

İnşaat Mühendisliğinde Enerji Verimliliği Dersi

Özet

Günümüzün inşaat mühendisliğinde enerjinin verimli ve az tüketilmesi, yenilenebilir enerji kullanımı, sera gazı dolayısıyla karbondioksit (CO_2) salımının en aza indirilmesi ana tasarım ve yapım kriterleri arasına girmektedir. Türkiye’de binaların toplam enerji ve elektrik kullanımındaki payının sırasıyla %37 ile %48 olduğu, ısınma için de bina enerjisinin ortalama %85’inin harcandığı biliniyor. Doğru projelendirme, malzeme seçimi ve yapım uygulamalarıyla enerji tasarrufu sağlayıp CO_2 salımını azaltacak ve ülkenin sürdürülebilir kalkınmasına da katkıda bulunacak olanlar bilgili ve yenilikçi inşaat mühendisleridir. Enerji yönetimini etkili bir şekilde yapmaları beklenen mühendislerin küresel ısınma, sera gazı salımı, yeşil yapılar ve enerji etkin yapı malzemeleri arasındaki ilişkileri profesyonel bir disiplin içinde öğrenmeleri gerek. Bunun için üniversite üçüncü sınıfta “Enerji Verimliliği” dersinin okutulması önerilmektedir.

Anahtar sözcükler: enerji, verimlilik, CO_2 salımı, sürdürülebilirlik, yeşil yapı, yenilenebilir enerji (YE), eğitim, araştırma ve geliştirme (AR-GE)

1. Giriş

Önceleri dünyamız için sorun teşkil etmeyen veya olumsuz etkileri yoğun olarak hissedilmeyen iklim değişikliğini küresel ısınmanın hızlandırdığı kaydedilmektedir. Ayrıca enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtlar da tükenmekte. İnşaat mühendislerine de bu çerçevede, sorumluluk sahibi bireylere düşen görevlerin çok ötesinde ulusal ve evrensel boyutta profesyonel görevler düşüyor.

İlk bakışta, inşaat mühendislerinin çalışmalarıyla enerji yönetimi, çevre korunması ve CO_2 salımı birbir ilişkili görülmez. Ancak tüm yapıların gerek inşaatı gerekse on yıllar sürecek kullanımı sırasında eko sistemi, çevreyi, doğal kaynakları, enerji tüketerek, CO_2 çıkararak ve küresel ısınmaya neden olarak önemli ölçüde etkilediği unutulmamalıdır. Bilinçsiz uygulamalar enerji israfına yol açacak ve küresel ısınma da hızlanacaktır. Mühendisler, eserlerini üretirken amaçla estetikten ödün vermeksizin, enerjiyle malzeme tüketimini ve atıkları en aza indirmeliler. Bu, karbon ayak izini (yaşam faaliyetlerinden çıkan CO_2) azaltacaktır. Yapılan ölçümler, son asırda nüfus artışı, sanayileşme, ulaşım ve sulamada enerjinin aşırı tüketimiyle, sera gazının yaklaşık %78’ini oluşturan CO_2 ’in atmosferde %30 oranında yükseldiğini göstermiştir. Türkiye’de sera gazı salımının %77,8’i enerji kaynaklıdır. Enerji etkin yapılar, kaynak tüketimini azaltmanın yanı sıra enerjisinin en az %72’sini ithalatta karşılayan Türkiye için önemli bir kazanç anlamı taşımaktadır. Mühendisler meslek etiği

yeminine de uygun olarak yapılarına, sürdürülebilirlik, enerji etkin özellikler katmalı, maliyeti ilk yatırıma göre değerlendirmemeliler.

Potansiyel mühendisler eğitilirken, değişen ihtiyaçları yakından izleyip enerji etkin, yaşam kalitesini yükseltecek, gelecekteki ihtiyaç ve koşullara uygun, kalıcı çağdaş eserler üretmekle yükümlü oldukları bilinci aşılmalı. Dolayısıyla klasik inşaat mühendisliği eğitiminde ayrı bir ders olarak bulunmayan enerjinin etkin kullanımı ve yönetiminin programa alınıp tüm öğrencilere okutularak genç mühendislerin donanımlı bir şekilde mesleğe başlatılması çok yararlı olacaktır. Dersin inşaat mühendislerine yönelik olarak hazırlanması, bir anlamda eserleriyle geleceğimizi de şekillendiren bu profesyonel grubun sorumluluk listesine enerjiji verimli kullanmanın da dâhil edilmesi son derece önemlidir.

Küresel ısınma/iklim değişikliği, inşaat mühendisliği alanında su temini, yağmur suyu ve atık su uzaklaştırılmasıyla benzeri alt yapı tesislerini doğrudan etkiler. Aynı şekilde kıyı şeridinde olagelen ve gittikçe artan fiziksel değişimlerle başta yapıların temelleri olmak üzere limanlar ve köprüler ciddi oranda tahrip olma potansiyeli taşımaktadırlar. Aşırı yağışlar ve hızla eriyen karların yol açtığı selleri uzaklaştırmak için daha fazla savak, baraj ile pompa istasyonları ve diğer altyapı tesislerine ihtiyaç vardır. Neticede enerji talebi ve dolayısıyla CO₂ emisyonu artmakta. Bazı bölgelerde kuraklığa karşı suyun daha tasarruflu ve yeniden kullanımıyla yağmur hasadına elverişli plan ve projeyi hazırlayıp alt yapıyı kurmak, artırılmış suyla yağmur suyunu tekrar kullanmak ya da yer altı suyuna enjekte etmek gibi çözümleri gerçekleştirecek olanlar da mühendislerdir. Bu kapsamda, iklimdeki ani değişikliklerin tetiklediği yıllık sel ve kuraklık dönemlerini dengeleyip suyun denizlere boşalmasını önlemek üzere yer altı barajlarının yapılması da sıkça gündeme gelecektir.

2. Enerji Verimliliği

Yapıların tasarımı, inşası ve kullanımında estetiği dışlamadan su, güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) tüketiminin enerji verimliliği için gerekliliği bilinmektedir. Örnek olarak "low-e" kaplamalı çift cam, mantolamayla yalıtım, giydirme cephe, suyun güneş enerjisiyle ısıtılması, eski Ortadoğu yapılarındaki etkin havalandırma bacaları gösterilebilir. Bu şekilde, enerjinin verimli kullanıldığı, 275 m² toplam alanlı iki katlı bir örnek bina EİE (Elektrik İşleri Etüt) İdaresi tarafından hazırlanmıştır. Binanın duvarları, tavanı ve zemini değişik kalınlıkla özelliklerdeki polistren köpük ve cam yünüyle mantolanmıştır. Diğer enerji etkin uygulamalar binanın yıllık toplam enerji ihtiyacını 97.500 kWh'dan 25.000 kWh'a düşürmüştür. Söz konusu enerji tasarrufu şöyle kuruşlandırılabilir:

- Enerji fiyatı hesabıyla kazanım:** 1 kWh'in yaklaşık 0,22 TL olduğu varsayılarak bir yılda enerjiye ödenecek fatura tutarının 16.000 TL azalacağı görülmektedir. Bu da kullanıcıların işletme giderinden elde ettiği kazançtır.
- Azalan hammadde, TEP (ton eşdeğer petrol) maliyetinden kazanım:** 1 TEP ile 11.628 kWh enerji üretilebilmektedir. Enerji tüketiminden bir yılda sağlanan 72.500 kWh'lik tasarrufun TEP eşdeğeri 6,23 TEP'dür. Bir varil petrol 0,15898 TEP olup, varil fiyatı 100 ABD doları alınırsa 1 TEP'ün fiyatı 629 ABD doları olur. Buradaki yıllık kazanç yaklaşık 4.000 ABD doları kadardır. Dolayısıyla petrol ithalatındaki tasarruf da kayda değerdir.

Bir kWh üretimde 0,48 kg CO₂ açığa çıkarsa enerji verimli bu bina, yılda yaklaşık 35 ton CO₂ daha az salımlayacaktır.

Buradaki enerji tasarrufu %74 olup EİE İdaresi bu sonuca ideale çok yakın koşullarda ulaşmıştır. Standart bir enerji etkin binada bu değer %50 olsa yukarıdaki değerler kullanılarak yılda tasarruf edilen enerji, m² başına elektrik faturasını 39 TL, ithalatı 0,0151 TEP veya 9,8 ABD doları ve CO₂'i de 84 kg/m²/yıl kadar azaltacaktır.

Yapılarda enerjinin verimli tüketilebilmesi için doğru seçilmiş enerji etkin malzeme kullanımı da çok önemlidir. Bu alanda, düşük sıcaklık aralıklarında aktive olup üzerindeki küçük hava delikleri vasıtasıyla iklimlendirmeye elverişli kompozit duvar panelleri güzel bir örnektir. Paneller mevsimsel ihtiyaçlara uygun olarak ısı transferine de elverişlidir. Bir diğer uygulama olarak iç duvarlarda yalıtımı güçlendirici vakumlu kürecikleri olan özel boyaların tatbiki de gösterilebilir. Ayrıca yapılar da enerjiji verimli kullanmada etkili olan zemin, tavan ve kolonlar arasında ısı köprüleri oluşturul-

maması gibi tasarım/yapım uygulamalarının da bilgisine sahip inşaat mühendisleri uygun üretim yapabilirler.

3. Binalarda Enerji Performansı ve Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

TBMM'de 22 Şubat 2007 tarihli oturumda 5627 sayılı "Enerji Kullanımında Verimliliği Arttırmak Amaçlı Yasa" kabul edilmiş ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği de 05.12.2008'de 27075 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır. Bunları takiben 01.01.2011'de yeni binalar için yürürlüğe giren, mevcut binaların uygun hale getirilmelerine de 2017'ye kadar süre tanıyan yasa, yönetmelik ve tebliğin son değişikliği 20.04.2011 tarih ve 27911 sayılı Resmi Gazetede bulunmaktadır. Bu değişiklikle İMO da EKB uzman yetiştirme kurumları arasına alınmıştır.

İZODER (Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği) de bu çerçevede binalarda ısı yalıtımıyla ilgili çalışmalarına ağırlık vermiştir. İstanbul'da her katında 100 m²'lik dörder daire bulunan beş katlı bir binada yalıtım yapılmıştır. Enerji tüketiminin 608.989 kWh/yıl'dan 305.181 kWh/yıl'a indirildiği, aidatların yarıya düştüğü ve yalıtım giderlerinin amortismanı için de 1,5 yılın yeterli olduğu İZODER'ce kaydedilmiştir. Başlangıçta EKB'indeki enerji sınıfı F olan konut, bu iyileştirmeyle C sınıfına yükseltilmiştir (Binalarda enerji performans skalası A, B, C, D, E, F ve G olarak belirlenmiş olup, A en verimli, D de kabul edilebilir sınıftır.). Azalan enerji tüketimine bağlı olarak yıllık CO₂ salımının da 102 kg/ m²'den 58 kg/m²'ye düşmesinin beklendiği belirtilmiştir. Sadece bu binadan yılda CO₂ emisyonununun 116 ton azaltılabileceği sonucu çıkmaktadır.

Türkiye'de binaların toplam enerji tüketimindeki payının %37, tüm elektrikte ise %48 olduğu ve ısınma için de sıcak bölgeler dışında bina enerjisinin %85'inin harcandığı bilinmektedir. Tekniğine uygun şekilde yapılacak izolasyonla mevcut yapıların enerji etkin hale dönüştürülmesi durumunda binalarda %50 enerji tasarrufu elde edileceği hesaplanmıştır. Bunun kullanıcılarla ülke ekonomisine sağlayacağı katkıyla beraber sera gazı salımını da önemli ölçüde azaltacağı da biliniyor. Avrupa'da %92'lere varan enerji tasarrufuna ulaşılan binalar "pasif ev" olarak tanımlanmaktadır. Almanya'da sayısı yaklaşık 30.000 olan bu yapılarda şebekelerden alınan enerjiyle karbon emisyonunun hemen hemen sıfıra indirildiği belirtilmiştir. Türkiye'deki yalıtımsız binalarda Avrupa'daki yalıtımlı binalara göre 20 kat daha fazla enerji tüketildiği tespit edilmiş. Enerji temininde dışa büyük ölçüde bağımlı olan ülkemizde yapıların pek çoğunda yalıtım bulunmamaktadır. Buradan yalıtımın öncelikli olarak yapılması lazım geldiği ve inşaat mühendislerinin görevinin önemi kolayca anlaşılabilir.

4. Enerji Etkin Yapı Malzemesi: Bor

Yapıların temel malzemeleri olan çimento, çelik, tuğla ve benzerleri üretilirken yoğun olarak sera gazı çıkar. Son on yılda bu malzemelerin üretiminden salımlanan CO₂'in iki katlandığı ifade ediliyor. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), çimento üretiminde 1 ton klinker için CO₂ emisyon limitini 0,5203 ton ve çelik üretimi içinse 1,5 ton kabul etmektedir. Bu sınır değerleri bile atmosfere salımlanan CO₂ miktarının büyüklüğünü gösteriyor. Dünyada toplam CO₂ emisyonunun %7'sinin sadece portland çimentosu üretimi sırasında açığa çıktığı biliniyor. Yapı sektörünün hacmi dikkate alınınca enerji etkin malzeme seçiminin ne denli önem taşıdığı anlaşılabilir. Karbon içeriği az, çimento klinker oranı düşük formüller, enerji etkin geri dönüştürülmüş ve üretimlerinde de az sera gazı çıkan yerel ürünlerin kullanılmasıyla beraber alınacak başka önlemlerle bu emisyon azaltılabilir.

Yeryüzünde bilinen bor rezervinin %74'ünden fazlasına sahip olan ülkemizde aşağıda değinilen borla ilgili araştırmalar yerel yapı malzemelerinin değerlendirilmesine iyi bir örnek teşkil ediyor.

BOREN (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü), DSİ (Devlet Su İşleri) ve TÇMB (Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği) tarafından yapılan ortak bir çalışmayla BAB(borlu aktif belit) çimentosu geliştirilmiştir. BAB çimentosuyla CO₂ salımında %25'e varan düşüş, kolay öğütülmesiyle de %10 enerji tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Yüksek beton dayanıklılığı ve geçirimsizliğinin de kanal ve yol yapımı da dâhil inşaat sektörünün değişik alanlarında kullanımını çok elverişli kıldığı kaydedilmektedir.

Deriner barajında kullanılan çimentoya ilişkin olarak DSİ ile BOREN değerlendirmesinde, toplam 3,5x106 m³ hacimde BAB çimentosuyla 140.000 tonluk tasarruf sağlandığı bildirilmiştir. Bu veri-

lerle IPCC'nin standart emisyon değerleri kullanılarak CO₂ salımındaki azalış yaklaşık 500.000 ton olarak hesaplanmıştır. Bunun 72.840 tonu azalan BAB çimentosu miktarından, 436.800 tonu da bütün hacimdeki %25'lik salım düşüşünden kaynaklanıyor. Bu emisyon azalışına öğütmeden kazanılacak %10'luk enerji tasarrufunun getireceği katkıyı da eklersek toplam CO₂ salımındaki düşüş daha da fazla olacaktır. İnşaat mühendisleri, yapıların dayanıklılığı ve sürdürülebilirliğinden birinci derecede sorumludurlar. Yukarıdaki araştırmada da buna ilave olarak yapı malzemesi seçimleriyle maliyeti ve CO₂ salımını azaltmanın yanı sıra enerji verimliliğinin artırılmasındaki büyük etkilerini de somut olarak görmekteyiz.

Yapılarda kullanılan ahşaba bor bileşikli ön koruma uygulandığı takdirde, haşerelerden koruyup yangına dayanıklı hale getirdiği için yapının ömrünü 5-10 kat arttırdığı kaydedilmiştir. Atık kâğıtlarla bor cevheri ve bağlayıcıların karıştırılmasıyla elde edilen selülozik izolasyonun da düşük enerjiyle üretilebildiği ve paslanmaya, küflenmeye, haşere etkisiyle yangına karşı dayanıklı olduğu bildirilmektedir. Kısaca aktarılan bu AR-GE çalışmaları, enerjinin etkin kullanımı ve düşük karbon emisyonlu yerel malzemelerin inşaatlarda sağlayacağı yararları açık olarak göstermektedir. Benzer AR-GE desteğiyle pek çok yapı malzemesini değerlendiren inşaat mühendisleri enerji tüketimiyle CO₂ salımındaki değişimleri de hesaplayarak objektif seçimler yapabileceklerdir.

5. Yenilenebilir Enerji ve Yeşil Yapılar

Enerji üretimi sırasında ya hiç ya da çok az sera gazı salımına yol açan, doğada bulunan hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga, biyokütle ve hidrojen enerjisine YE denilir. Temiz enerji olması ve arz kısıtlılığı fosil enerji kaynaklarına göre hemen hemen olmayan bu enerjinin dünyadaki kullanımını gittikçe yaygınlaştırmaktadır. YE'lerin maliyeti, teknolojik gelişmeler ve pazarın büyümesiyle 2000 yılından bu yana önemli ölçüde azalmıştır. Son yıllarda enerji verimliliği ve YE konuları geliştikçe birbirini tamamlayıcı bir nitelik kazanmıştır.

AB'de YE kaynaklarını kullanımının teşvikine ilişkin olarak "2009/28/EC sayılı AB Yenilenebilir Enerji Direktifi" yürürlüktedir. Kısaca 20-20-20 olarak bilinen 2020 yılı hedefleri bu direktifte, YEK'larının payının toplam enerji içinde %20'ye çıkarılması, enerji verimliliğinin %20 artırılması, enerji tüketiminin %20 azaltılması, sera gazı salımının 1990'a göre %20 düşürülmesi ve ulaşımda enerjinin %10'nun YE'den sağlanması olarak verilmektedir. AB müzakereleri çerçevesinde Türkiye'nin de bu doğrultuda adımlar atması istenmekte. Hidrolik enerji potansiyeli atlası (HEPA) ile benzer şekilde hazırlanmış rüzgâr ve güneşe ait REPA ve GEPA'dan da görüleceği gibi yurdumuz YEK'ları açısından zengindir. Bu kaynaklardan yaygın olarak yararlanabilmek AR-GE ile mümkündür.



Bahreyn-Manama'daki DTM'nin ikiz binaları arasındaki üç rüzgar türbini ilk olup inşaat açısından da güzel bir AR-GE örneğidir. Türbinlerden elde edilen enerjinin binalarda verimli bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir.

Mayıs 2010'da Türkiye'nin de onayladığı uluslararası iklim değişikliği belgesinde, suyun daha verimli kullanımı, yeni su yapılarının gelişmiş teknolojilerle inşa edilip mevcutların da periyodik bakım ve onarımlarına özen öngörülüyor. Teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelimiz olan 140 milyar kWh/yılın kısmen kullanıldığı ve enerjimizin de 3/4'ünün dış kaynaklı olduğu dikkate alınınca, su kaynaklarının özellikle 50 MW'dan küçük ve pompajlı hidroelektrik santrallerin (HES) daha fazla devreye sokulmasının beklendiği anlaşılır. Çevre ve Orman Bakanlığı, özel sektör portföyü de dâhil yapılması planlanan 1.300 HES'in olduğunu ve özel sektör tarafından geliştirilen projelerle potansiyelin 150 milyar kWh'a çıkmasının öngörüldüğünü bildirmiştir. Enerji verimliliğiyle bu HES'leri inşa eden mühendislerin sağlayacakları katma değer de hiç şüphesiz bu büyük yapı potansiyelinde önemli boyutta olacaktır.

Güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi YEK'larına gittikçe artan talep, inşaat sektöründe, maliyeti yüksek yapılaşmayı da beraberinde getirmektedir. Standart bir rüzgâr santrali yapımında inşaat mühendisliğine ait iş kalemlerinin toplam maliyetteki yaklaşık payı, %4'ü temel yapı, %2'si arazi düzenlemesi ve %1'i de yollar olmak üzere cem'an %7 civarındadır. Kurulu gücü 1,5 MW, kanat çapı 77 m olan ve 20 yıllık ekonomik ömürlü bir santral için maliyetin 2x106 ABD doları mertebesinde olduğu kabul edilirse yapı işinin tutarının 140.000 ABD dolarından fazla tuttuğu görülür. Türkiye'de de giderek artan rüzgâr çiftliklerinde bu ünitelerden çok sayıda bulunmaktadır. Bu da rüzgâr enerjisi yatırımlarında bile inşaat iş hacminin büyüklüğünü gösteriyor.

Akan trafiğin yolların altında meydana getirdiği titreşimlerden ve toprağın ısısından yararlanılarak üretilen enerjilerin hayatımıza YEK olarak devamlı bir şekilde girebilmesi, diğer mühendislerle çalışan inşaat mühendislerinin AR-GE içeren yeni özel alt yapılar inşa etmeleriyle mümkün olacaktır.

Fosil yakıtlarla su ve diğer tüm doğal kaynakları az tüketen, düşük CO₂ emisyonlu ve benzer yapılardan daha az karbon ayak izli olan yapılar yeşil olarak nitelendirilmektedir. İnsanlar için sağlıklı olan bu yapılar çevre dostu özellikleriyle zehirli maddelerle teması da büyük ölçüde engeller.

Yeşil yapılarda, malzemelerin üretimiyle seçimi ve inşaat sırasında gerekse ekonomik ömürlerinde doğal ve geri dönüştürülmüş kaynak kullanılması, YE'den en üst düzeyde yararlanılması, enerji tüketimiyle CO₂ salımının da en az olması beklenmektedir. Bu bağlamda nakliyat sırasında da sera gazı salımını arttıran ithal ürünlerin tüketiminden de kaçınılması tavsiye ediliyor. Amaç kısaca, yapıların doğal çevreyi en az ölçüde etkilemesi, iklimle bölge gelişim planlarına uygun olması, enerjinin verimli ve etkin kullanımıyla yerel kaynaklardan optimum şekilde yararlanılmasıdır.

Inşaat mühendisleriyle mimarlar yeşil yapıları tasarlayıp gerçekleştirirken planlama aşamasından itibaren enerji verimliliğini ana yapımlarından biri olarak ele alıp çalışmalılar. Bunun için makine, elektrik, çevre mühendisleri, peyzaj mimarları ve ilgili diğer profesyonellerle yakın işbirliği ve koordinasyon içerisinde hareket ederek yap-bozun getireceği ek maliyetle zaman kaybını da önlemiş olurlar. Bilindiği gibi Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattının yapımında, çevreye olabilecek etkiler, güzergâh seçilip inşaat başladıktan sonra kapsamlı olarak gündeme geldiği için proje revize edilmiş ve bu da zaman kaybıyla maliyet artışına yol açmıştır.

Başta su teminiyle dağıtımı olmak üzere diğer alt yapının yeşil olarak kabul edilebilmesi için kazıyla pompajın en aza indirilmesi, cazibeli akımla az enerji tüketilip YE kullanımının artırılması, su kaynaklarının bitmeden beslenip kullanıma alınması, kısaca enerji verimli ve sürdürülebilir olması beklenmektedir. Yakıt kaynağına bağlı olarak 1 kWh enerji üretimi için 0,50-0,44 kg arasında CO₂ salımı vardır. Buradan pompaj ve diğer enerji kalemlerinden yapılacak tasarrufun hem ilk yatırım hem de işletme maliyetine olan somut etkisinin yanı sıra CO₂ azalımı da kolaylıkla hesaplanabilir. Şebekelerde, entegre veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemi (SCADA-Supervisory Control & Data Acquisition) ile kaçak ve diğer sorunların hemen belirlenip müdahale edilmesi de yeşil alt yapı ve enerji tasarrufu için şarttır.

Yeşil binaların maliyeti, standart yapılara göre %5-10 daha fazladır. Ancak enerjiyle su tüketimindeki azalışa bağlı olmak üzere işletme giderlerindeki tasarrufla kısa sürede amortismanın sağlandığı kaydedilmektedir. Günümüzde, küresel ısınmanın doğal iklim döngüsüyle oluşmakla beraber enerjinin verimsiz ve çok fazla tüketimiyle hızlandırıldığı bilgisiyle bilincine sahip mühendislerden, yerel koşulları değerlendirip mevcut teknolojiyi AR-GE ile de destekleyerek yapıların hacmini, ağırlığını ve inşa süresini kısaltıp YEK ile doğa dostu özgün yeşil yapılar üretmeleri istenmektedir.

Dünyada genel olarak enerjinin %40'ünün yapıların inşası ve kullanımında tüketildiği, enerji ihtiyacının hızlı kentseliklemeyle daha da artacağı bilinmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içerisinde enerji talebinin %30 yükseleceği ve dünya nüfusunun %60'ının kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Enerji kaynakları sınırlı olduğuna göre, yeşil yapıların ne denli önemli olduğu ve inşaat mühendislerinin karbon nötr bir dünya yaratmadaki rollerinin boyutu daha da iyi anlaşılabilir. Sektördeki bütün teknolojik gelişmeleri yakında izleyip enerji etkin, ekonomik, uygulanıp sürdürülebilir alternatif çözümleri üretip yerel koşullara göre nihai seçimlerini yaparak projelerini hayata geçiren inşaat mühendisleri bu işleve sahiptirler.

6. Şantiye Yönetiminde Enerji Verimliliği

Şantiyelerde iş yönetiminin her aşamasında enerji verimliliğinin hesaba katılması inşaat mühendisliğinin "mesleki etik" kavramıyla örtüşmektedir. Yöneticilerin metot, para, makine, malzeme ve insan beşlisine enerjisiyi ilave ederek işletme kararlarını almaları bekleniyor.

Uygulanabilirliği iş hacmiyle yerel koşullara bağlı olarak değişebilecek enerji etkin işlemler, esasen yeşil yapılar için söz konusu olan temel kavramlar kapsamındadır. Bunlara örnek olarak

- Üretimi, az enerjiyle gerçekleştirebilmek için CPM (Critical Path Method), PERT (Project Evaluation & Review Technique) ve diğer iş programlarına enerji verimliliği modülünü koyup karar almak, şantiye enerjisinin tümünü/bir kısmını yerel YEK'larıyla üretmek, suları imkân nispetinde cazibeyle akıtmak,
- Malzemeleri geri dönüşümlü ve enerji etkinlerden seçmek,
- Su tüketimini en az miktara indirmek, tuvaletlerde çift hazneli rezervuar kullanmak, yağmur hasadıyla kullanma veya yer altı suyunu beslemek, artırılmış gri suyu tuvaletlerde, arazi sulamasında kullanmak, yer altı sularını besleyip kaçak veya gölcükleri önlemek,
- Sahayı ve toprağı olabildiğince az bozmak, erozyonu önlemek ve besin değeri yüksek üst toprağı arazide yeniden kullanmak sıralanabilir.

7. Enerji Etkin Yapı / Yapılaşma Örnekleri

Dünyada ve ülkemizde enerji verimli yapılarla yerleşimlerin sayısı giderek artmakta. Aşağıda bazı örnekler sunulmaktadır:

- Antalya Belediyesi, 10.000 m²'lik bir alanda güneş evi inşa ederek ekolojik eğitim merkezi projesini gerçekleştirmiştir.
- Atatürk Havalimanında THY'nın Uçak Motoru Bakım Merkezinde yapılan uygulamalar, ABD Yeşil Bina Konseyinin LEED (Leadership in Energy & Environment Design) altın sertifikasıyla ödüllendirildi.
- Eser İnşaatın Ankara'da yaptığı LEED platin sertifikalı merkez binasında %40 enerji ve %60 su tasarrufu beklenmektedir.
- Japonya'da Fukuoka kasabası, hibrid enerji kullanılacak şekilde yapıldı.
- Tayland'daki biyo-güneş evinde atıklar geri dönüştürülüyor.
- ABD, New York'da yeni gökdelenler, ofis binaları son teknolojilerle inşa ediliyor ve karbon ayak izleri gittikçe azaltılıyor.
- Çin'de, Xinjiang yakınında çevre dostu, düşük karbon emisyonlu Turpan yerleşimi kuruldu.
- BAE, Abu Dhabi, Masdar'da sıfır karbon emisyonlu ve sıfır atıklı 50.000 kişilik yeşil bir kent kuruluyor.

Üzerinde durulacak husus, enerji etkin yeşil binalarla yerleşimlerin inşasında her ülkenin doğal, ekonomik ve teknolojik koşulları farklı olduğundan çözümler de özgün olacaktır. Türkiye'ye has en iyi yapıları da bizim mühendislerimiz üretebilecektir.

8. Enerji Verimliliği Dersi

Yapım işlerine ait ilk yazılı belge etikle ilgili olup Babil Kralı Hammurabi kanunları arasındadır. Burada “..bir inşaatçı yapıyı sağlam yapmaz ve bu yapı yıkılırsa yapımıcının şiddetle cezalandırılacağı..” hükmü vardır. İnşaat mühendisliğinin 1800’lerin başlarındaki ilk tanımında kısaca “..doğadaki büyük güç kaynaklarının, insanoğlunun yararlanması için yönlendirilip kullanılabilmesi amacıyla yapılar inşa etmek ..” denilmektedir. Sonraları buna yapılan işlerin “ekonomik ve etik” boyutları da ilave edilmiştir. Yapım işlerinin bu iki temel kavramı, hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeyle daha da önem kazanmış ve 21. asırda da enerji verimliliğiyle birlikte mütalaa edilerek kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat mühendisleri, yapıtlarıyla doğadaki malzeme ve gücü büyük ölçüde kontrol edip yönettiklerinden doğal kaynakların hızla tüketiminin yol açtığı olumsuzlukları azaltmak da onların yükümlülükleri arasına katılmış olmaktadır.

Önceki bölümlerde, inşaat mühendislerinin temel fonksiyonlarına katılan bu güncel yöneliş ve beklentilere ilişkin örnekler verilmişti. Ortaya çıkan bu yeni taleplere, klasik kavram ve eğitim sınırları kapsamında cevap vermek mümkün değildir. Dolayısıyla inşaat sektöründe malzemeye enerjinin en verimli bir şekilde kullanılıp yönetilmesine ait bir dersin programa konulmasının çağdaş mühendisler yetişmesi için yararlı olacağını düşünmekteyiz.

Bu derste öğrencilere, amacına uygun, sağlam ve estetik yapılar üretmelerinin gerekliliğinin yanı sıra enerji etkinliğiyle verimliliğini ve düşük CO₂ salımını da hesaba katıp projelerini yapmaları lazım geldiği bilgisi verilmeli. Dersin alınması zorunlu dersler kapsamında mütalaa edilmesi önerilmektedir.

Geleceğin mühendislerinde, yaptıkları her profesyonel işin tasarım, proje ve uygulamasının tüm adımlarında yatırımla enerji kullanımını iyi yönetip verimliliği mümkün olan en üst düzeye çıkarmakla ve atıkları en aza indirmekle yükümlü oldukları bilinç ve kültürünün geliştirilmesi hedeflenmeli. Büyük yatırımları yönetecek bu mühendisler, hiç kuşkusuz ekonomiye ve ülkenin karbon ayak izinin azaltılmasına önemli ölçekte katkıda bulunacaklardır.

Böylesine temel bir konuda potansiyel mühendislerin inşaat enerji ilişkisini değişik derslerde değinildiği kadarıyla ve piyasadan sinama yanılma yoluyla kısaca yap-bozla öğrenmelerini beklemeyi eğitim programı için bir eksiklik olarak değerlendirmekteyiz. Farklı zamanlarda ve derslerde çoğunlukla sadece maliyet hesabı kapsamında değinilen enerji verimliliğine ait kısmi bilgileri ayrı ayrı öğrenen öğrencilerin bunları birleştirip analiz ve sentez yapıp kullanılabilir bir birikime dönüştürmeleri beklenemez. Üniversitenin eğitim disiplini içerisinde öğretilen bu dersle mezunlara, enerji konusunda donanımlı olarak uygulama ve araştırma kapasiteleriyle alt yapıları oluşmuş bir şekilde sektördeki yerlerini alıp çalışma şansı verilmiş olur. Aksi takdirde özgün eğitimleri eksik olarak iş hayatına bir adım geriden başlarlar.

Giderek enerji savurganlığına izin verilmeyecek dünyamızda, enerjinin verimli kullanılmasıyla elde edilecek temiz enerjinin miktarının artırılması istenmekte. Öğrencilere bu derste su, güneş, rüzgâr ve diğer YE’lerden en fazla yararlanacak yapılar üretilen enerji etkin yapı malzemeleri seçerek yapıtı yapmak suretiyle önemli miktarda temiz enerji üretebilecekleri ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunacakları gösterilmeli. Dünyada, enerjinin çok önemli bir kısmının binalarda kullanıldığı, buradan da toplam sera gazının 1/3’ünün salımlandığı ve Türkiye’de de bina enerji tüketiminin 4/5’inden fazlasının ısınmaya harcadığı biliniyor. Bu da sadece etkili bir ısı yalıtımıyla bile kazanılabilecek temiz enerjinin ciddi boyutta olduğunu anlatmaktadır.

Enerji arz güvenliği gittikçe azalmakta ve sürdürülebilirlik de güçleşmektedir. Bu nedenlerle yeni yapılarda kendi enerjisini üreten yeşil binalar ile alt yapı tesisleri makro ölçeklerde, hatta büyük yerleşimler boyutunda talep görmeye başladı. Enerjinin etkin/verimli kullanımı dersinde malzeme seçimi de dâhil yapılan uygulamalarda enerji tüketimi, CO₂ salımıyla çevreye olan veya olabilecek dolaylı ve dolaysız etkiler ilişkilendirilmelidir. Alternatif çözümlerle bunların maliyetle işletme giderlerine yansımaları da örneklerle gösterilmelidir. Öğrenciler bu derste yapıların ekonomik ömürleri zarfında tüketilen enerjinin tamamını veya bir kısmını üretme olanaklarını araştırıp hayata geçirmeyi öğrenmeliler

Yapı ve enerji sektörlerinde geri dönüştürülmüş, enerji etkin yeni ürün yelpazesinin AR-GE’yle çeşitleneceği, talebe bağlı olarak arzın artmasıyla hâlihazırda yüksek olan fiyatların uygun seviyelere ineceği bilinmektedir. İç içe olan bu iki sektörün AR-GE destekli büyük bir genişleme potansiyeli

barındırması, öğrencilerin yaratıcı kapasitelerini geliştirme olanağına da imkân verecektir. Bu bağlamda, gittikçe dinamikleşen enerji etkin malzeme pazarına giren ürünlerin her birinin AR-GE boyutuyla da değerlendirilerek testlerden geçirilip araştırılarak kullanılması lazımdır. Mühendis adaylarına bu konu teorik olarak, laboratuarda ve uygulamalı şekilde anlatılmalıdır.

9. Sonuç

İnşaat mühendisliğinde enerji verimliliği dersinin üçüncü sınıfın ikinci semestrinde okutulması faydalı olabilir. Bu sınıfta öğrenciler temel inşaat mühendisliği bilgilerinin önemli bir kısmını öğrendikleri ve proje yapmaya başladıklarından ders için yeterli kapasiteleriyle alt yapıları oluşacaktır. Ayrıca son sınıfta alacakları derslerinden de bu enerji bilgisiyle daha fazla yararlanabilirler.

Dersin teori, uygulama/proje yapımını içermesinin yanı sıra disiplinler arası konuşmacıların vereceği konferanslarla ve öğrenci sunumlarıyla zenginleştirilerek aktif bir şekilde yürütülmesi şüphesiz çok yararlı olacaktır. Enerji etkin yapılara teknik gezilerle küçük çapta da olsa AR-GE'yi devreye sokan mini projelerin üretimi, dersi daha da anlamlı kılacaktır. Teori kısmında, etik ve ekonomi kavramlarıyla enerji verimliliği bağlantısı anlatıldıktan sonra konuya ilişkin Türkiye'de ve AB'deki mevzuatla uyulması gereken uluslararası kurallar, standartlar, yükümlülükler de programa dâhil edilmelidir.

Özetle bu dersle öğrencilere, bütün projelerde çok kapsamlı bir planlamayla enerji değerlendirmesi yapıp enerjiyle bütün kaynakların verimli tüketilmesinin gerekli olduğu öğretilmelidir. YE ile geri dönüştürülmüş malzeme kullanımıyla yeşil yapılaşmaya yönelerek doğadaki karbon nötr tekerleği destekler şekilde üretim yapmalarının amaçları olması gerektiği bilgisiyle bilinci verilmelidir.

Kaynaklar

1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarımız ve Enerji Verimliliği, EİE İdaresi, Nisan 2007, Ankara
2. Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, TMMOB Türkiye VI Enerji Sempozyumu, 22- 24 Ekim 2007, Ankara
3. "Bor'a Katma Değer", BOREN yayını, Nisan 2008, Ankara
4. Borlu Aktif Belit (BAB) Çimentosu-Türk Tipi Çimento-BAB Çimentosu: TS 13353, DSİ-BOREN yayını, Ocak 2009, Ankara
5. Kumbaroğlu, G., Arıkan, Y., Farkındalık ve Fark Yaratmak, Türkiye'nin Karbondioksit Salımları, Açık Toplum Vakfı, Ağustos 2009, İstanbul
6. The First Solar Decathlon Europe (zero-energy house), Sun & Wind Energy, The Magazine for Renewable Energies, 8/2010
7. Uluatam, E., Yenilenebilir Enerji Teşvikleri, Ekonomik Forum, TOBB, Ekim 2010
8. Yeni Enerji, YE Teknolojileri, yıl 4, sayı 19, Kasım-Aralık 2010
9. 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu Kitabı, 13-14 Ocak 2011, İstanbul
10. Binalarda Enerji Verimliliği, İZODER yayını, 2011
11. www.eie.gov.tr
12. www.lawbuzz.com/ourlaws/hammurabi/laws.htm
13. <http://live.asce.org>
14. www.dogayayin.com