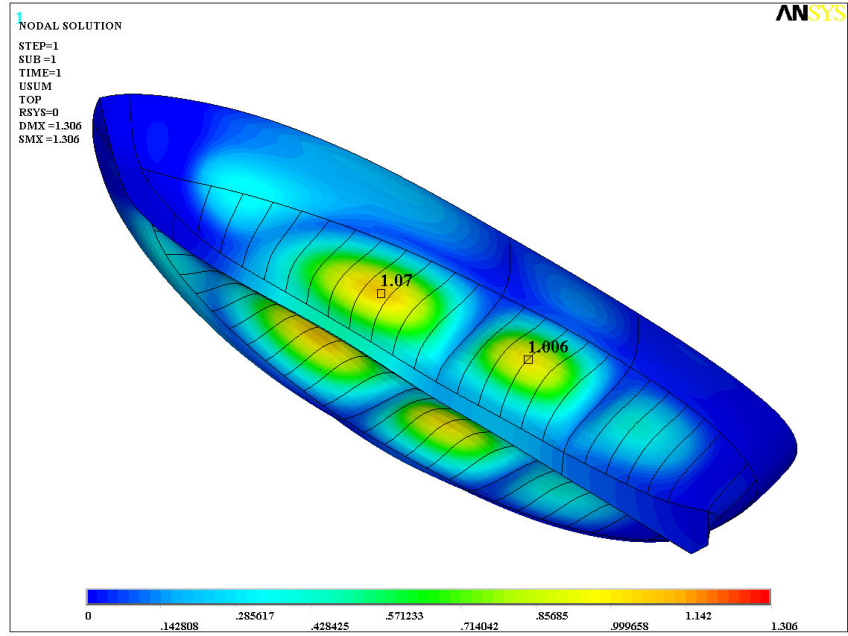
Şekil 6.36 Von Misses gerilmesi



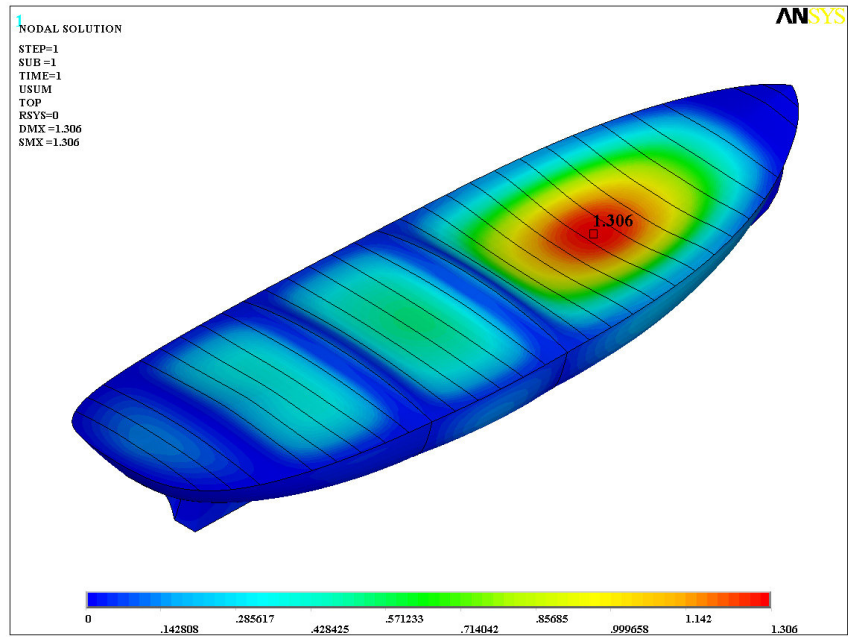
Şekil 6.37 Von Misses gerilmesi



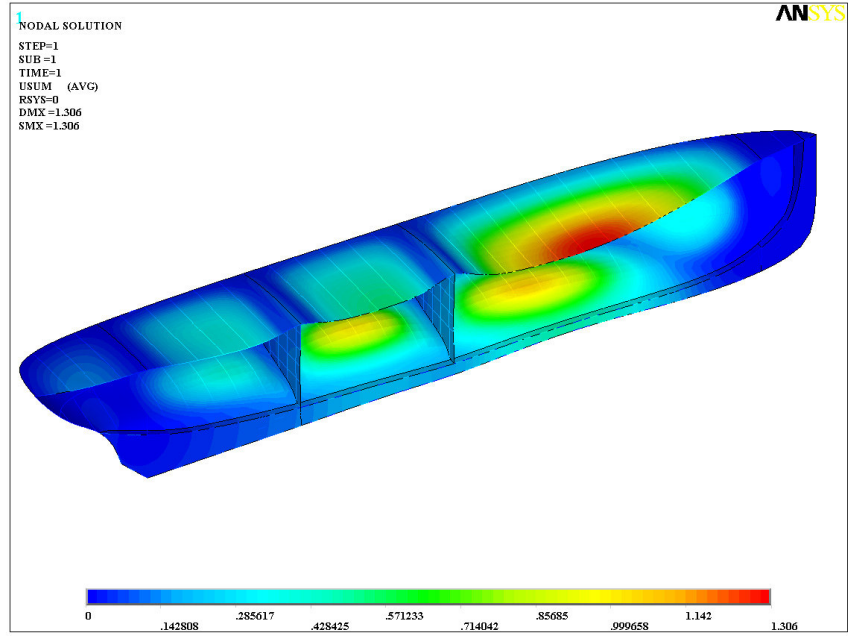
Şekil 6.38 Deformasyon



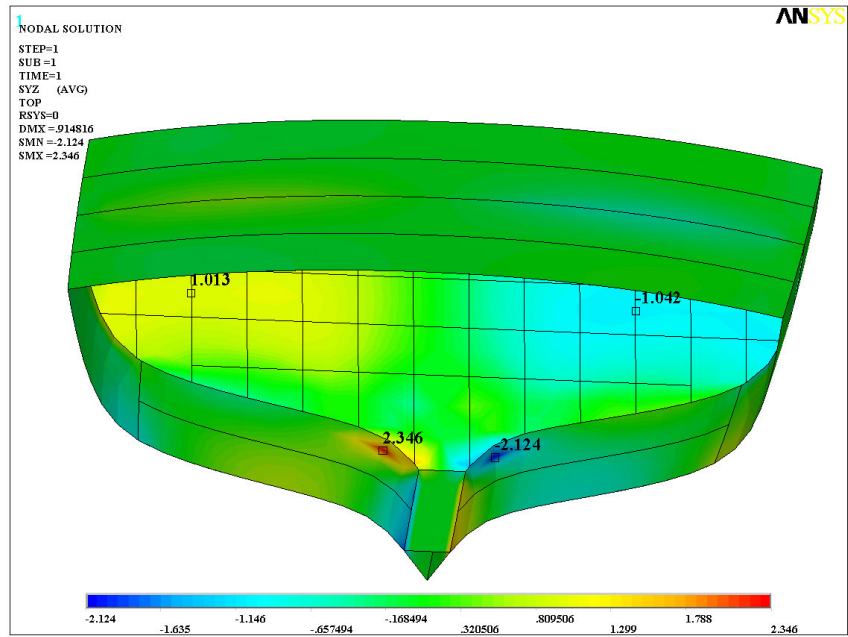
Şekil 6.39 Deformasyon



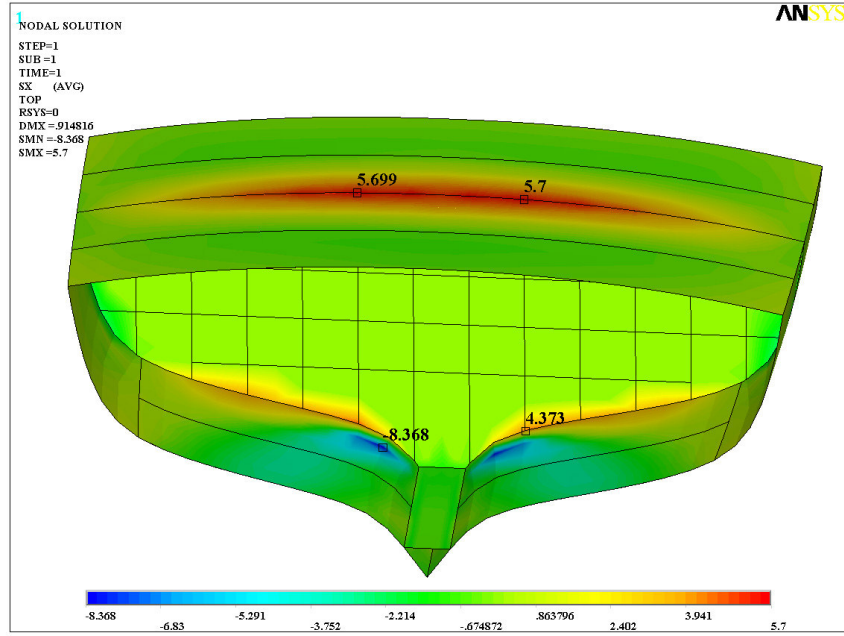
Şekil 6.40 Deformasyon



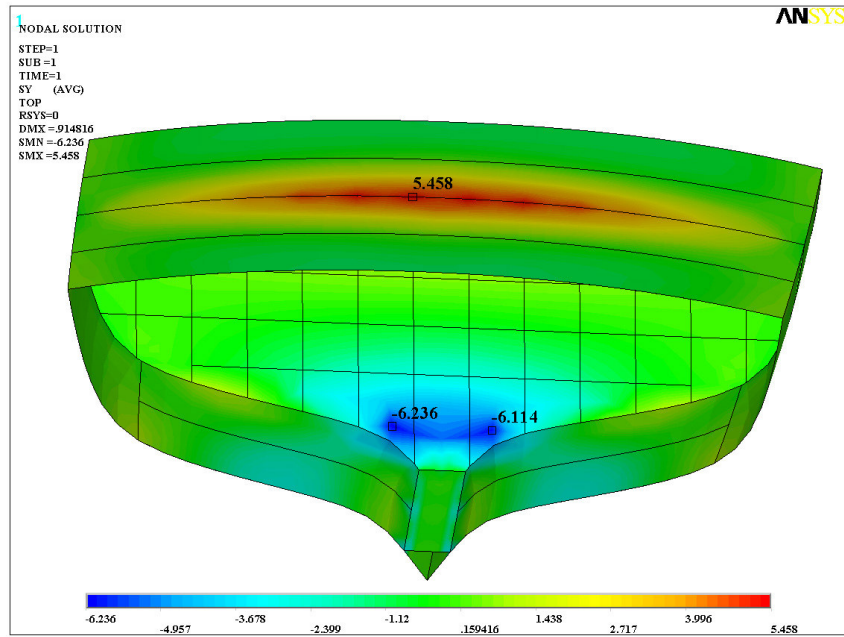
Şekil 6.41 Deformasyon



Şekil 6.42 yz kayma gerilmesi



Şekil 6.43 x yönünde normal gerilme



Şekil 6.44 y yönünde normal gerilme

6.3 BİLGİSAYAR PROGRAMLARININ KULLANIMI

Herhangi bir sonlu elemanlar programının kullanımını açıklayan 3 aşama vardır. Birinci aşama olan ön işleme aşaması analizi yapan tarafından tedarik edilen girdiler yardımı ile yapının modelini yaratır. Ön işleme de bilgiler bir sonraki aşama olan ön işlemci tarafından gerçekleştirilecek işlemler için uygun formatta birleştirir. Ön işlemci sistemin denklemlerini çıkaran ve çözen bilgisayar kodudur. 3. aşama ise son işleme. Çok basit durumlar hariç sayısal formdaki çözümleri değerlendirmek çok zordur. Son işlemci sayısal çözümü kabul eder, seçilmiş bilgileri sunar, anlaşılması ve değerlendirmesi çok daha kolay olan bilgilerin grafiksel görüntüsünü oluşturur. Bu bölümler ile ilgili bilgiler Bölüm 3’de verilmiştir.

Programın ön işlemci işlemine başlamadan önce, kullanıcı modeli planlamalı ve gerekli bilgileri toplamalıdır. Ön işleme aşamasında kullanıcı modeli mevcut olan komutları kullanarak belirler. Bu belirleme, bütün düğüm noktalarının koordinatlarının oluşturulmasını ve girdisini, programın eleman kütüphanesinden uygun olan elemanın seçilmesini, elemanların birbirlerine bağlantılarının yapılmasını, materyal özelliklerinin girilmesini, bütün deplasman sınır koşullarının belirlenmesini, yüklemeleri ve yükleme durumlarını kapsar. Ön işlemci girdi bilgi dosyalarından her bir eleman bilgilerini okur, elemanın sertlik matrisini

hesaplar ve bunları bir data dosyasında saklar. Eleman tipinin seçimi, eleman sertlik matris formunu belirler. Bir sonraki adım yapı sertlik matrisini eleman sertlik matrisine ek olarak birleştirmektir. Katı yapı hareketini önlemek için yeterli sınır koşullarının uygulanması yapı sertlik matrisini tekil olmayan bir forma düşürür. (Çalık, 2003, Başkan, 2003)

Daha sonra birkaç bilgisayar algoritması ile denklem çözümü yapılabilir. Bunların en çok kullanılanı Gaussion dönüşümüdür. Büyük denklem takımları için bu prosetteki en zor adımdır. Buradaki çözüm modeldeki bütün düğüm noktaları deplasman bileşenleri için değeri ortaya çıkarır. Eleman hesap matrisi ile birleştirilmiş olan elemanlar ile bağlı olan düğüm noktası deplasmanları eleman şekil değiştirmelerini ortaya çıkarır. Materyal özellikleri ile eleman şekil değişimleri her bir elemandaki stresleri oluşturur. Daha sonra ön işlemci, son işlemci için kullanılacak çıktı dosyalarını bir data dosyasında toplar. (Çalık, 2003, Başkan, 2003)

Son işlemci sonuç dosyalarını alır ve kullanıcıya yapıdaki deformasyonları ve gerilmeleri grafik görüntüsü olarak yaratır. Düğüm noktası deplasmanları tekil değerlerdir. Buna karşılık eğer verilen bir düğüm noktasına birden fazla eleman bağlanmışsa gerilme düğüm noktaları değerleri çoklu değerlerdir. Düğüm noktaları gerilme değerlerine genellikle iç eleman değerlerinin ekstrapolasyonu ile ulaşılır ve daha sonra düğüm noktalarına bağlı bütün elemanlar için ortalama alınır. Kullanıcı tarafından istenen grafikler veya diğer gerilme grafikler düğüm noktaları değerlerinden yaratılır. Bundan sonra mühendis sonuçları yorumlamakla ve gerekli işlemi yapmakla sorumludur. Kullanıcı sonuçların geçerliliğini değerlendirmelidir. (Çalık, 2003, Başkan, 2003)

6.4 ANALİZ ADIMLARI (Başkan, 2003)

İdeal bir analiz işlemi bütün adımları uygun sıra ile getirmelidir. Bu işlem ilk planlamayı, bir sonlu elemanlar analizine ihtiyaç olup olmadığına karar vermeyi, gerekli analizleri yapmayı ve sonuçları sunmayı içerir.

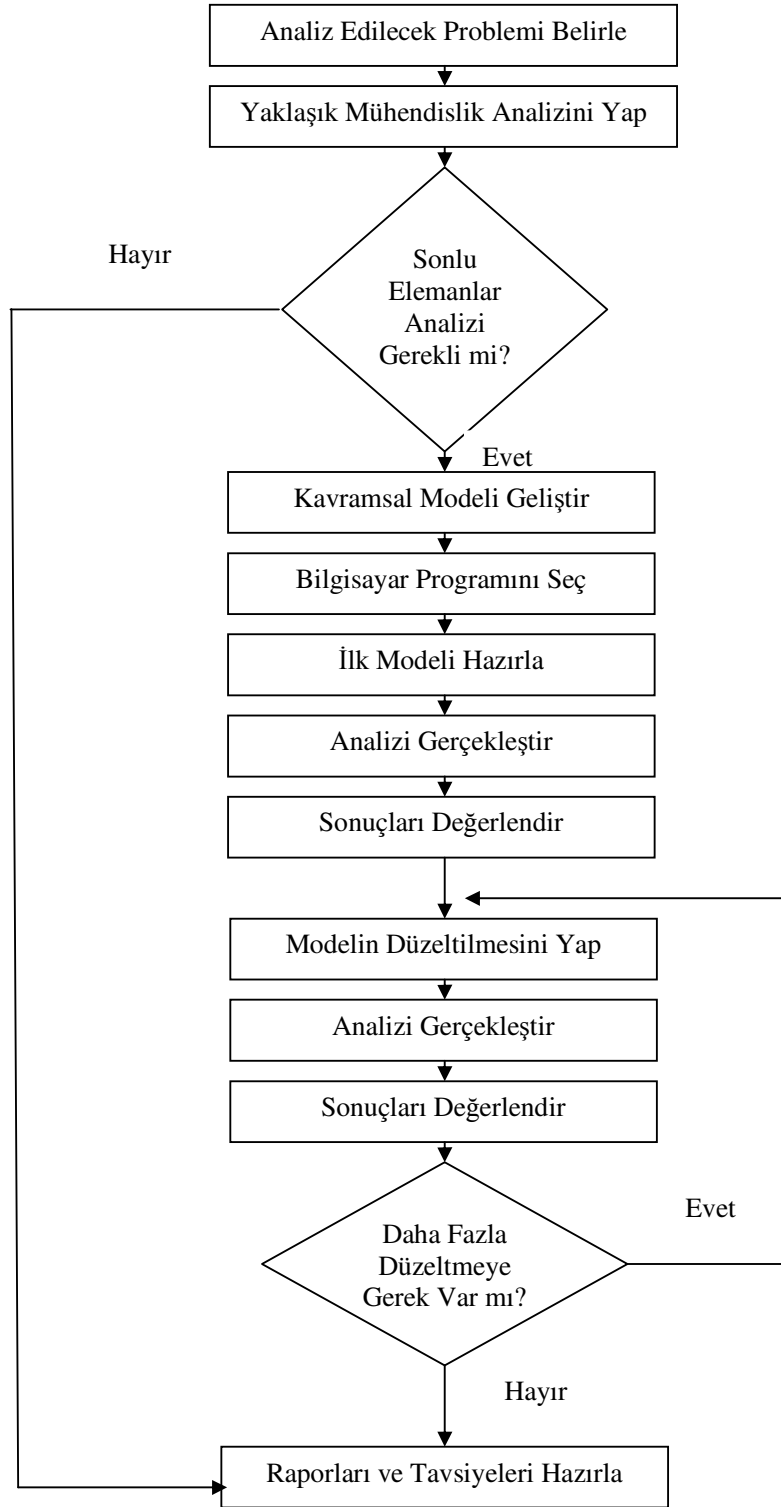
Bir mühendis analiz için bir dizayn yarattığında veya varolan bir dizayn hatasının analize ihtiyacı olduğunda ilk adım problemi olduğunca açıklığı ile tanımlamaktır. Bu tanımlama; ne çeşit bir analizin yapılacağını (statik, dinamik, vs.), çözümün 2 boyutlu mu, 3 boyutlu mu yapılacağını ve analiz için hangi kriterlerin kullanılacağını içerir.

Dizayn yükleme koşulları ve umulan veya mümkün olan, aşırı yükleme durumları belirlenir.

Yapı kirişler, basit levhalar gibi çözümü bilinen benzer yapılarla karşılaştırılır. Bu yaklaşık sonuçlar kullanılarak problemin belirlenmesi safhasında tanımlanan kritik değişken değerleri tahmin edilir. Bu yaklaşımlar temelinde sonlu elemanlar analizine ihtiyaç duyulup duyulmadığı belirlenir. Eğer cevap “evet” ise sonlu elemanlar modeli kavram olarak geliştirilmeye başlanır. Analizi yapan modeli geliştirerek model geometrisini oluşturur. En uygun eleman çeşidini seçer ve kabaca modelin sayısal ağ (mesh) planını yapar. Geometri ve yükleme koşulları için yapının simetrisini test eder ve bu simetrilere göre model geometrisini belirleyecek tekrar eden kesitleri seçer.

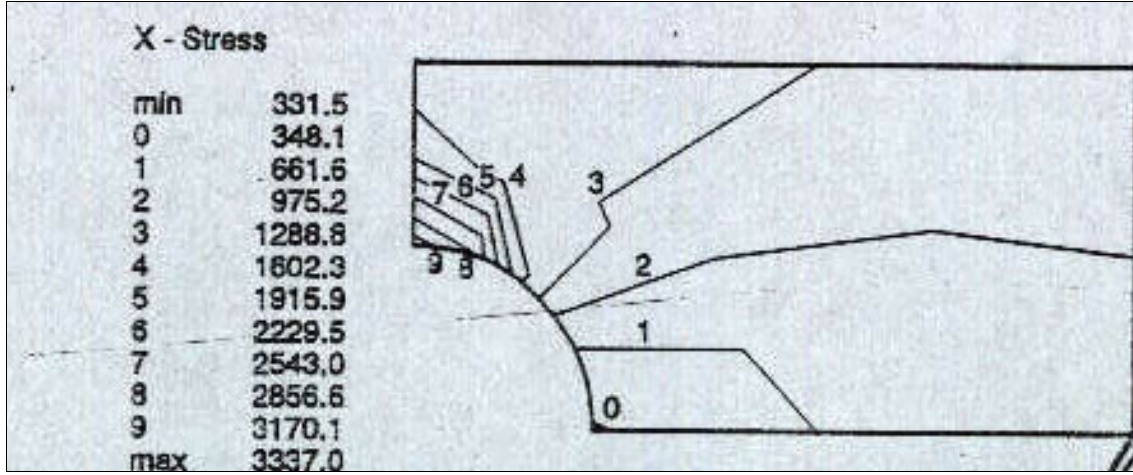
Çizelge 5.3’de analiz için uygulanacak adımlar gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 Analiz için uygulanacak adımlar (Başkan, 2003)

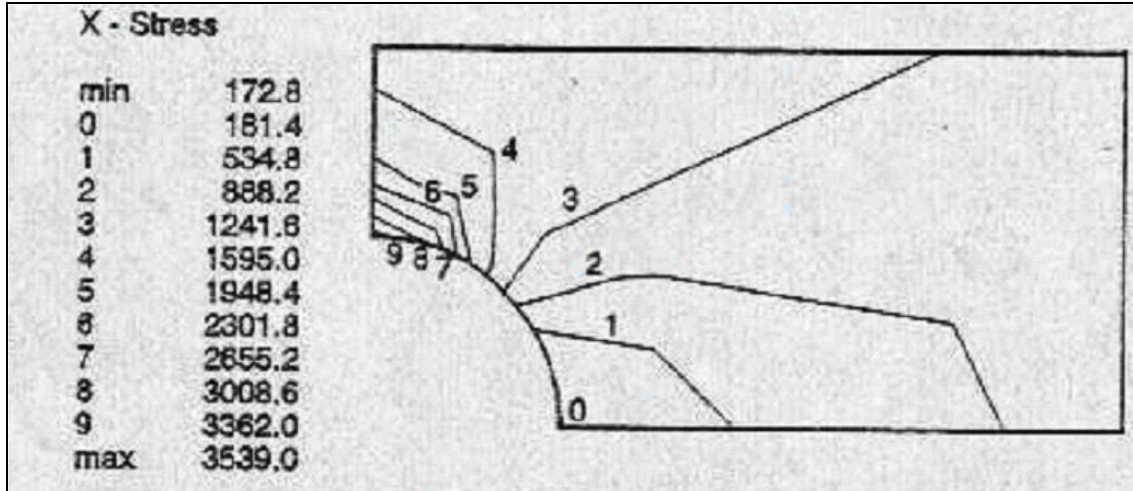


Özel ara yüzler ve sınır koşullar için ihtiyaç duyulan destek eleman tipleri de belirlenir. Konsept modelin tamamlanması kullanılacak uygun bilgisayar programının seçimi için ihtiyaç duyulan bilgileri sağlar. Eğer birden fazla program mevcut ise programın seçiminde şu faktörlere dikkat etmek gerekir. En önemli faktör programın eleman kütüphanesinde yapıyı doğru olarak modellemek için ihtiyaç duyulan elemanların varlığıdır. Program seçimindeki bir diğer özellik programın ağ, ön işleme, son işleme kabiliyeti ve sonuçların sunumu için grafik gösterimin mevcudiyetidir. Zaman genellikle önemli olduğundan bu tür özellikler mühendisler için büyük önem taşır. Program seçiminden sonra ilk model hazırlanır. Bu işlem bütün kritik bölgelerdeki istenen ağ düzeltmelerini içerecek şekilde detaylı ağ planının geliştirilmesi ile başlar. Analizci, ön işlemci aşaması için bütün gerekli bilgileri ve girdi bilgilerini toplar. Gerçek ağ işlemini, sınır koşulları için deplasman uygulanması izler. Çözüm safhasına geçmek için yükleme durumları hazırlanır. Bu adım ilk modelin hazırlanması işlemini tamamlar. Ve model çözüm almak için hazırdır. Analiz programı çalıştırılır ve çalışmanın tamamlanmasının ardından ,hiç hata mesajı alınmadığı varsayımı ile çıktı dosyası kontrol edilir. Programın son işlemcisine girilir ve yapının deforme olmuş şekli hazırlanır. Grafik görüntüden gerilme sonuçları test edilerek sınır koşulları değerleri ile ve yaklaşık denklemlerle yapılan mühendislik hesapları ile karşılaştırılır.

Bu aşama ilk modelin doğru yapılıp yapılmadığını iyi bir şekilde kontrol etme imkanı sağlar. İlk modelin sonuçlarının değerlendirilmesi doğru sonuca yaklaşmak için modelin neresinden iyileştirmeye başlanması gerektiğini gösterir. Modelde yüksek gerilme değerlerinin olduğu bölge düzeltme için seçilir. Yüksek gerilme değerlerinin gözlemlendiği bölgelerdeki eleman boyutlarının küçültülmesi iyileştirme sağlar. Düşük gerilme değerlerinin olduğu bölgelerdeki eleman sayılarının arttırılması ile sistem denklemlerinin sayısını düşük tutarak bir iyileştirme sağlar. Sonuçların birbirine yakınlaşması analizin geçerliliğinden emin olmak için önemlidir. (Başkan, 2003)



Şekil 5.2 Düşük eleman sayılı bir kesitin gerilim değerleri



Şekil 5.3 Yüksek eleman sayılı bir kesitin gerilim değerleri

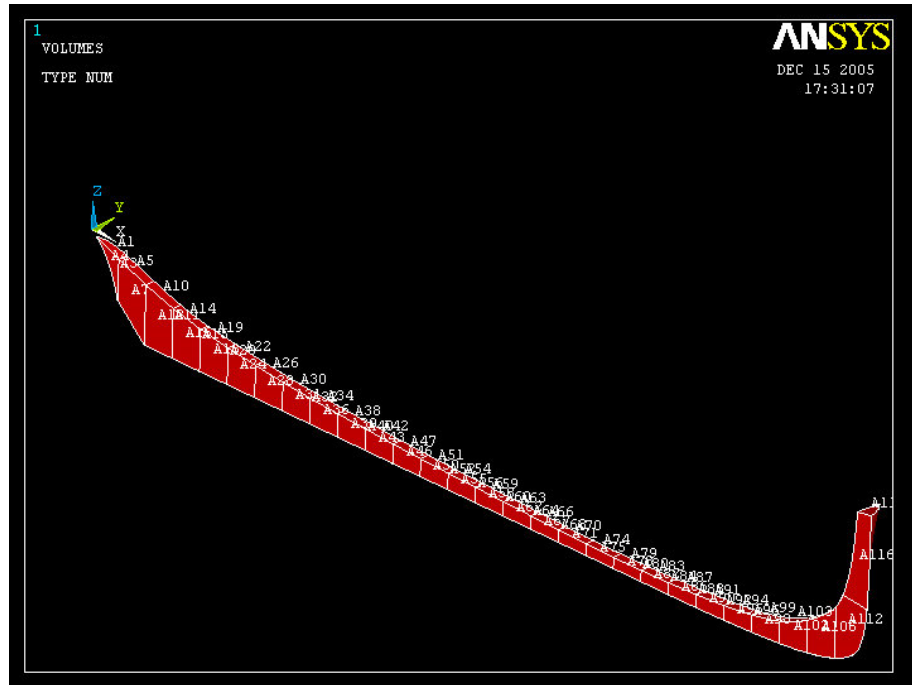
Şekil 5.3'deki sonuçlar Şekil 5.2'deki modelin düzeltme yapılmış halidir. Yapılan düzeltme bu durum için tahmin edilen maksimum gerilme değerlerini artırmıştır. Eğer sadece bir model bir düzeltme yapmadan analiz edilseydi ciddi hatalar yapılabilirdi. Analizcinin ilk modeli çalıştırmısından hemen sonra sonuç %23 hata ile olacaktı. Düzeltme yapılan ikinci model bile %19 hata ile sonuçlanmıştır. Bu iki örnek her ne kadar grafik görüntüleri oldukça inandırıcı olabilse de herhangi bir sonlu elemanlar programının sonuçlarının doğruluğunu garanti edemediğini göstermektedir. Doğru analizler iyi bir yargının ve sonlu elemanlar metodu üzerinde çalışılması ile gerçekleştirilir. Düzeltilmiş ağ ile ikinci bir analizin yapılması doğruluğunu kontrol etmek için ilk çözümle kıyaslanabilecek ikinci bir çözüm sağlar.

Herhangi bir sistem veya yapı için yapılan analizi doğru olarak tamamlamak çok önemlidir. Çünkü yapılacak olan bu analizlerin sonuçlarına göre sistem veya yapı için herhangi bir dizayn değişikliğine ihtiyaç olup olmadığına karar verilecektir.

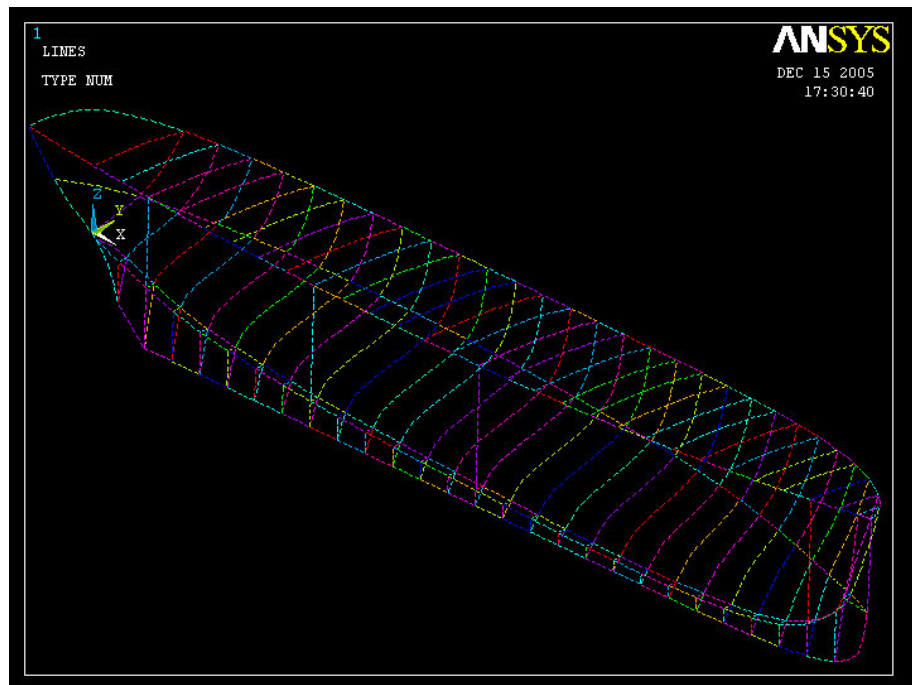
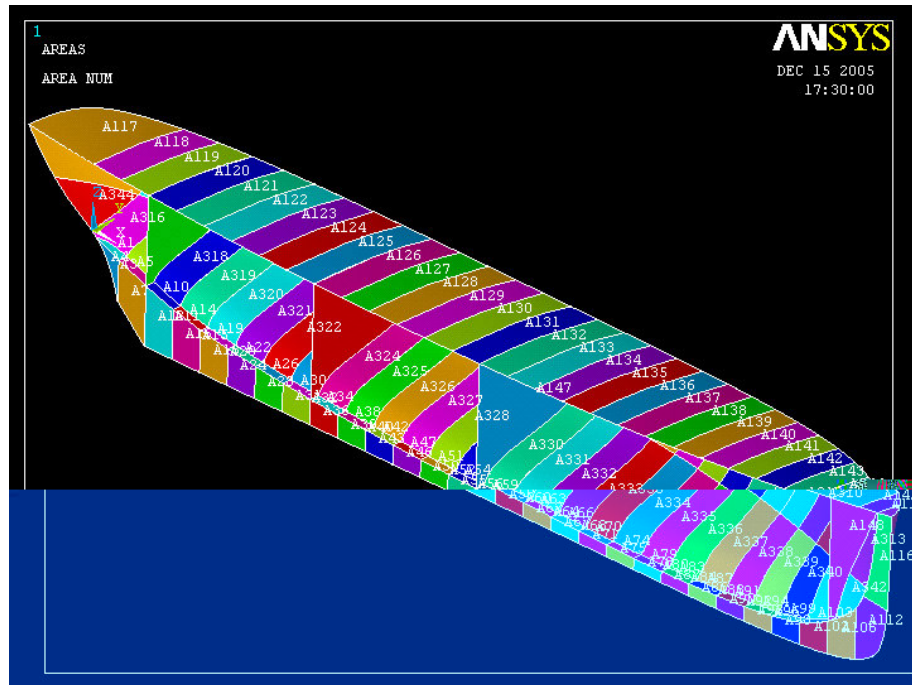
6.5 MODELİN ANSYS'E AKTARILMASI

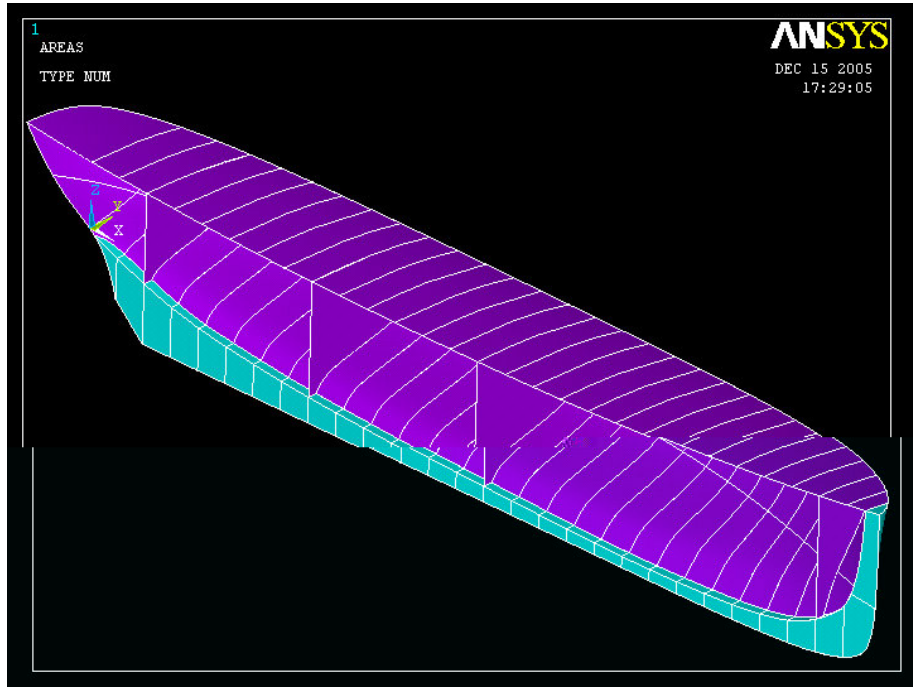
ANSYS programında modellemeyi kolaylaştırmak için, dosya Maxsurf'te IGES formatıyla kaydedilmiştir. Rhino programında IGES formatıyla açılan dosyaya profil görünüşünde omurga hattı yüzey olarak belirlenmiştir. Bu yüzey ile dış kaplama arasında kalan hacim, teknenin omurgasını oluşturmaktadır. Buranın hacim olarak tanımlanma işi ANSYS programında yapılmıştır. Modelin elemanlara bölünmesini kolaylaştırmak ve hataları ortadan kaldırmak için yüzeylerden oluşan dış kaplama ve güverte kaplaması her posta kesitinde ayrı ayrı yüzeylere bölünmüştür. Bunun yapılmasındaki sebep, yüzeylerden oluşan dış ve güverte kaplamalarının düğüm noktaları ile çizgilerden oluşan posta, kemere ve sintine stringer düğüm noktalarının üst üste çakışmalarını sağlamaktır.

Şekil 5.4 ila 5.11'de teknenin çeşitli elemanlarının ANSYS modeli görülmektedir.

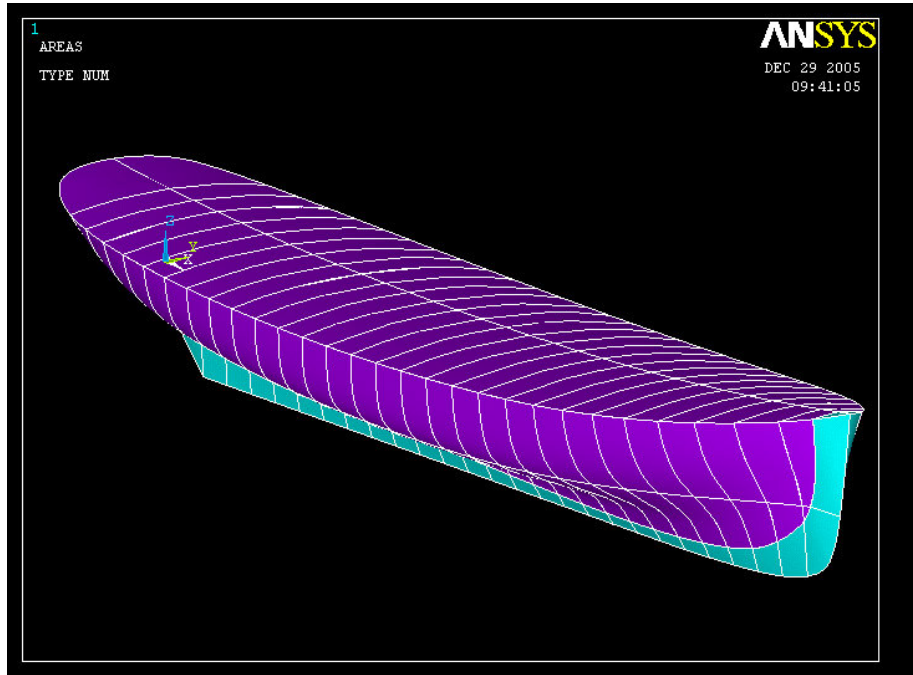


Şekil 5.4 Modelin hacim kısmı

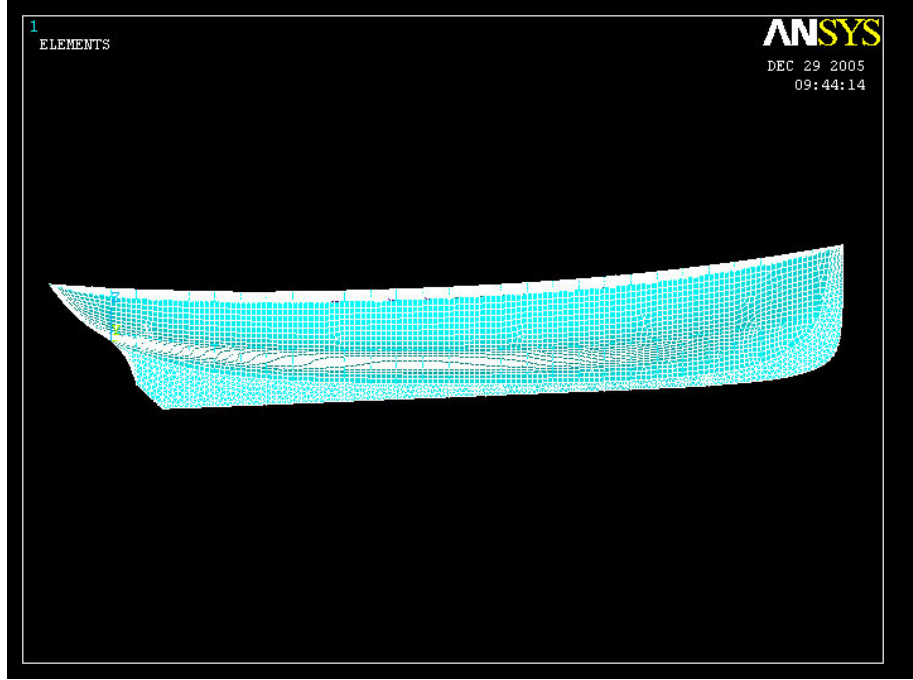




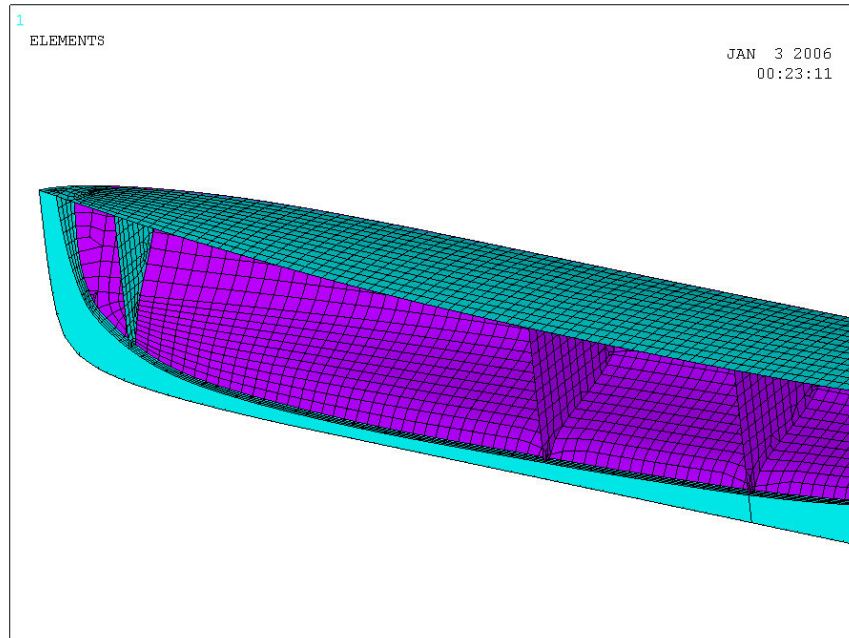
Şekil 5.7 Modelin yarı görünüşü



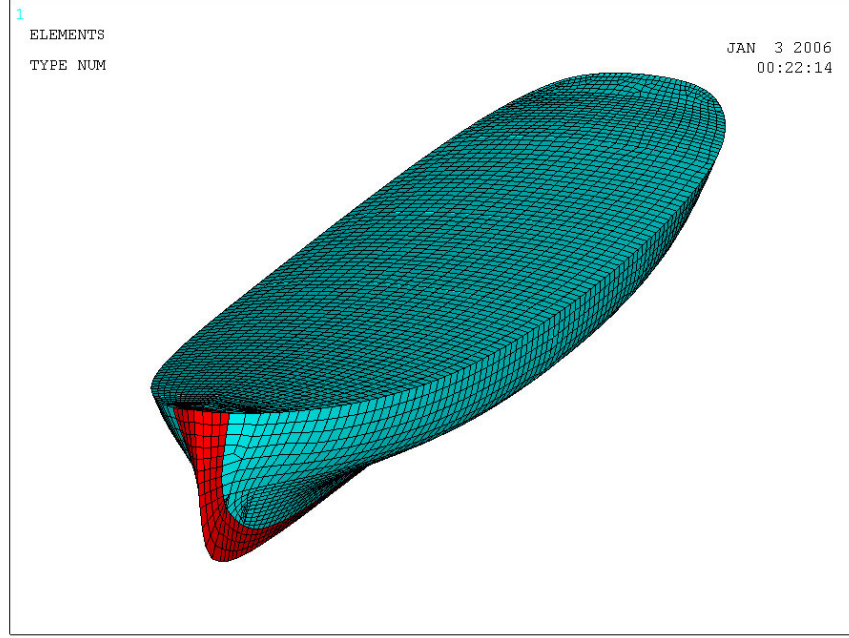
Şekil 5.8 Modelin tam görünüşü



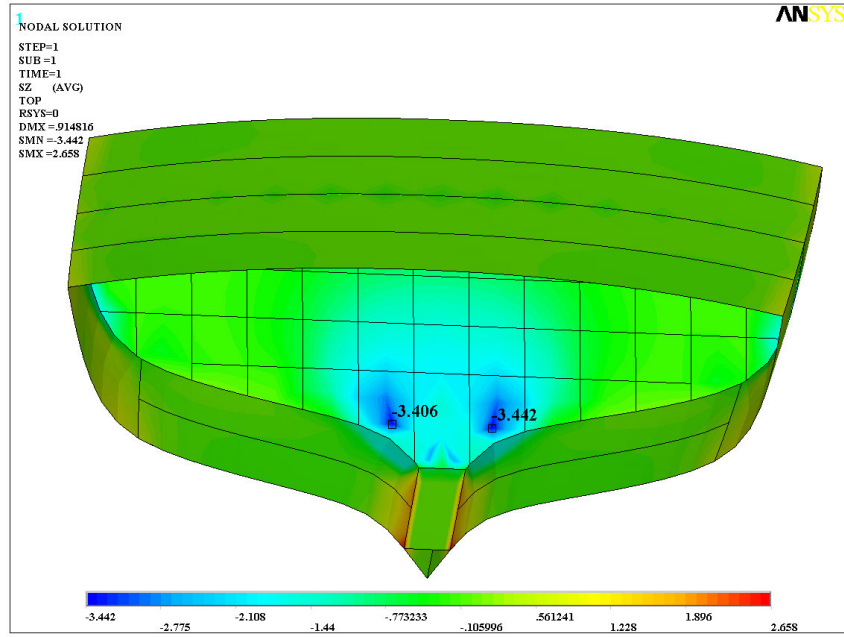
Şekil 5.9 Modelin yandan görünüşü



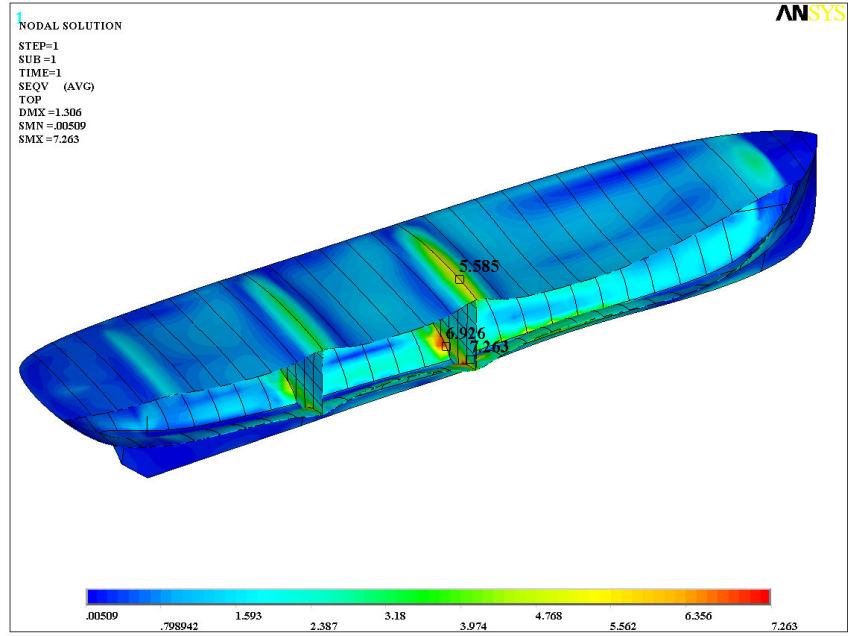
Şekil 5.10 Modelin elemanlara bölünmüş yarı görünüşü



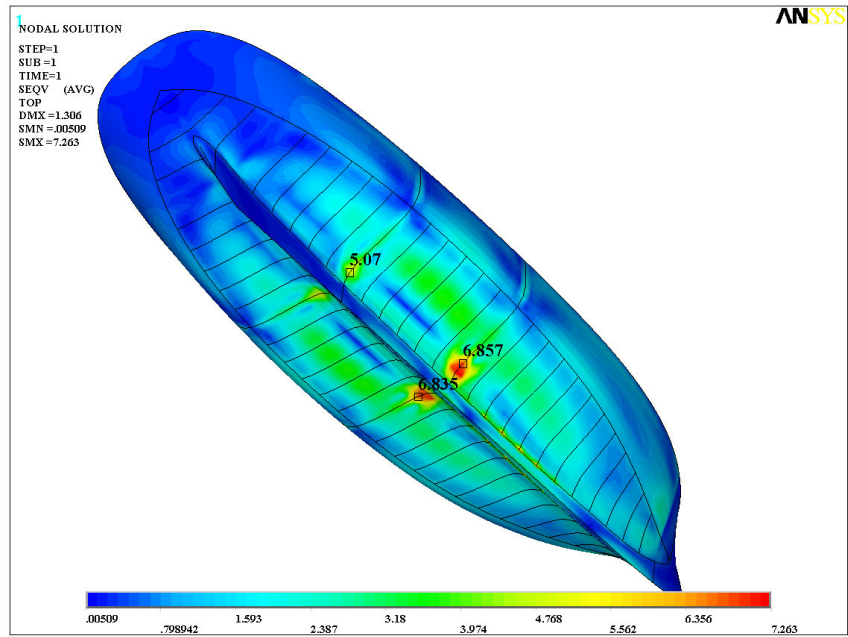
Şekil 5.11 Modelin elemanlara bölünmüş tam görünüşü



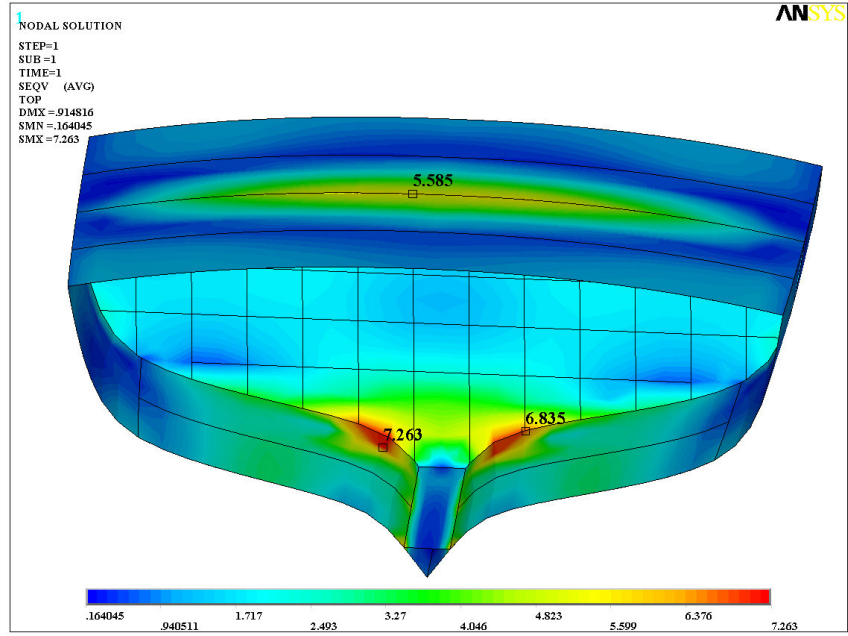
Şekil 6.45 z yönünde normal gerilme



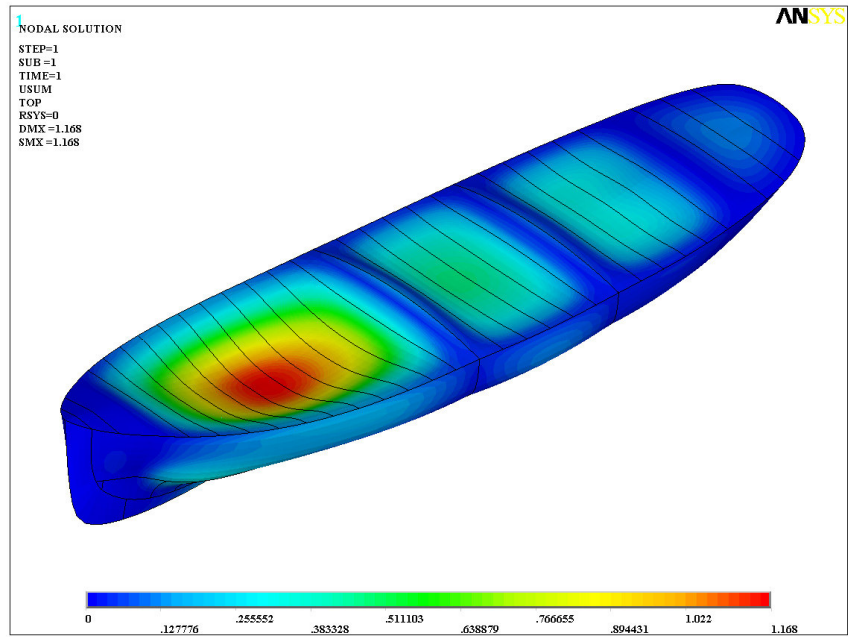
Şekil 6.46 Von Misses gerilmesi



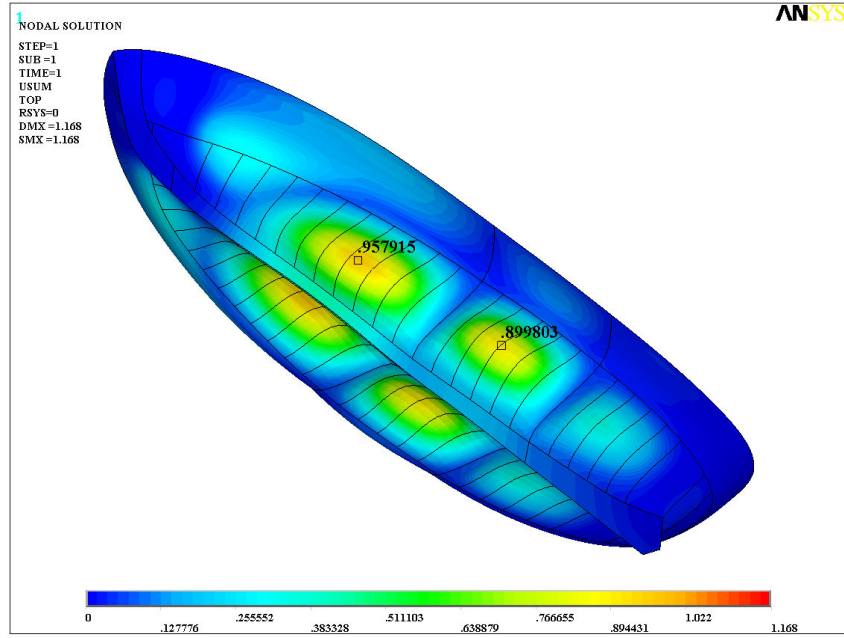
Şekil 6.47 Von Misses gerilmesi



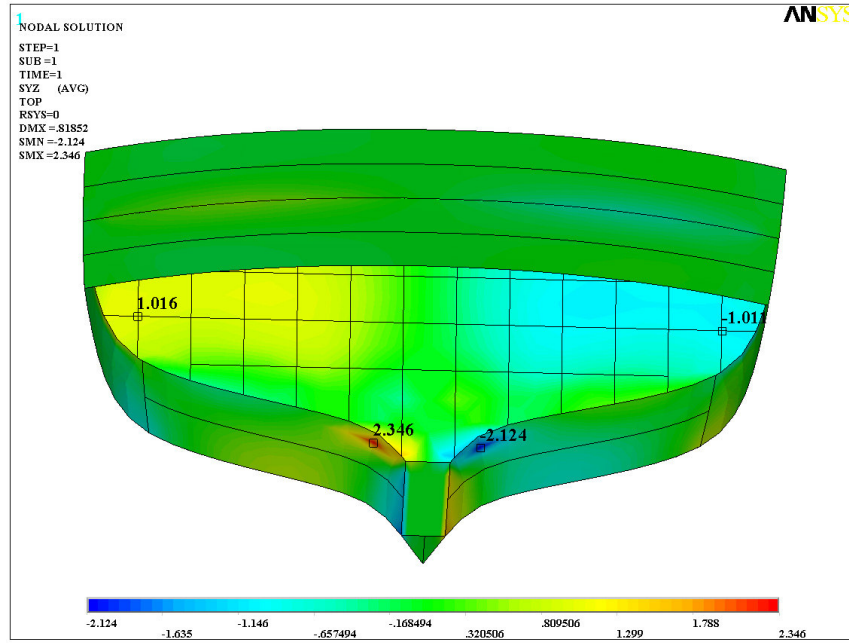
Şekil 6.48 Von Misses gerilmesi



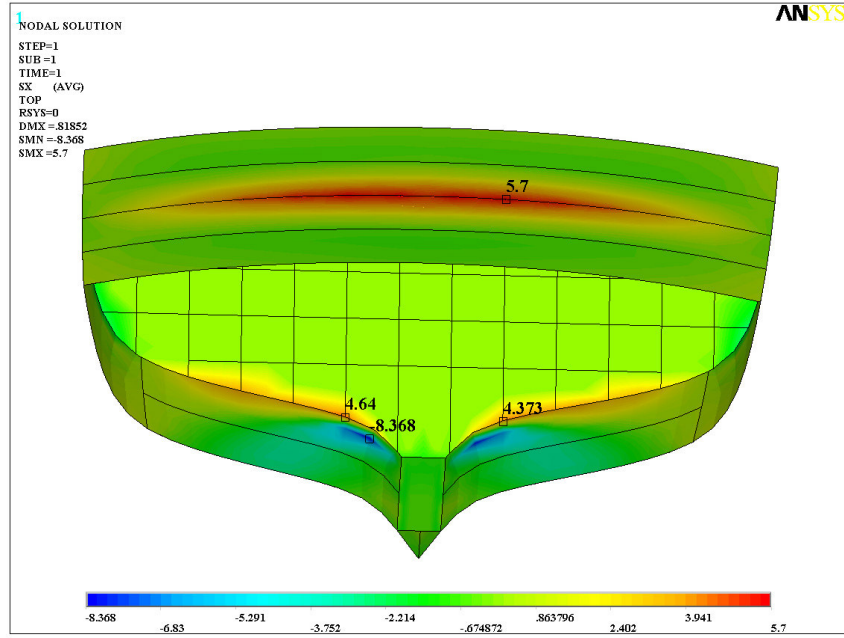
Şekil 6.49 Deformasyon



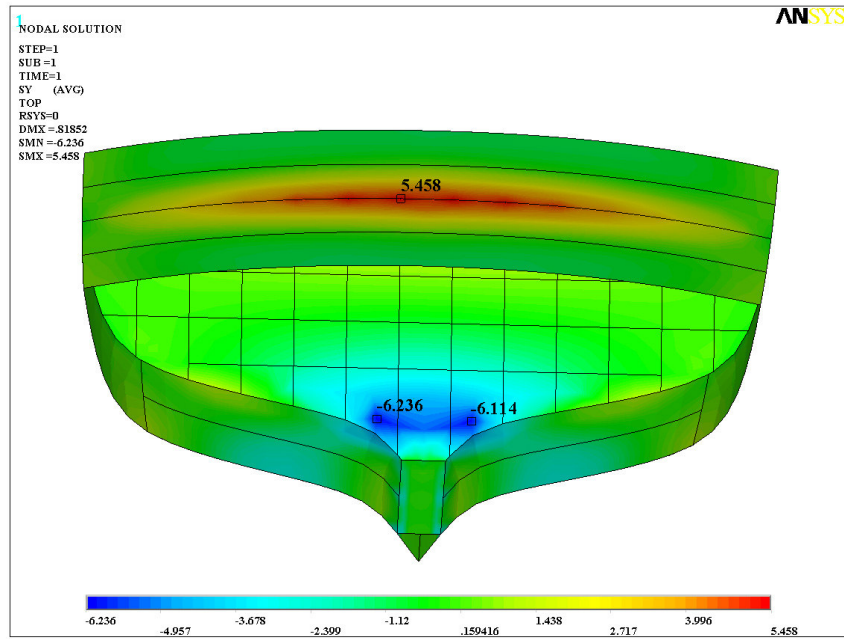
Şekil 6.50 Deformasyon



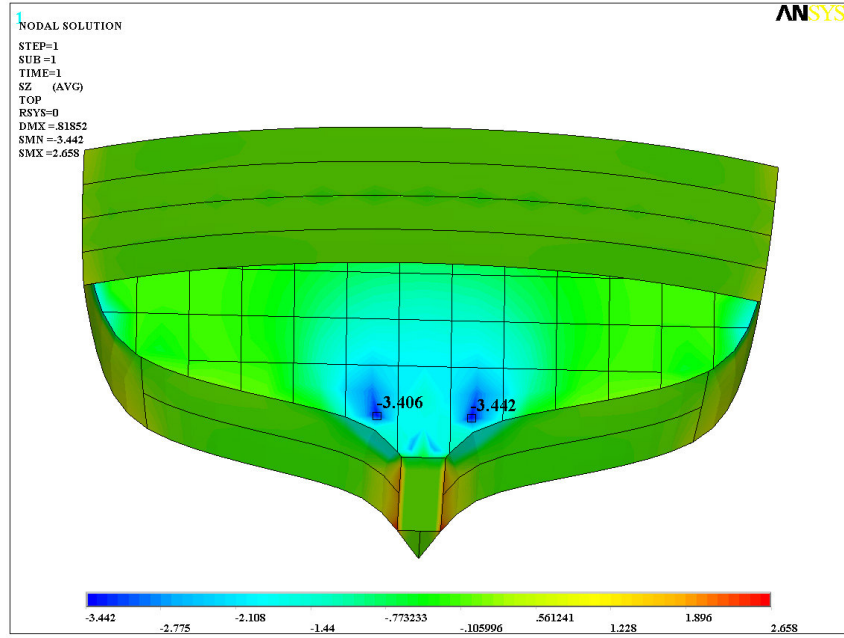
Şekil 6.51 yz kayma gerilmesi



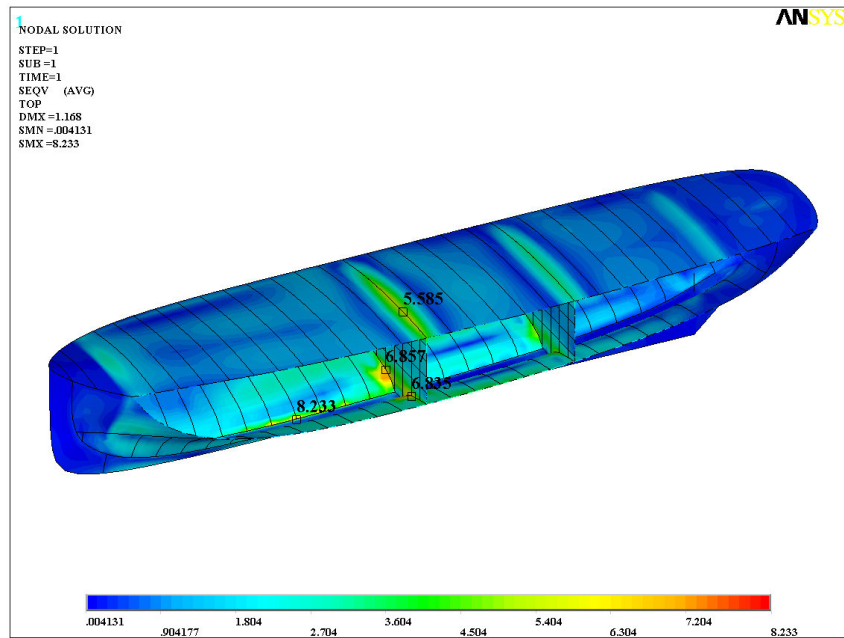
Şekil 6.52 x yönünde normal gerilme



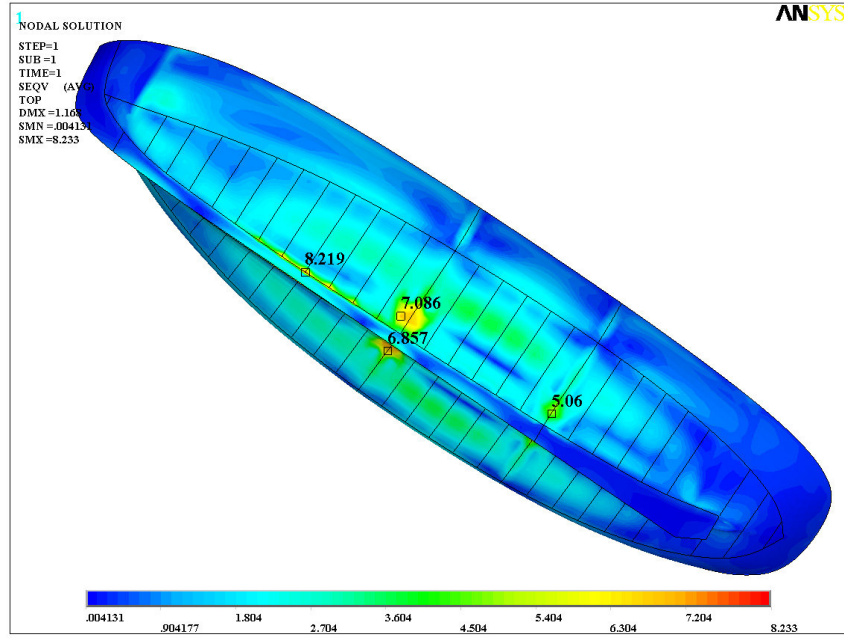
Şekil 6.53 y yönünde normal gerilme



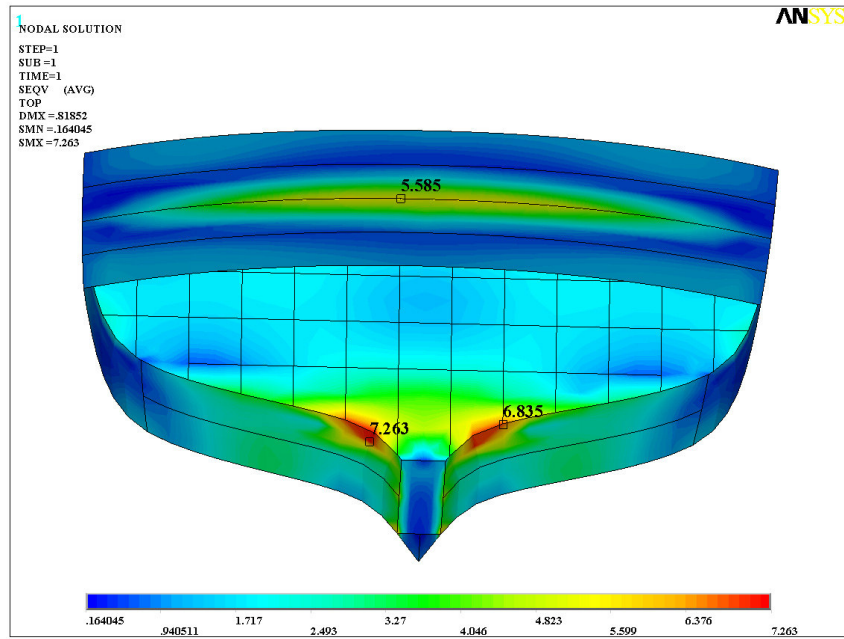
Şekil 6.54 z yönünde normal gerilme



Şekil 6.55 Von Misses gerilmesi



Şekil 6.56 Von Misses gerilmesi



Şekil 6.57 Von Misses gerilmesi

7 SONUÇ

Teknelerin dizayn aşamasında dikkat edilmesi gereken birkaç nokta bulunmaktadır. Bunlar ağırlık, hız, ekonomi, konfor, dayanıklılık vb. olarak düşünülebilir ve tekne tiplerine göre değişiklikler gösterebilir. Bazı teknelerde hız ön plana çıkarken bazılarında ise dayanıklılık ön plana çıkmaktadır. Ağırlık bu noktada önemli bir parametre olarak önümüze çıkmaktadır. Çünkü ağırlık parametresi hız, ekonomi ve konfor gibi diğer parametreler üzerinde çok etkilidir. Hafif bir tekne ağır bir tekneye oranla daha az su çekimine sahip olacağından dolayı daha ekonomik ve hızlı, daha az konstrüksiyon malzemesi kullanılacağından dolayı daha konforlu olacaktır.

Uygulama bölümünde ele alınan tekne tipi yapısal olarak klasik tekne yapısından oldukça farklıdır. Burada ahşap işleme teknolojisinin en son uygulamalarından olan laminasyon kullanılmakla birlikte yapısal olarak ta birçok farklılık mevcuttur. Analizi yapılan teknede diğer teknelere oranla çok daha az malzeme kullanılmıştır. Bu işçilik süresini ve kullanılan malzemeyi azaltarak maliyeti azaltmaktadır fakat kullanılan yöntemden yani laminasyondan dolayı da artmaktadır. Çünkü laminasyon işleminde kullanılan yapıştırıcılar ve ekipmanlar pahalıdır. Yapılan analizler sonucunda kullanılan yöntemin ve yapısal konstrüksiyonun yeterli dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Daha fazla malzeme kullanarak tekneyi hantallaştırmaya gerek yoktur.

Sektöre bakılacak olursa bu tip yapısal konstrüksiyona sahip teknelere ait herhangi bir boyutlandırma formülü ve/veya klas kuruluşlarında kabulü mevcut değildir. Bu tip teknelerin klas alması durumunda yapısal dayanıklılığının ispatı gerekmektedir ki bu tezde buna benzer bir işlem yapılmıştır. Bu hem zamanı hem de maliyeti arttırır. Bu nedenle bir sonraki aşama olarak yapısal boyutlandırmada kullanılan ampirik formüllerin (örneğin klas kuruluşlarında) elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmayı yaparken çeşitli boy ve özellikteki mevcut tekneler anlatılan yapısal farklılık gözetilerek modellenip karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırmalar sonucunda çeşitli ampirik formüllere ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

BOZKURT,A.,Y, GÖKER, Y., “Fiziksel Ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, 1996

MOAVENI, S., “Finite Element Analysis Theory And Applicati on With Ansys”, Minnesota State University, Mankato, 2003

ÇALIK, A., “ANSYS Uygulamaları”, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 2003

TEKORAL, R.A., NEŞER G., “ Ağaç Bir Kirişin Eğilmesine Denizel Çevrenin ve Katman Sayısının Bileşik Etkisi”, Gemi mühendisleri Odası, 2006

BASKAN, B., “Hücumbotlardaki Ana Direğin Modal Analizi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2003

TÜRE, Y.M., “Ahşap Teknelerde Laminasyon”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2003

“The Gougeon Brothers On Boat Construction”, The McKay Pres, Midland, 1985

BERGLIND, H., DILLENZ A., “Detecting glue deficiency in laminated wood”, 2003

KIM, Y., DAVALOS J.F., BARBERO E.J., “Delamination buckling of FRP layer in laminated wood beams”, 1997

“Ahşap Teknelerin Klaslanmasına İlişkin Kurallar”, Türk Loydu, 2004.

ANSYS Yardım Dosyaları

Maxsurf Yardım Dosyaları

Rhino Yardım Dosyaları

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.infotron.com.tr

[2] www.ansys.com

EKLER

- Ek1 Endaze Planı
- Ek2 Hidrostatik Değerler
- Ek3 En kesit

ÖZGEÇMİŞ

1994-1997 Ahmet Şimşek Fen Lisesi

1997-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Gemi İnşaatı ve Makineleri Mühendisliği, Lisans Programı

2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı Mühendisliği, Yüksek, Lisans Programı