

## 5. ENERJİ TESİSLERİ VE MÜHENDİSLİK

**Fuat TİNİŞ**  
Makina Yüksek Mühendisi

### 5.1 GİRİŞ

Bu yazıda, enerji tesislerindeki mühendislik hizmetleri kapsamlarının neler olduğu özetlenmiş, Türkiye'de geçmişten bu yana enerji tesislerinin tasarımı konusunda yapılan çalışmalar hakkında bazı bilgiler verilmiş, günümüz Türkiye'sindeki mühendislik hizmetlerinin düzeyi ve yetenekleri değerlendirilmiş ve bundan sonra izlenmesinin uygun olacağı düşünülen mühendislik çalışmalarının yöntemleri hakkında bazı görüşler belirtilmiştir.

### 5.2 TESİSLERDE MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ KAPSAMLARI

#### 5.2.1 Tesis Tasarımı

Enerji tesislerinde, ki bu hemen hemen tüm tesisler için geçerlidir, tasarım çalışmaları ana başlıklar olarak kavramsal tasarım, temel tasarım ve detay tasarım aşamalarından oluşmaktadır.

##### 5.2.1.1 Kavramsal Tasarım

Kavramsal tasarım, tesisin yapısını belirler[1].

Bunun gerçekleştirilmesi aşamasında mühendis;

- Potansiyel müşterilerin beklentilerini anlayarak, birbirinden ayırarak, sınıflandırarak ve gruplandırarak **açıklar**;
- İleri düzey kullanıcıların deneyimlerinden yararlanarak, uzmanlar (danışmanlar) kullanarak, patentleri inceleyerek, genel literatür araştırması yaparak ve benzer ve rekabet eden ürünleri inceleyerek **potansiyel ürün kavramlarını dış kaynaklardan araştırır**;
- Beyin fırtınası ve takım tartışmaları ile **potansiyel ürün kavramları için içerde araştırma yapar**;
- İşlevselliğin hiyerarşik bir ağı olan sınıflandırma ağını oluşturarak, işlevlerin ve bunların sağlanma yollarını gösteren kombinasyon tablolarını oluşturarak (morfolojik analiz), mevcut teknoloji ve yetenekleri araştırıp fiziksel gerçekleştirilebilme çalışması yaparak, mevcut eğilimleri ortaya koyan parametrik çalışma yaparak ve büyüklük ve ölçeklendirme etkilerini ortaya koyan benzerlik analizi yaparak **kavramları sistematik olarak ortaya koyar**;
- **Potansiyel ürünleri ve bu ürünleri gerçekleştirecek prosesleri tartışır.**

### 5.2.1.2 Temel Tasarım

Temel tasarım, tesisin fonksiyonlarını tanımlamak için gerekli olan temel değişkenleri tanımlar ve her bir kavramsal tasarım bileşenine sabit değerler atar[1].

Bunun gerçekleştirilmesi aşamasında,

- İşlevsel gereksinimler,
- Fiziksel sınırlamalar,
- Standartlar, kodlar, yönetmelikler,
- Estetik,
- Kolay kullanılabilirlik (işletilebilirlik) / Kullanıcı arayüzü,
- Maliyet,
- İmalat,
- Değerlendirme/Test/Analiz,
- Bakım,
- İşletme ömrü

koşulları dikkate alınır.

Çoğunluğu temel tasarım aşamasında olmak üzere kavramsal ve temel tasarım sonrasında aşağıdaki dokümanlar oluşturulur:

- Süreç akış diyagramları (“PFD” ler),
- Proje şartnameleri,
- Isı ve kütle denge diyagramları,
- Boru ve enstrüman diyagramları (“P&ID” ler),
- Tek hat şemaları (“SLD” ler),
- Ekipman listeleri,
- Ekipman boyutları,
- Ekipman bilgi föyleri (“Equipment Data Sheet”leri),
- Tesis yerleşimi (“Plant Layout”),
- 3 boyutlu çalışmalar (“3D studies”)

### 5.2.1.3 Ön Uç Mühendislik Tasarımı (“Front End Engineering Design/FEED”) veya Ön Uç Mühendislik (“Front End Engineering (FEE)”)

Ön Uç Mühendislik (FEE) veya Ön Uç Mühendislik Tasarımı (FEED), proje giderlerini kontrol etmek ve sabit fiyatlı bir teklifin sunulmasından önce bir projeyi kapsamlı olarak planlamak için kullanılan bir mühendislik tasarım yaklaşımıdır[2]. Proje öncesi planlama (“PPP”), ön uç yükleme (“FEL”), fizibilite analizi veya erken proje planlama olarak da adlandırılabilir.

Ön uç mühendislik tasarımı, kavramsal tasarım veya fizibilite etüdünden sonra gelen bir çeşit temel mühendisliktir. Ön uç mühendislik tasarımında, teknik gereksinimlerin karşılanmasına ve proje için gereken kaba yatırım maliyetine odaklanılır. Ön uç mühendislik tasarımı, projenin farklı bölümlerini kapsayan ayrı paketlere de ayrılabilir. Ön uç mühendislik tasarım paketi, Mühendislik, Satınalma, Yapım ve Montaj (EPC, EPCI, vb.) türü projeler için teklif verebilmek ve potansiyel riskleri değerlendirmek için gerekli çalışmaları içerir ve bu açıdan yukarıda tanımlanmış olan temel tasarımdan ayrılır.

Ön uç mühendislik tasarım çalışmaları ile aşağıdakiler genellikle ayrıntılı olarak geliştirilir:

- Proje organizasyon şeması,
- Proje kapsamı,
  - Tanımlanmış temel mühendislik (inşaat, makine, elektrik, kimya, vb.) paketleri,
  - Güvenlik ve ergonomik çalışmalar,
  - 2 boyutlu ve 3 boyutlu ön modeller,
  - Ekipman yerleşimi ve kurulum planı,
  - Mühendislik tasarım paketi geliştirme,
  - Ana ekipman listesi,
  - Otomasyon stratejisi,
- Süreç akış diyagramları,
- Proje zaman çizelgesi,
- Sabit fiyat teklifi (eğer ön uç mühendislik tasarım çalışması teklif veren firma tarafından yapılırsa).

Geleneksel olarak, bu belgelerin tümü, bir teklif üzerinde anlaşmaya varıldıktan sonra bir tasarım incelemesi sırasında ayrıntılı olarak geliştirilir.

#### 5.2.1.4 Detay Tasarım

Detay tasarım, tesisin imali ve montajı için gerekli tüm değişken değerlerin belirlendiği ve temel tasarım ve ön uç mühendislik tasarım çalışmalarını (FEED) takip eden mühendislik çalışmalarıdır.

Bunun gerçekleştirilmesi aşamasında;

- Bağlantı hesapları, kalınlık hesapları, güç, aydınlatma, topraklama, kısa devre hesapları, boru gerilim hesapları, ısıtma soğutma, havalandırma hesapları, Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM), Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) ile Analizler ve yorulma analizleri vb. gibi imalat için gereken **detay tasarım hesapları** yapılır. Üzerinde poz numaraları, malzeme nitelik ve adet bilgileri, ilgili standartlar, birim ve toplam ağırlık bilgilerinin belirtilmiş olduğu malzeme listesi, ilgili standartlar, kodlar vb. uyulması gereken koşullar, tasarım koşulları (yükleme, sıcaklık, basınç vb.) ve bağlantı detayları (kaynak, cıvatalı bağlantı vb.) gibi **satınalma, imalat, kalite sağlama için genel bilgiler** hazırlanır;
- Boyutlar, kesme detayları, büküm detayları, mekanik işleme detayları, montaj detayları, ısıtma işlem bilgileri ve yüzey koruma bilgileri vb. gibi **imalat/inşaat bilgileri** verilir;
- İmalat sırasındaki ve öncesindeki tahribatlı/tahribatsız muayene tip ve miktarları, geçerli tolerans bilgileri, imalatın tamamlanmasından sonra yapılacak testler, üçüncü parti tarafından denetlenme gereksinimi vb. **kalite sağlama/kontrol bilgileri** hazırlanır;
- Genel yerleşim, marka planları, boru yerleşim planları, kablo güzergâhları, montaj yöntemi, montaj sıralaması vb. **montaj bilgileri** verilir;

- İşletme ve Bakım Kılavuzu, işletme bilgileri, bakım tipleri ve bakım periyotları vb. gibi **işletme ve bakım bilgileri** hazırlanır.

Detay mühendislik çalışmaları sırasında;

- Mimari,
- Mekanik,
- Yapısal (betonarme ve çelik),
- Borulama,
- Elektrik,
- Otomasyon,
- Altyapı,
- Yardımcı Servisler (su, gaz, drenaj, aydınlatma, yangın, ısıtma, havalandırma, hava şartlandırma, yıldırımdan koruma, katodik koruma vb.)

için mühendislik dokümanları (mühendislik hesapları, mühendislik resimleri, şartnameler, imalat/İNŞAAT, montaj, işletme ve bakım doküman ve yöntemleri, kalite kontrol ve sağlama dokümanları, test ve devreye alma dokümanları vb.) üretilir.

Enerji tesislerinde bu dokümanlar başlıca aşağıdaki mühendislik disiplinleri tarafından üretilirler:

- İnşaat Mühendisliği
- Makine Mühendisliği
- Süreç (Kimya) Mühendisliği
- Elektrik Mühendisliği
- Enstrümantasyon ve Kontrol (I&C) Mühendisliği

## 5.2.2 Tesis Tasarımında Sağlık, Güvenlik Ve Çevre

Enerji tesislerinin mühendislik, inşaat/imalat, işletmeye alma ve işletme aşamalarında, sözleşme ve mevzuat gereklilikleri doğrultusunda yangın, güvenlik, kontrol kaybı, işçi sağlığı, çevre koruma, atık yönetimi konularında aşağıda belirtilmiş olan değerlendirmeler yapılır[3], [4].

Proje ve Müşterinin Sağlık, Emniyet ve Çevre (SEÇ) Politikasının gereksinimlerini karşılamak ve Projenin SEÇ risklerini azaltmak için gerekli tüm risk değerlendirme faaliyetleri yürütülür. Genel bir uygulama olarak, mühendislik aşamasına başlamadan önce Tasarım SEÇ Planı ve Tasarım Güvenliği ve Çevre Felsefeleri hazırlanır ve Müşteriye sunulur. Sözleşme gereklilikleri uyarınca, aşağıdakiler SEÇ sürecinin en önemli unsurlarıdır:

### 5.2.2.1 Nicel (Kantitatif) Risk Değerlendirmesi (QRA)

Bir Nicel Risk Değerlendirmesi (QRA), bağımsız bir Üçüncü Taraf Danışmanı tarafından kurallar çerçevesinde gerçekleştirilir. Gerekli tüm girdiler tanımlanır ve hazırlanır ve bu verileri doğrulayacak olan Üçüncü Taraf Danışmanına sunulur. Danışmanın önerileri, riskin en aza indirilmesini ve azaltılmasını sağlamak için detay tasarıma dâhil edilir (örneğin: H<sub>2</sub>S; her bir ünite için Yangın ve Patlama Tehlikesi vakaları). QRA Raporu Müşteriye sunulur.

### 5.2.2.2 Tehlike Tanımlama ve Kaza Risk Değerlendirme Çalışmaları

Nitel (kalitatif) ve nicel (kantitatif) tehlike ve kaza riski çalışmaları, sözleşme gerekliliklerine göre yürütülür ve yorumlanır. Çalışmalar tehlikeleri tanımlar, riskleri değerlendirir ve riskleri mümkün olan en düşük seviyeye indirmek için gerekli önlemlerin alındığını gösterir (ALARP). Riski en aza indirmek için mühendislik/satın alma/inşaat-imalat/kurulum/devreye alma ve işletme tesisinin detay mühendisliğini geliştirirken aşağıdaki eylemler belirtilen öncelik sırasına göre gerçekleştirilir:

- Tehlikelerin varlığını ortadan kaldırmak;
- Bunların gerçekleşmesini önlemek için yöntemler aramak;
- Bir tehlikenin gerçekleştiğinde büyüklüğünü veya sıklığını kontrol etmek;
- Tesis ve personel üzerindeki tehlikenin sonuçlarını hafifletmek için donanım veya yazılım sağlamak.

Nihai Güvenlik Değerlendirme sürecinden elde edilen çıktı, tehlike giderme, kontrol ve hafifletme arasında dengeli bir risk yönetim sistemi olarak kabul edilir. Tehlikeler belirlendikten sonra, belirlenen her bir tehlikeyle ilişkili risk düzeyini ölçmek için her bir tehlike senaryosunun sonuçları ve sıklıkları analiz edilir. Bu analizlerin çıktısı, uygun olan hallerde, genel tasarımda kilit faktörler olarak kullanıldığından, çalışmalar tasarım süreci ve QRA ve danışman tarafından yapılan diğer güvenlik çalışmaları ile etkileşimli bir şekilde yürütülür.

Gerçekleştirilen tehlike çalışmaları tamamı bunlarla sınırlı olmamakla birlikte, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

#### 5.2.2.2.1 Tehlike Tanımlama (HAZID) Çalışması

HAZID, dikkate alınan faaliyetle ilişkili tüm önemli tehlikelerin tanımlanmasına yönelik bir tekniktir ve çalışma ekibi üyelerini, hayal güçlerini kullanarak tehlikeleri tanımlamaları için yönlendirmek amacıyla kılavuz sözcükler kullanır. HAZID tipik olarak içsel tehlikeleri tanımlamayı amaçladığı için tesis yerleşim çizimlerine odaklanır. HAZID aynı zamanda, tehlikeleri ilk kademedeki olabildiğince düşük seviyede (ALARP) tanımlama seçeneği tekniğidir. Tehlike analizi tüm üniteler için yapılır ve bir rapor hazırlanır. HAZID Çalışması (çalıştay) bağımsız bir üçüncü taraf danışman tarafından yönetilir. HAZID Prosedürü ve Kapanış Raporu Müşteriye sunulur.

#### 5.2.2.2.2 Tehlikeler ve İşletilebilirlik (HAZOP) Çalışması

HAZOP çalışmalarında, disiplinlerarası bir ekip, amaçlanan süreç koşullarından sapmaların bir sonucu olarak ortaya çıkan tehlikeleri ve işletilebilirlik sorunlarını tanımlamak için sistematik bir yaklaşım kullanır. Deneyimli bir ekip lideri, ayrı konumlardaki belirli "süreç parametrelerine" veya süreç sistemindeki "analiz noktalarına" yönelik sabit bir "kılavuz sözcükler" seti kullanarak tesis tasarımını sistematik olarak yönlendirir. "Analiz noktaları", süreç sistemindeki belirli bir nokta olabileceği gibi, belirli bir boru hattı da olabilir.

HAZOP Çalışması (çalıştay) bağımsız bir üçüncü taraf danışman tarafından yönetilir.

HAZOP Analizi yürütme planı, önerilen ekip amiri ve diğer önerilen ilgili ekip üyeleriyle birlikte, konu alanları bazında hazırlanır ve onaylanmak üzere İşverene sunulur. Çalışma öncesinde, gerekli

dokümantasyon Mühendis tarafından aşağıda verilenlerle sınırlı olmamak üzere yayınlanır:

- Ana ekipman bilgi föyleri;
- Malzeme güvenliği bilgi föyleri (MSDS);
- Sebep ve Etki diyagramları;
- Yerleşim planları ve alan sınıflamaları;
- Emniyet vanası hesaplamaları ve bilgi föyleri;
- Boru ve enstrüman diyagramları (P&ID'ler) ile ısı ve malzeme dengesinde belirtilmiş olan süreç akış diyagramları (PFD'ler);
- Elektrik resimleri;
- Malzeme seçim diyagramları;
- Yangından korunma çizimleri.

Tamamlanan HAZOP Çalışma Raporu incelenmek ve onaylanmak üzere Müşteriye sunulur. HAZOP Çalışmaları'ndan kaynaklanan tüm öneriler İşverenin yazılı onayından sonra mühendislik çalışmalarına yansıtılır. Çalışma sonucunda güvenli ve işletilebilir bir tesis sağlamak için gerekli olan tüm onaylı yapılacak işler Mühendis tarafından tasarımlara dâhil edilir. HAZOP Prosedürü ve Kapanış Raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.3 İşçi Sağlığı Risk Değerlendirmesi (HRA)**

İşçi Sağlığı Risk Değerlendirmesi (HRA), iş sağlığı tehlikelerinin tanımlanmasını ve değerlendirilmesini içerir. Genellikle benimsenen yöntem, söz konusu faaliyeti bir dizi özel göreve ayırmayı ve daha sonra her bir görevle ilişkili sağlık risklerinin değerlendirilmesini içerir. Sağlık üzerinde olumsuz etkisi olabilecek tüm unsurlar göz önünde bulundurularak geniş bir yaklaşım benimsenmelidir. HRA Prosedürü ve Raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.4 Güvenlik Bütünlüğü Seviyesi (SIL) Doğrulama Çalışması**

Güvenlik Bütünlüğü Seviyesi Doğrulama Çalışması, kontrol ve enstrümanlı koruyucu sistemlerin güvenilirliğini değerlendirmek için yapılır. SIL Doğrulama Çalışması (çalıştay) bağımsız bir üçüncü taraf danışman tarafından yönetilir. SIL Prosedürü ve doğrulama çalışması raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.5 Güvenlik Durumu**

Güvenlik Durumu, varlık bütünlüğü hizmet ömrü boyunca Büyük Kaza Tehlikesi ve Yüksek SEÇ Risklerinin sistematik olarak değerlendirildiğini ve olabildiğince düşük seviyede (ALARP) yönetildiğini veya yönetileceğini gösteren resmi yazılı bir kayıttır. Güvenlik Durum Çalışması, bağımsız bir üçüncü taraf danışmanın yönlendirmesiyle yapılır. Güvenlik Durum Raporu, Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.6 Eşzamanlı Operasyonlar Çalışması (SIMOPS)**

Eşzamanlı Operasyon Çalışması (SIMOPS çalıştay), Müşteri ve varsa diğer ilgili tarafların katılımıyla düzenlenir ve gerçekleştirilir. SIMOPS yöntemi, matrisi ve raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.7 Ergonomi/İnsan Faktörleri Mühendislik Çalışması**

Ergonomi çalışması, vana kritiklik analizi ve görev gereksinimleri analizini belirlemek için yapılır. Ergonomi çalışma raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.8 Gürültü Kontrolü**

Tasarım dosyasında yer alan geçerli yönetmeliklere ve standartlara uygun gürültü kontrol kısıtlamaları uygulanır.

#### **5.2.2.9 Zehirli ve Yanıcı Gaz Yayılımı**

Zehirli ve yanıcı gazların açığa çıkabileceği ve potansiyel tutuşma kaynağına erişebileceği tesisler için zehirli ve yanıcı gazların yayılım çalışması yapılır. Yayılım çalışması raporu, Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.10 Yangın ve Patlama Güvenliği**

Tesisler için yangın ve patlama riski değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Yangın ve patlama riski değerlendirme raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.11 Tahliye, Kaçış ve Kurtarma (EER) Değerlendirmesi**

Tahliye, kaçış ve kurtarma değerlendirilmesi, işletmecinin olası tahliye, kaçış ve kurtarma durumlarını dikkate alması ve bunları EER hedefleri ve kabul edilebilirlik kriterleriyle karşılaştırması amacıyla yapılır. EER değerlendirme raporu Müşteriye sunulur.

#### **5.2.2.12 Yangın ve Gaz Algılama ve Koruma Sistemleri**

Yangın ve gaz algılama ve koruma sistemleri için tasarım felsefesi, Yangından Korunma Tasarım esaslarına uygun olarak hazırlanır. Kontrol sistemi, kapatma sistemine bağlı bir yangın ve gaz algılama sistemini içerir. Asgari koşul olarak aşağıdaki algılama ekipmanları sağlanır.

- Gaz (yanıcı ve zehirli) algılama sistemi;
- Duman ve yangın algılama sistemi.

#### **5.2.2.13 Pasif ve Aktif Yangın Koruması**

- Yangından korunma düzenlemeleri, tesislerin yangın riski analizine dayanmaktadır. Tesislere kurulum için yangın söndürme cihazları listesi hazırlanır.
- Genel Güvenlik ve Alarm Sistemleri tasarlanır.
- Manuel Alarm Çağrı noktaları ve genel sirenler stratejik yerlerde konumlandırılır. Borulama, vanalar ve ekipman üzerinde güvenli bakım çalışma koşullarını kolaylaştırmak için tasarımda

pozitif izolasyon dikkate alınır. Acil durum duşları ve göz banyo istasyonları, tehlikeli maddelerin taşınacağı veya depolanacağı alanlara yerleştirilir.

#### **5.2.2.14 Güvenli Erişim ve Kaçış Güzergâhları**

##### **5.2.2.14.1 Güvenli Erişim**

Mekanik, elektrik ve kontrol teknisyenlerince vanaların kullanılması, rutin bakım ve kontrollerinin yapılması gibi işletmeyi ilgilendiren faaliyetlere olanak sağlamak üzere uygun yüksekliklere güvenli erişimler sağlanır. Tasarımda, gerçekleştirilecek işletme faaliyetleri dikkate alınır. Tüm basınç, sıcaklık ve akış göstergeleri, kalıcı erişim platformlarından kolaylıkla okunabilecek şekilde düzenlenir.

##### **5.2.2.14.2 Kaçış Güzergâhları**

Kaçış ve tahliye yollarının tasarımında, yapılmış olan risk analizinden yararlanır. Kaçış yolları, tehlike noktalarından, göreceli olarak daha güvenli olan alanlara giden en kısa ulaşım yollarıdır. Kaçış yolları, tehlikeli bir bölgeden kaçan personeli, daha az tehlikeli bir bölgeye ulaştırırken tehlikeli bölgelerden geçmeyecek şekilde planlanır. Tüm kaçış yolları, personeli toplanma alanlarına yönlendirir. Her kaçış yolu, kolayca erişilebilir, engelsiz ve belirgin olarak işaretlenir.

#### **5.2.2.15 Çevre Koruma Gereksinimleri**

Aşağıdaki hususlar, temel mühendislik ve tasarım gereksinimlerine dâhil edilir:

##### **5.2.2.15.1 Menfezler ve Bacalar**

Havalandırma menfezlerinin ve bacaların konumları, yayılımı ve elektrikli ekipmanlarda tehlikeli alan etkisi yaratmamak için optimum konumlandırılmayı ve boyutlandırılmayı dikkate alarak belirlenir. Egzoz emisyonları ve egzoz ölçme ve izleme sistemi, mevcut en iyi uygulamaları ve teknolojiyi dikkate alarak seçilir.

##### **5.2.2.15.2 Drenaj Sistemi**

Hidrokarbon veya tehlikeli maddelerin karaya / denize boşaltılmasını önlemek için kapalı bir drenaj sistemi oluşturulur.

##### **5.2.2.15.3 Tehlikeli Maddeler**

Tehlikeli maddeler kaydı ve envanteri hazırlanır. Bu kayıt ve envanter, tesiste veya ünitelerde kalıcı veya geçici olarak depolanacak tüm yanıcı malzemeleri, aşındırıcı ve zehirli maddeleri, kimyasalları ve radyoaktif maddeleri içerir. Sürekli kullanımına gerek duyulan tehlikeli maddelerin toplu olarak depolanması dikkate alınır. Bu envanter Müşteriye sunulur.



#### **5.2.2.16 Malzeme Taşıma**

Kaldırma ekipmanları, risk analizi doğrultusunda ve üretim sırasında güvenli çalışmaya izin verecek şekilde konumlandırılır ve tasarlanır.

#### **5.2.2.17 SEÇ Tehlike ve Etkileri Kaydı**

SEÇ tehlike ve etkileri kaydı, tasarım geliştirme sürecinden kaynaklanan SEÇ ile ilgili tüm faaliyetler ile iç ve dış incelemeler ve denetimlerden elde edilen önerilere uygun olarak konmuş faaliyetlerin resmi bir kaydını tutmak üzere oluşturulur ve güncellenir.

#### **5.2.2.18 SEÇ Kararları Dosyası**

Tesis tasarımı ve işletmesi sırasında alınan tüm önemli SEÇ kararlarının kaydı tutulur ve bu sürdürülür. SEÇ Eylem İzleme Sistemi, SEÇ çalışmaları ve risk değerlendirmesi gibi faaliyetlerden elde edilen tüm SEÇ önerilerinin bir kaydını tutar. Onaylanmış eylemler tasarıma dâhil edilir. SEÇ faaliyetleri hakkında aylık rapor ve gerektiğinde bu faaliyetlerin güncelleme durumunun kaydı tutulur.

#### **5.2.2.19 Proje Sağlık, Emniyet ve Çevre Gözden Geçirmeleri (PHSER)**

Proje Sağlık, Emniyet ve Çevre Gözden Geçirmeleri (PHSER), denetim gerekliliklerinin bir parçası olarak Müşteri tarafından yapılır. PHSER sırasında katılım ve Müşteriye gerek duyması halinde yardım sağlanır. Kapanış raporu hazırlanır.

#### **5.2.2.20 SEÇ Kritik Ekipman ve Sistemlerin Tanımlanması ve Bütünlük Güvencesi**

Güvenlikle ilgili tüm cihazları, ekipmanları, sistem ve malzemeleri içeren kapsamlı bir güvenlik cihazları kaydı tutulur ve güncellenir.

Bu güvenlik ekipmanları hakkındaki bilgiler cihazdan cihaza değişmekle birlikte, her durumda ilgili tasarım esasları ve hizmet koşulları ile birlikte kayıt altına alınır ve destekleme ve boyutlandırma hesaplamalarına atıf yapılır.

### **5.2.3 Mühendislik Kalite Sistemleri**

#### **5.2.3.1 Tasarımın Maliyet ve Tesis Performansı Üzerindeki Etkileri ve Tasarımda Başlıca Kalite Yaklaşımları**

Araştırmalara göre ürün maliyetinin % 70'i tasarım aşamasında belirlenir. Toplam Kalite Yönetimi, Altı Sigma gibi kalite yaklaşım ve teknikleri, hedef değer etrafındaki değişkenlere odaklanmayı gerektirir. Hedeflenen bir değere ne kadar ulaşıldığının ölçüsü olan değişkenlik, ürünün kalitesini belirleyen temel faktörlerden birisidir ve tasarım aşamasında belirlenir. Taguchi tarafından geliştirilmiş olan "Güçlü Tasarım" ("Robust Design") kavramı ile tasarım faaliyetlerine odaklanarak, düşük maliyetle, ürün ve süreçlerin performansının hızlı bir şekilde artırılması hedeflenir[5].

İleri kalite yaklaşımlarının temel ilkelerinden olan "önleyici yaklaşım" ile, problemlerin köklü çözümünde problemlerin ortaya çıkmadan önlenmesi hedeflenir. Müşteri isteklerinden başlayarak riskler ya da potansiyel sorunlar FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) tekniği ile ele alınabilir ve önemli problemlere odaklanılarak önleyici faaliyetler yürütülebilir. Böylelikle, üretim ya da müşteri kullanımında ortaya çıkabilecek hatalar en aza indirgenerek maliyet etkin tasarımlara ulaşılır.

Tüm yukarıda sayılan yöntemler ve ileri kalite yaklaşımları ışığında güçlü tasarıma ulaşmak için aşağıdaki gerekler sağlanmalıdır:

- Geleceğin pazarlarına ilişkin stratejik hedef ve vizyona sahip olmak,
- Teknolojik yeteneğe sahip olmak ve gelecek pazar fırsatlarını keşfetmek,
- Tasarım süreçlerini tesisteki tüm süreçlerle bir bütün olacak şekilde ele almak,
- Müşteri odaklı olmak,
- Problem çözme tekniklerini kullanmak,
- Risk değerlendirme ve en aza indigeme faaliyetleri yürütmek,
- Güvenilirlik, tehlike analizleri yapmak,
- Konfigürasyon yönetimi uygulamak,
- Disiplinler arası ekiplerle çalışmak,
- Eşzamanlı mühendislik yaklaşımını uygulamak,
- Tasarım süreçlerinin etkinliğini ölçmek,
- Tasarımın maliyet etkin olmasını sağlamak.

### 5.2.3.2 ISO9001:2015 Standardı ve Toplam Kalite Yönetimi

Bütün dünyada genel olarak tasarım yapan firmaların ISO9001:2015 standardına uygun olarak sertifikalandırılmış olmaları ve bu standardın gereklerini yerine getirerek tasarım yapmaları beklenmektedir.[6]

Zaman içerisinde gelişim gösteren standardın son revizyonu, önceki versiyonlardaki konulara ilave olarak Toplam Kalite Yönetimi felsefesinin sürekli iyileşme ve verimliliğin artırılmasını hedefleyen süreç tabanlı, kuruluşların faaliyetlerine katma değer kazandırma ve performansı sürekli arttırmayı ve anlık olarak ölçmeyi, müşteri odaklılığı daha ön planda tutan ve risk odaklı bir yönetim modeli sunmaktadır.

ISO 9001:2015 standardı, bazıları TKY felsefesi ile de ortaklık içeren yedi kalite yönetim ilkesine dayanmaktadır. Bunlar aşağıda listelenmiştir:

- Müşteri Odaklılık
- Liderlik
- Çalışanların Katılımı
- Süreç Yaklaşımı
- Sürekli İyileştirme
- Verilere Dayalı Karar Verme
- İlişki Yönetimi (tedarikçiler ve müşteriler gibi tüm paydaşlarla etkin işbirliği)

Ülkemizde de çok yaygın bir kalite sistemi olan ISO 9001:2015'in mühendislik tasarım yönetimi ile ilgili bölümleri burada açıklanacaktır.

### 5.2.3.2.1 Tasarım ve Geliştirmenin Planlanması

Tasarım ve geliştirmenin aşamaları ve kontrolleri belirlenirken kuruluş aşağıdakileri değerlendirmelidir:

- Tasarım ve geliştirme faaliyetlerinin yapısı, süresi ve karmaşıklığı,
- Uygulanabilir tasarım ve geliştirme gözden geçirmeleri dâhil, gerekli süreç aşamaları,
- Gerekli tasarım geliştirme doğrulama ve geçerli kılma faaliyetleri,
- Tasarım ve geliştirme sürecinde yetki ve sorumlulukları,
- Ürün ve hizmetlerin tasarım ve geliştirilmesi için gerek duyulan iç ve dış kaynakları,
- Tasarım ve geliştirme faaliyetlerinde yer alan personel arasındaki ara yüzlerin kontrol gereksinimleri,
- Müşteri ve kullanıcıların tasarım ve geliştirme sürecinde yer alma durumu,
- Ürün ve hizmetlerin daha sonraki sunumu için şartları,
- Tasarım ve geliştirme süreci için müşteri ve diğer ilgili taraflarca beklenen kontrol düzeyi,
- Tasarım ve geliştirme şartlarının karşılandığını göstermek için gereksinim duyulan dokümanite edilmiş bilgi.

Planlama çıktıları, tasarım ve geliştirme sürecinde gerektiğinde güncellenmelidir.

### 5.2.3.3 Tasarım ve Geliştirme Girdileri

Tasarım ve geliştirmesi yapılacak belirli ürün ve hizmet tipleri için kuruluş aşağıdakileri değerlendirmelidir:

- İşlevsel ve performans gereksinimleri,
- Önceki benzer tasarım ve geliştirme çalışmalarından elde edilmiş bilgiler,
- Birincil ve ikincil mevzuat gereksinimleri,
- Kuruluşun uygulamayı taahhüt ettiği standartlar veya uygulama esasları,
- Ürün veya hizmetin yapısından kaynaklanan başarısızlığın potansiyel sonuçları.

Girdiler, tasarım amaçlarına uygun, tam ve başka şekilde anlaşılmayacak şekilde olmalıdır.

Birbiri ile çelişen tasarım ve geliştirme girdileri çözümlenmelidir.

Kuruluş, tasarım ve geliştirme girdileri ile ilgili dokümanite edilmiş bilgiyi muhafaza etmelidir.

### 5.2.3.4 Tasarım ve Geliştirmenin Kontrolü (Gözden Geçirme, Doğrulama ve Geçerli Kılma)

Kuruluş, aşağıdakileri güvence altına almak için tasarım ve geliştirme sürecine kontroller uygulamalıdır:

- Erişilmesi amaçlanan sonuçların tanımlandığı,
- Tasarım ve geliştirme sonuçlarının şartları karşılama kabiliyetini değerlendirmek için gözden geçirmelerin yapıldığı,
- Tasarım ve geliştirme çıktılarının, girdi şartlarını karşıladığını güvence altına almak için doğrulama faaliyetlerinin yapıldığı,

- d. Ortaya çıkan ürün ve hizmetlerin, belirtilmiş uygulama veya amaçlanan kullanımı için şartları karşılama güvence altına almak için geçerli kılma faaliyetinin yapıldığı,
- e. Gözden geçirme, doğrulama ve geçerli kılma faaliyetleri esnasında ortaya çıkan sorunlar için gerekli faaliyetlerin yapıldığı.

Bu faaliyetlerle ilgili dokümanite edilmiş bilgiler muhafaza edilmelidir.

### 5.2.3.5 Tasarım ve Geliştirme Çıktıları

Kuruluş, tasarım ve geliştirme çıktılarının aşağıdakileri karşıladığını güvence altına almalıdır:

- a. Tasarım ve geliştirme girdi gereksinimlerini karşıladığını,
- b. Satın alma, imalat ve bakım gibi ürün ve hizmetin sunumu ile ilgili daha sonraki süreçler için uygun bilgileri içerdiğini,
- c. Ürünün kabul şartlarını içermesini veya ilgili dokümanlara atıf yapılmasını ve
- d. Ürünün veya hizmetin güvenli ve istenen amaca uygun olarak kullanılması için gerekli karakteristikleri tanımladığını.

Kurulum, tasarım ve geliştirme çıktıları ile ilgili dokümanite edilmiş bilgileri muhafaza etmelidir.

### 5.2.3.6 Tasarım ve Geliştirme Değişiklikleri

Tasarım ve geliştirme değişiklikleri tanımlanmalı ve kayıtları tutulmalıdır. Bu değişiklikler uygulanmadan önce uygunsuz gözden geçirilmeli, doğrulanmalı ve geçerli kılınmalıdır. Tasarım ve geliştirme değişikliklerinin gözden geçirilmesi, bu değişikliklerin daha önce sevk edilmiş olan parçalara olan etkisinin değerlendirilmesini de içermelidir.

Kuruluş, aşağıdakilerle ilgili dokümanite edilmiş bilgileri muhafaza etmelidir:

- a. Tasarım ve geliştirme değişiklikleri,
- b. Gözden geçirme sonuçları,
- c. Değişiklik yetkisi,
- d. Olumsuz etkileri önlemek için yapılan faaliyetler.

## 5.3 TÜRKİYE'DE ENERJİ TESİSLERİ TASARIMI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Enerji tesisleri tasarımları, hidroelektrik santraller, termik santraller, güneş enerjisi tesisleri, rüzgâr santralleri, jeotermik santraller ve diğer başlıkları altında aşağıda özetlenmiştir.

### 5.3.1 Hidroelektrik Santraller

Cumhuriyet döneminde yapılan ve 1936'da hizmete açılan Ankara Çubuk-1 Barajından itibaren, her tipte barajın tüm su yapıları yerli proje bürolarınca projelendirilmektedir[7].

DSİ'nin 1954 yılında kuruluşundan sonra baraj ve HES yapımı hızlanmış, 1960'lı yıllarda yayımlanan bir kararname ile barajlarda kullanılan her türlü kapak, vana, cebri boru vb. hidromekanik ekipman ile kumanda mekanizmaları ve kren, vinç vb. kaldırma makinalarının yerli yapım zorunluluğu getirilmiş olması, bu konulardaki tasarım yeteneğinin kazanılmasını sağlamıştır.

Ancak kamu ihale sisteminde hidromekanik ekipman temininin de inşaat işleri kapsamına alınması, taşeron konuma getirilen ekipman üreticilerinin aleyhine olmuş, bu dönemde kalite kavramını göz ardı eden küçük firmaların devreye girmesiyle, bu konudaki mühendisliğin gelişmesi engellenmiştir.

1977 yılında TEMSAN'ın (Türkiye Elektromekanik Sanayii A.Ş.) kurulması ile su türbinleri ve jeneratörlerin yurt içinde yapımı için çok önemli bir adım atılmıştır. Ancak, TEMSAN'da tasarım konusunda tamamıyla dışa bağımlı olarak lisans anlaşmaları ve yabancı ortaklıklar ile 62 MW kapasiteye kadar türbin ve jeneratör parçaları üretilmiştir. Ar-Ge çalışmalarının bu süre içerisinde yapılmaması, nitelikli personel istihdamının sağlanamaması ve her KİT gibi yönetim zafiyetine uğratılması sonucunda TEMSAN kendisinden beklenenleri karşılayamamış ve aradan geçen 40 yıla rağmen, 1980'li yıllarda Fransız lisansör firmanın tasarımı Tercan HES türbininden (5 MW) yola çıkarak ölçeklendirme yöntemi ile yerli olarak projelendirilen İvriz HES türbini (0,52 MW) ve son senelerde üretilmiş ve üretilmekte olan bazı küçük kapasiteli olanlar dışında, kendi tasarımı ile türbin ve jeneratörümüzü imal etmek son yıllara kadar mümkün olmamıştır.

Bunun dışında, 1980'li yıllarda İŞBİR ve TÜRBOSAN işbirliği ile küçük kapasiteli türbin ve jeneratörlerin imalatları da gerçekleştirilmiştir.

1980'li yılların başında, 32 MW'lık Hirfanlı Hidroelektrik Santralının 4. Ünitesini oluşturan türbin ve jeneratörün Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) Hidrolik Santrallar Daire Başkanlığı tarafından tersine mühendislikle sağlanan tasarım ve teknik resimlerle ve bu Başkanlığın proje yöneticiliği ile T.Ş.F.A.Ş Ankara Makina Fabrikası, Karabük Demir Çelik Fabrikaları, diğer çeşitli sanayi kuruluşları ve TEK atölyelerinde iki senede imal edilmesi ve TEK elemanlarınca montajı yapılarak ticari işletmeye alınması önemli bir atılım olmuştur. Santralin bu ünitesi ile halen enerji üretimi sürdürülmektedir. Yüzde yüze yakın yerli olarak yapılmış olması, enerji üretim ve dağıtım makineleri ile teçhizatının üretimi için gerekli imalat sanayisinin ülkemizde mevcut olduğunu, istendiği takdirde yapılabileceğini kanıtlanması yönünden iyi bir örnek olmuştur. Ancak, bundan sonra bu türde bir gelişme olamamıştır.

Hidroelektrik santrallarda kullanılan elektrik ekipmanının büyük kısmı için bir sorun bulunmamaktadır. 380 kV dâhil her güçte güç trafosu, iç ihtiyaç ve dağıtım trafosu, orta gerilim 36 kV, yüksek gerilim 170 kV ve 420 kV şalt ekipmanları yurdumuzda tasarlanıp üretilmektedir.

### 5.3.2 Termik Santrallar

Ülkemizde termik santrallar konusu ile ilgili mühendislik bilgi ve deneyimi oldukça üst düzeye gelmiş olsa da, termik santrallarının (kömür, doğal gaz ve fuel oil yakıtlı) komple tasarımı yurdumuzda halen yapılmamaktadır[7]. Bu konuda bazı yerli mühendislik firmalarının tekil başarı örnekleri var olsa da özellikle mühendislik, satınalma ve inşaat (EPC) olarak termik santral yapan firmaların kendi mühendislik grupları, tasarımı "architect engineer" olarak adlandırılmış olan ve genellikle ABD, İspanya ve Almanya merkezli mühendislik firmalarından almaktadır.

Haliç'teki Silahtarağa Termik Santralının 1914 yılında hizmete girdiği günden bu yana geçen bir asrı aşan sürede ülkemizde termik santrallara yönelik yerli kazan, buhar veya gaz türbini ve jeneratör maa- lesef tasarlanıp üretilmemiştir.

Yerli kazan tasarımı ve imalatı ile ilgili geçmişte bir takım lisans anlaşmaları ve ortaklıklar gibi adımlar atılmış olsa da bu çalışmaların devamı gelmemiştir.

Dolaşımli akışkan yataklı kömür yakma teknolojisini geliştirme hususunda özel firmaların, üniversite- lerin ve TÜBİTAK-MAM Araştırma Enstitüsünün çalışmaları olmuştur. TÜBİTAK-MAM'da ayrıca "Termik santral teknolojilerinin geliştirilmesi ve yerleştirilmesi" başlıklı kısa adıyla MİLTES projesi ve milli termik santral kükürt arıtma sisteminin geliştirilmesi ve yerleştirilmesi konusundaki (MİLKAS) projelerle ilgili çalışmalar yapılmış olsa da bu projelerden henüz uygulamaya yönelik bir sonuç alınmamıştır[8].

Termik santrallarda yer alan yüksek basınç ve alçak basınç ısıtıcıları, ekonomizer, kömür/kireçtaşı hazırlama ve taşıma sistemleri, kül/curuf atma sistemleri, su hazırlama ve su arıtma sistemleri, yar- dımcı kazanlar, basınçlı tanklar, depolama tankları, borulamalar, enerji santrallarında kullanılan AG ve OG kuvvet kabloları ile elektromekanik teçhizatın büyük bir kısmı, trafolar, şalt sistemleri, yangın söndürme sistemleri yerli olanaklar ile yapılabilmektedir.

### 5.3.3 Güneş Enerjisi Tesisleri

Enerji üretim maliyetlerinin düşüklüğü nedeniyle ülkemizde de son dönemlerde yaygın olan güneş enerjisi tesislerinin kurulmasına yönelik mühendislik hizmetleri konusunda çalışan çokça tasarım fir- ması bulunmaktadır[9].

Ülkemizde şu anda ana mamul üreticilerinden; solar cam, invertör ve modül üreticileri hâlihazırda vardır. 'Eva, backsheet, ribbon ve bağlantı kutusu' üretimine uygun hammadde ve makine teknolojisi de bulunmaktadır. YEKA GES-1 projesi kapsamında, Ankara'da yerli güneş enerjisi fotovoltaik panel üretim fabrikası, bu ihaleyi kazanan Türk firmasının teknoloji sağlamak üzere yapmış olduğu anlaş- malar uyarınca Çin firmalarının katkılarıyla 2020 yılı içinde açılacaktır. Bu fabrikada, ingot, wafer, hücre ve modül imalatı yapılacak olup, yüzde 22 verimliliğe sahip 'mono perc' hücre teknolojisi geliştirecek. Aynı proje kapsamında fabrikada kurulacak ve 100 mühendisin çalışacağı Ar-Ge merkezi aracılığıyla da Türkiye'de yeni ve verimli teknolojilerin geliştirilmesi planlanıyor[10].

### 5.3.4 Rüzgâr Santralları

Ülkemizde yüzde 100 yerli tasarım ile yalnızca küçük rüzgâr türbinleri üretilebilmektedir. Öte yandan ülke çapında bazı üniversiteler, araştırma kurumları ve özel sektör firmalarının oluşturduğu bir Ar-Ge uygulama projesi olan Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi (MİLRRES) konusunda çalışmalar yapılmış ve ilk etapta 500 kW'lık türbinin tasarım ve üretimi TÜBİ- TAK desteği ile yapılmış ve montajı gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel ölçekteki daha büyük kapasiteli rüzgâr türbini yapımı için çalışmalar sürmektedir[11].

Ülkemizde rüzgâra dayalı kurulu gücün hızla artmasına karşın sadece bazı büyük kapasiteli yerli tür- bin imalatçılarının türbin kule ve kanatları, tasarımı yurtdışından sağlanarak ve yabancı firmalarla

ortak girişim ile yurt içinde üretilebilmektedir. Proje geliştirme ve danışmanlık, ankraj civataları, gemici merdivenler, inşaat hizmetleri gibi alanlarda da bazı yerli veya ortak girişim şirketleri kurulmuş ve bu alanlarda kısmi tasarım ile hizmetler yürütülmektedir. Elektrik malzemelerinin (jeneratör, trafo, şalt sahası malzemeleri vb.) büyük bölümü yurdumuzdan temin edilebilmektedir. YEKA RES 1 projesi kapsamındaki ihaleyi kazanmış olan Türk ve yabancı firmalardan oluşan konsorsiyumun Alman ortağı tarafından İzmir'de kurulan fabrikada rüzgâr türbinlerinin toplam yerlilik oranı en az % 65 olacak şekilde imalat yapılacaktır ve bu proje kapsamında kurulacak Ar-Ge merkezinde 10 yıl süreyle rüzgâr enerjisi teknolojileri konusunda katma değeri yüksek çıktıların elde edileceği Ar-Ge faaliyetleri yürütülecektir[12].

### 5.3.5 Jeotermal Santraller

Jeotermal santrallerde elektrik üretiminde kullanılan ana ekipmanlar olan türbin, jeneratör, ısı değiştiriciler, soğutma kulesi, kontrol vanaları ve pompaların, bazı buhar türbinleri dışında kalan tamamı ithal edilmektedir[13].

Santral ile kuyular arasında yer alan ortak tesis ekipmanlarından olan mekanik kapsamındaki gate vanalar, booster pompalar, reenjeksiyon pompaları, basınçlı kaplar (seperator, akümülyasyon tankları vb.), borular, supportlar yerli tasarımla imal edilebilmektedir. Diğer santrallerde olduğu gibi, elektrik malzemelerinin (jeneratör, trafo, şalt sahası malzemeleri vb.) büyük bölümü yerli tasarımla ülkemizden temin edilebilmektedir.

### 5.3.6 Diğer

Biokütle, biyoyakıt ve hidrojen enerjisi ekipmanları konusunda da ülkemizde bazı çalışmalar yapılmaktadır.

Dolaşımli akışkan yataklı yakma teknolojisini geliştirme hususundaki özel firmaların, üniversitelerin ve TÜBİTAK-MAM Araştırma Enstitüsünün çalışmaları biokütle için de geçerlidir.

Çanakkale'nin Bozcaada ilçesinde, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü'nün (UNIDO) ortak kuruluşu olan Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi (ICHET) tarafından 'Bozcaada Hidrojen Adası Projesi' kapsamında inşa edilen Hidrojen Enerji Üretim Tesisi 2011 yılında hizmete açıldı. Diğer taraftan TÜBİTAK, TTGV ile bazı yerli firmalar arasında imzalanan Yakıt Pili Projesi'nin etrafında oluşturulan konsorsiyum, yine yerli bazı büyük kuruluşların konuya ilgi duymaları ve önemli Ar-Ge projelerine imza atmaları, çeşitli araştırma kuruluşlarının ve üniversitelerin çalışmaları, Türkiye'de hidrojen ve yakıt pili teknolojisi konusunda umut verici çalışmalardır[7].

## 5.4 ENERJİ TESİSLERİ TASARIMINDA GELİŞMELER

### 5.4.1 Tasarım Yöntemlerindeki Değişiklikler

Tasarımda, yukarıda 1.2 ve 1.3 numaralı paragraflarda belirtilmiş olan ve genellikle müşteri gereksinimleri içerisinde de yer alan tesis tasarımında sağlık, güvenlik ve çevre koruma ile mühendislik kalite

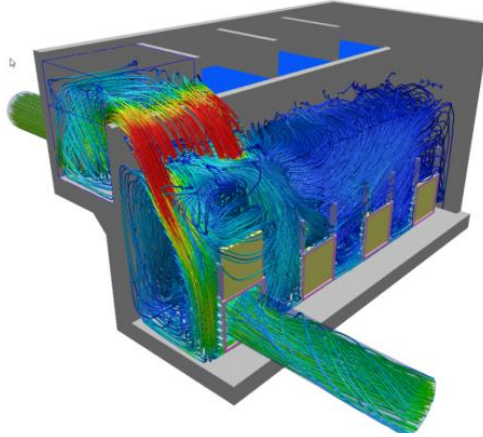
sistemleri, tasarım faaliyetlerinin kapsamını ve tasarım çalışmaları için harcanması gereken emek ve süreleri ciddi olarak artırmıştır.

#### 5.4.2 Tasarım Hesaplamalarında Kullanılan Yazılımlar

Mühendisliğin her disiplininin tasarım hesaplamalarında kullanılan yazılımlardaki gelişmeler, son dönemlerde gerek çeşitlilikleri gerekse de kullanım kolaylığı getiren ara yüzleri ile tasarımcılara hem zaman kazandırıcı kolaylıklar, hem de tasarım mükemmeliyetine erişme (optimizasyon) olanakları getirmiştir.

Mühendislikte kullanılan belli başlı yazılımlar aşağıda listelenmiştir:

- Statik ve dinamik yapısal analiz yazılımları,
- Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) yazılımları,
- Sayısal Akışkanlar Mekaniği (CFD) yazılımları,
- Isı ve Kütle Dengesi yazılımları,
- Proses (süreç) simülasyon yazılımları,
- Elektrik Güç Sistemi Analiz yazılımları,
- Aydınlatma hesabı yazılımları,
- Borulama sistemi gerilim hesap yazılımları,
- Ekipman (basınçlı kap, eşanjör, depolama tankı vb.) hesabı yazılımları,
- Kaldırma ve taşıma ekipmanları (vinç, bantlı konveyör, helezon konveyör vb.) hesaplama yazılımları.



Şekil 5.1 Sayısal Akışkanlar Mekaniği (CFD) yazılımı çıktı örneği  
(Termik Santral Soğutma Suyu Çıkış Yapısı)

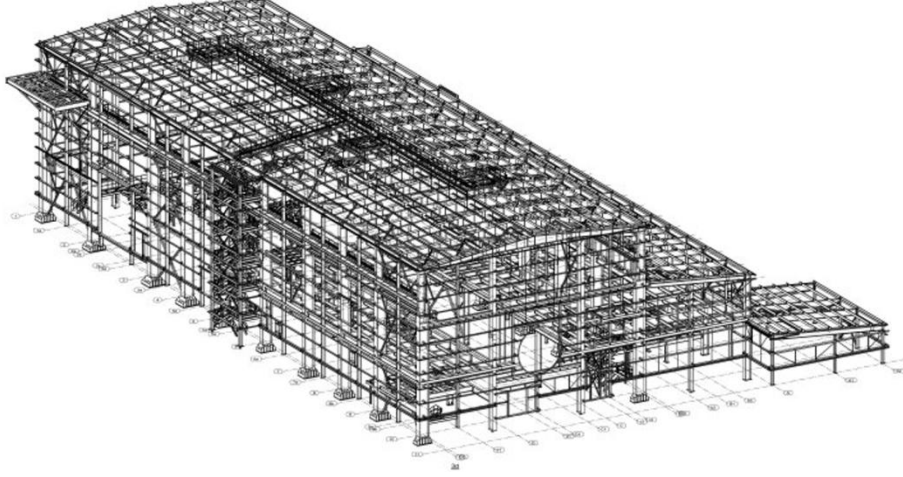
#### 5.4.3 Tasarım Resimlerinin Oluşturulmasında Kullanılan Yazılımlar

Tasarım resimlerinin oluşturulmasında kullanılan pek çok iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) yazılımın geliştirilmiş olması hatasız mühendislik resimlerinin çok kısa sürelerde oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Bu tür tasarım resimlerinin oluşturulmasında kullanılan yazılımların başlıca tipleri aşağıdaki gibidir:

- Gelişmiş 2 boyutlu disiplinlere özgü çizim yazılımları,
- Gelişmiş 3 boyutlu disiplinlere özgü çizim yazılımları,



- Çelik yapıların iki boyutlu imalat resimlerini, satınalma metrajlarını ve nümerik kontrollü tezgâhlarda imalat verilerini hazırlayan üç boyutlu tasarım yazılımları,
- Betonarme yapıların iki boyutlu kalıp ve donatı resimlerini de oluşturan üç boyutlu tasarım yazılımları,
- Mimari üç boyutlu görsel yazılımları,
- Boruların spul detaylarını da oluşturan ve nümerik kontrollü tezgâhlara imalat verisi hazırlayan üç boyutlu yazılımlar.



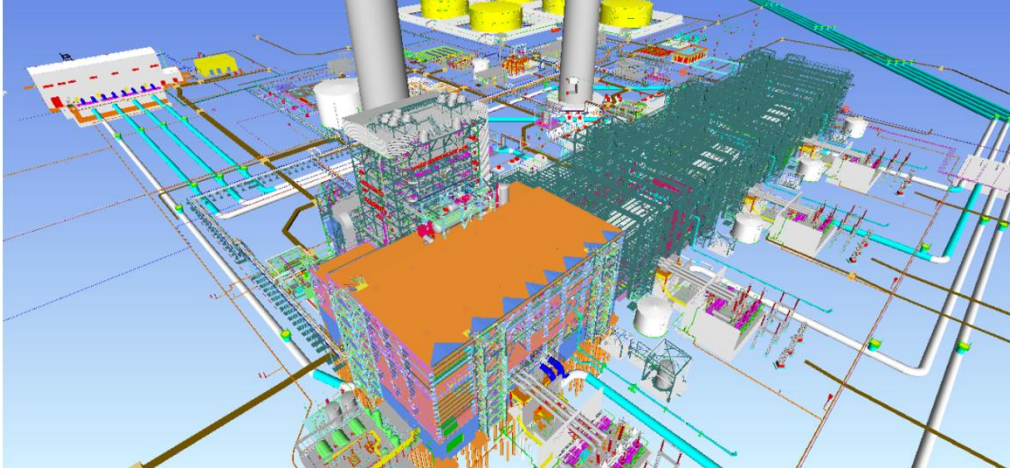
Şekil 5.2 Çelik yapıların iki boyutlu imalat resimlerini, satınalma metrajlarını ve nümerik kontrollü tezgâhlarda imalat verilerini hazırlayan üç boyutlu tasarım yazılımı çıktı örneği (Türbin binası)

#### 5.4.4 Tesis Tasarım Yazılımları

Tesis tasarımında kullanılan üç boyutlu yazılımlar, tesislerin sanal gerçeklik ortamında bir ikizinin dijital ortamda oluşturulmasına izin veren ve son yıllarda tüm tesis tasarımlarında müşteri talebi olarak da tasarımcıların kullanmak durumunda kaldıkları bir teknolojik gelişmedir.

Oluşturulan üç boyutlu tesis tasarımları;

- Tasarımdaki tüm mühendislik disiplinlerinin aynı dijital model üzerinde çalışmalarını ve ilişkilerini izlemelerini mümkün kılar,
- Tesisteki tüm disiplinlerden elemanların birbirleri ile girişim yapıp yapmadığının kontrol edilmesini sağlar,
- Dijital tesis içinde, dijital gezinti yapılmasına ve bu şekilde ulaşılabilirlik ve işletilebilirlik kontrollerinin yapılabilmesini sağlar,
- Ekipmanların bakımı için gereken yeterli boşlukların olup olmadığını kontrol eder,
- Üç boyutlu akıllı elemanlar ile, uygulama sırasında satınalma, imalat, inşaat, bütçe kontrol gibi proje yönetim olanakları sağlar.



Şekil 5.3 Tesis tasarım yazılımı çıktı örneği (Termik santral)

Lazer tekniği ile mevcut tesisleri taratarak onların üç boyutlu modellerini çıkaran yazılımlar da özellikle tesislerin bakım ve modifikasyonları sırasında çok yararlı olmaktadır.

## 5.5 TÜRKİYE'DE ENERJİ TESİSLERİ TASARIMINDA GELİNEREK NOKTA

Ülkemizde hâlen enerji tesislerinin tasarımı konusunda çalışan birçok mühendislik firması bulunmaktadır. Bu firmalar, yukarıda tanımlanmış olan kavramsal, temel ve detay tasarım aşamalarının tamamını veya bazılarını yine yukarıda tanımlanmış olan tesis tasarımında dikkate alınması gereken sağlık, güvenlik ve çevre gereksinimlerine de uyarak ve mühendislik kalite sistemlerini uygulayarak yapmaktadır.

Ülkemizdeki tasarım firmaları, yukarıda belirtilmiş olan mühendislik yazılımlarının tamamını ya da bazılarını kullanmaktadır ve bu yazılımları kullanarak çok başarılı tesis tasarım örnekleri vermişlerdir. Bu tasarım çalışmaları, yukarıda ülkemizde yapılamadığı belirtilmiş olan konuları kapsamamaktadır. Ülkemizde çok başarılı tasarım çalışmaları yapılmış da olsa, firmalar yaşadıkları iş çeşitliliği ve/veya iş azlığı nedenleriyle, genellikle tasarım gruplarının sürekliliğini koruyamamaktadır.

Ülkemizdeki mühendislik, satınalma ve inşaat (EPC) türü taahhütler üstlenen şirketler, bünyelerinde tasarım birimlerini veya “architect engineer” firmalara yaptırdıkları tasarım çalışmalarını koordine etmek için mühendislik grupları bulundurmaktadırlar.

Mühendislik firmalarımızın birçoğu, kullandıkları tasarım yazılımlarını da geliştirmektedirler. Ülkemizdeki bir mühendislik firması tarafından geliştirilmiş olan bir yazılım (COMOSYS) ile yapıların üç boyutlu modelleme, yapısal analiz, tasarım, detaylandırma ve mühendislik çizimleri oluşturma aşamalarının tamamı gerçekleştirilmektedir. Bu yazılımın, şu anda sürmekte olan uluslararası bir projede (Rusya’da Kuzey Kutup Dairesi içerisinde inşaatı sürmekte olan “Arctic LNG 2 Projesi”) kullanılmak üzere seçilmiş olması, ülkemiz mühendisliği açısından önemlidir. Benzer özelliklerde ve önceki ismi Probing Orion olan, daha çok betonarme yapıların üç boyutlu modelleme, detaylandırma ve analizine olanak veren, şimdilerde ProtaStructure Suite olarak birçok modülden oluşarak betonarme yanında çelik yapıların da üç boyutlu modelleme, analiz ve çizimini (detaylandırılması) mümkün kılan ve

yine birçok uluslararası projede kullanılmış olan bu yazılım da, ülkemizdeki bir mühendislik firması tarafından geliştirilmiş çok değerli bir çalışmadır.

## 5.6 DEĞERLENDİRME VE GÖRÜŞLER

Ülkemizdeki mevcut bazı tekil tasarım şirketlerinde veya mühendislik, satınalma ve inşaat türü taahhütler üstlenen şirketlerdeki tasarım gruplarında var olan mühendislik gücü üst düzeydedir. Ne var ki, bunların sayısı çok değildir.

Bu gücü korumak ve geliştirmek ve yukarıda belirtilmiş olan ülkemizde tasarımı yapılamayan enerji tesisleri konularında belli bir strateji planı içerisinde tasarım yeteneği elde etmek çok önemlidir.

İlgili bakanlıklarca, ki enerji tesisleri için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı başı çekmelidir, oluşturulacak strateji planının ısrarlı takibinin yapılması gerekecektir. Bu plan içerisinde mevcut bilgi, imkân ve yeteneklerin ortak kullanılması ve koordinasyonunun yapılması çok önemlidir. Bu şekilde, tekrarlanan çalışmalar yapılmayacağı gibi kaynak israfı da engellenecektir. Koordinasyon ile sağlanacak bilgi ve deneyim paylaşımı zaman kayıplarının da önüne geçecektir. Oluşturulacak teşvik ve koruma yöntemleri ile bilgi ve deneyim kazanmış tasarım personelinin, şirket dalgalanmalarına bağlı olarak sektör dışına kayması ve elde edilmiş kazanımların kaybedilmesi de önlenmelidir.

Kalifiye eleman yetiştirilmesi için gerek üniversiteler, gerekse de kamu ve özel firmalar gerekli öğretim ve eğitim çalışmalarını yapmalıdır. Bu anlamda üniversite-sanayi işbirliği ile konuya hedefli pilot çalışmalar öngörülmelidir.

## KAYNAKÇA

1. Ertas, A. & Jones, J., The Engineering Design Process. 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1996, New York, N.Y.
2. FEED – Front End Engineering Design, <https://www.epcengineer.com/definition/556/feed-front-end-engineering-design>, son erişim tarihi: 01 Şubat 2020.
3. Janjua, F., Handbook on Process Safety Integrity for Utility Operators, 2014, KSA.
4. Kletz, T., Amyotte, P., Process Plants - A Handbook for Inherently Safer Design, 2nd Ed., CRC Press, 2010, USA.
5. Tiniş, F., Mühendislik Tasarımında Kalite Sistemleri ile Standart, Yönetmelik ve Tüzükler, 2006, Mühendislikte Tasarım, ODTÜ Mezunları Derneği Yayınları, sayfa 165 – 186.
6. TS EN ISO 9001, Kalite Yönetim Sistemleri – Şartlar, 2015.
7. Enerji Ekipmanları Yerli Üretimi Durum Değerlendirmesi ve Öneriler, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No: MMO/621, 2014, Ankara.
8. TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, <http://ctue.mam.tubiak.gov.tr>, son erişim tarihi: 01 Şubat 2020.
9. Enerji portalı-Günder-Firmalar, <https://www.enerjiportali.com/category/firmalar/>, son erişim tarihi: 01 Şubat 2020.
10. Türkiye'nin ilk entegre yerli güneş paneli üretim fabrikası Ankara'da kuruluyor, <https://www.solar.ist/turkiyenin-ilk-entegre-yerli-gunes-paneli-uretim-fabrikasi-ankarada-kuruluyor/>, son erişim tarihi: 01 Şubat 2020.
11. Başoğlu, M.E., Çakır, B., Wind Energy Status in Turkey, 2015, World Academy of Science and Technology, International Journal of Physical and Mathematical Sciences, Vol. 9, No. 1, sayfa 19–24.
12. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, son erişim tarihi: 01 Şubat 2020.
13. Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No: MMO/691 2018, Ankara.

## ÖZGEÇMİŞ



**Fuat TİNİŞ**  
ftinis@gmail.com

*ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1980 yılında lisans, 1983 yılında yüksek lisans dereceleri ile mezun oldu. Aynı bölümde 1983 yılına kadar öğrenci asistan ve araştırma görevlisi olarak görev aldı. 1994 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İşletme Bölümünden lisans derecesi ile mezun oldu. 1983-1986 yılları arasında GÜRİŞ Makina İmalat ve Montaj AŞ'de, 1986-1988 yılları arasında TAI'de tasarım mühendisi olarak görev yaptı. 1988-1995 yılları arasında IŞIK Makina AŞ'de Mühendislik Müdürlüğü görevini yürüttü. 1995-2018 yılları arasında GAMA Endüstri Tesisleri İmalat ve Montaj AŞ'de Mühendislik Direktörlüğü görevini yürüttü. 2018 yılından bu yana görev aldığı ABT Yapı'da Kurumsal Mühendislik Direktörlüğü görevini yürütmektedir ve 2008 yılından bu yana Atılım Üniversitesi Üretim Mühendisliği ve Makine Mühendisliği Bölümlerinde yarı zamanlı öğretim görevlisi olarak Makina Teorisi ve Makina Elemanları derslerini vermektedir. Ayrıca, üniversitelerde ve savunma sanayii firmalarında danışman olarak görev yapmaktadır. 2009 yılından itibaren değerlendirici olarak görev aldığı MÜDEK'te 2019 yılından bu yana takım başkanı ve akreditasyon kurulunda sanayi temsilcisi olarak görev almaktadır.*