

ENERJİ SORUNU VE TÜRKİYE

2012 yılında bir kalp krizi sonucu, 62 yaşında, ne yazık ki çok erken yitirdiğimiz sevgili arkadaşım değerli Nükleer Y. Mühendis Prof.Dr. Vural Altın'ın arşivimde yeni bulduğum, çok emek verdiği aşağıdaki ilginç yazısını meslekdaşlarıma bilgisine sunuyorum ve onu rahmet ve sevgiyle anıyorum.

Kendisinin, diğer birbirinden güzel bilimsel yazılarının toplandığı Dünya ve Enerji kitabı tükendiğinden, Boğaziçi Üniversitesi'nin, yakında kitabı aşağıdaki portalda PDF olarak sunacağını da haber vermek isterim.

<https://www.bounyayin.com/yayin-kategorisi/indirilebilir-yayinlar/>

En iyi dileklerle

Yüksel Atakan
Almanya
07.01.2020

ENERJİ SORUNU VE TÜRKİYE

Vural Altın,

Bogazici Universitesi Muhendislik Fakultesi

ENERJİ

Enerji çağdaş yaşamın stratejik girdilerinden birisidir ve metabolizmik bir benzetmeyle, toplumsal organizmanın kanındaki şeker gibidir. Tarihte zengin enerji kaynakları üzerine pek çok medeniyet kurulmuş, enerji yetersizliği duvarına çarpıp bu medeniyetlerden bazılarının sonu olmuştur. Orneğin Roma İmparatorluğu'nun çöküşüne yol açan faktörler arasında, Romalıların paralarının değerini koruyamayıp hızlı bir enflasyon spiraliye yakalanmış olmaları sayılır. Zira Roma, gücünün zirvesinde iken, para basmak için ihtiyaç duyduğu altın ve gümüşü Nubya, yani bugünkü Sudan gibi Afrika eyaletlerinden temin etmiş, fakat bu eyaletlerini kaybedince, Avrupa'daki fakir madenlerin işletilmesi gerekmektedir. Bu madenlerin yüzeysel kapasitesi hızla tüketilmiş, derinlere inmeye çalışıldığında galerilerden su çıkmaya başlayınca, madenlerin işletilmesinden vazgeçilmiştir. Yeterince kıymetli metal bulunamayınca paraya bakır ve çinko katılmaya başlanmış, kısacası paranın değeri hızla asınmıştır. Halbuki imparatorluğu bir arada tutan en önemli faktörlerden birisi, o zamanın "bilinen dünya"ında, her tarafta geçerli bir para biriminin varlığı ve bu sayede canlılığını sürdüren ticaret olmuştur. Paraya güven kaybedildikçe ticaret gerilemiş, artan yoksulluk ve tatminsizlik, koskoca imparatorluğun sonunu getirmiştir.

Avrupa'nın Orta Çağ karanlıklarından siyirilmesinde etkin rol oynayan faktörlerden birisinin de, Romalıların kapatmış olduğu madenlerin yeniden işletmeye açılması olduğu söylenir. Avrupalılar bunu, galeri diplerindeki suyu yeldegirmenleri vasıtasıyla dışarı pompalayarak, yani rüzgar enerjisini kullanarak başarmışlardır.

Bazı medeniyetler de tam tersine, etrafta zaten yeterince enerji kaynağı bulduğuna inanmış, keşfettikleri yeni enerji kaynaklarını devreye sokmamışlardır. Orneğin, MÖ.3. asırda, İskenderiyeli Heron buhar makinasını keşfedip tasarimini dahi çizmiş, fakat bu buluş, dönemin Mısır'ında bolca köle bulduğundan hayata geçirilmemiştir. İnsanlar 19. yüzyıla kadar biyolojik enerjiden yararlanmaya devam etmiş, birbirlerini köle olarak kullanmayı doğal addetmişlerdir. Halbuki insan veya hayvan tüm biyolojik organizmalar, hiç de iyi birer makina değildirler. Özellikle insan, temel

yasam ihtiyaclari disinda fiziksel is yapmak uzere tasarlanmamistir. Nitekim insan metabolizmasinin enerji verimi %15 civarinda olup, besin olarak alinan her 100 kalorilik hammaddeyi ancak 15 kalorilik ise donusturebilmektedir. Dolayisiyla insan cabuk yorulan, yoruldukca da isini dikkatsizce yapmaya baslayan bir canlidir. Halbuki is yapmak uzere tasarlanmis mekanik sistemler, insana oranla cok daha buyuk miktarlarda ve hep ayni standartta is yapmak yetenegine sahiptirler. Ornegin 10 tonluk bir kamyon bir gunde, gun boyu sirtlarinda 50'er kg'lik cimento cuvalleriyle dolasan 10,000 insanin yapacagi kadar is yapabilir. Bir baska deyisle, ulkemiz nufusunun calisma caginda olan yaklasik 20 milyonluk kisminin bir gunde yapabilecegi toplam fiziksel isi, 2,000 kamyonluk bir filo ayni sure icerisinde yapabilir. Bu 2,000 kamyonluk filoyu satin aldiktan sonra gereken mazotu saglayip filoyu calistirmek, 20 milyon insani sadece ekmekle dahi besleyip calistirmaktan cok daha ucuz ve ayni zamanda cok cok daha sorunsuzdur. Zira gun boyu fiziksel is yapmis olan insanların aksam oldugunda, islerinde daha yaratıcı olabilmek için dusunmeye vakit ayirmalari, bilim, teknik ve kulture karsi ilgi duymalari bir yana, birbirlerine karsi saygili ve sevgili davranmalari dahi mumkun degildir. Boyle toplumlar medeniyete ancak cok sinirli katkilarla bulunabilir.

Gerci tarihte bunun istisnaları da vardır ve Eski Misir, sirf, kole ve hayvan formundaki biyolojik enerjiye dayanarak, insanlık yapımı en büyük eserler arasında yer alan piramitleri inşa etmeyi basarmıştır. Çünkü Firavuna mezar yapmak üzere oylesiye çalışmak Misir insanı tarafından, obur dünyada olumsuzluğu garantileyen bir ibadet biçimi olarak algılanmıştır. Grek tarihçi Herodotus'un aktardığına göre, Firavun Hufu'nun (Grekçe Keops) piramidinde, 20 yıl süreyle 100,000 insan ve binlerce manda çalışmıştır. Misir halkı bunu ve ardından, Hafe'nin (Grekçe Kafir) aynı derecede muhteşem piramidini yapmış, fakat sonra da Misir medeniyetinin belı kırılmıştır. Onca cabayı boylesine tekil bir proje üzerinde yoğunlaştıran ülke takatsız kalmış, uzun bir süre için dağılmıştır.

Halbuki 100,000 kişinin 20 yılda yapacağı işi, 20 kamyonluk filosu olan bir şirketin 10 yılda yapması mümkündür. Bu işe günümüzün ekonomik ölçeğinde sadece küçük bir şirkettir. Üst düzeyde enerji tüketen gelişmiş ülkelerde bu capta yüzlerce, hatta binlerce şirket vardır. Dolayisiyla bu ülkeler her on yılda bir ortaya yüzlerce piramit koyabilecek bir potansiyele sahiptirler. Bu yüzden de binlerce kilometrelik otoyolları, yüzlerce liman ve havaalanları, her biri birer sanat eseri niteliğinde yüzlerce muhteşem gökdelenleri, devasa barajları ve sayısız köprüleri vardır. Gelişmiş ülkeler bu eserlerin cogunu, enerjinin ucuz olduğu bir dönemde tamamlamış, gelişmemiş ülkeler ise bu fırsatı, ne yazık ki kaçırmışlardır. Dünya enerji kaynakları artık zorlanmakta, enerji giderek pahalılaşmaktadır. Dolayisiyla gelişmemiş ülkelerdeki enerji tüketimi az, ulusal birikim de buna paralel olarak sınırlıdır. Hemen her şey, az enerji tüketerek yapıldığından özensiz, kentlerindeki yapılaşma basta olmak üzere, hayatın her vechesi cirkin ve düzensizdir. Kisi basına enerji tüketimi dünya ortalamasının altında olan Türkiye'nin genel görünümü, hepimizin bildiği ve gördüğü gibi, bu ikinci grup ülkelerinkine benzerdir.

Tabii ki gelişmemiş ülkeler de gelişmiş ülkelerin düzeyine varmak isteyecek ve dünya enerji talebi sürekli yükselecektir. Ancak dünyamızda halen kullanılmakta olan enerji kaynakları, tüm diğer kaynaklar gibi sınırlıdır. Petrolün 40 yıl sonra tükeneceği, kömürün ise ancak 200 yıl dayanabileceği söylenmektedir. Bu kaynakların tükenmesi halinde insanlığın, Orta Çağlar'daki yaşam düzeyine geri dönmesi, vücut ısilarından yararlanabilmek amacıyla hayvanlarıyla birlikte, ahırlarda yaşamaya yönelmesi kaçınılmaz bir son gibidir. Güneş, rüzgar ve biyoenerji gibi alternatif enerji kaynakları simdilik, dünya enerji ihtiyacına sınırlı katkıda bulunabilecek gibi görünmekte, yakın gelecekte esas olarak kömüre güvenilmektedir.

Halbuki enerji kaynağı olarak yoğun kömür kullanımının, ciddi bazı sakıncaları vardır. Ornegin, dogada bulunan kömürde mutlaka bir miktar da kökür bulunmakta ve kömür yandıkca bu kökür, kökür dioksit gazı (SO_2) olarak atmosfere dağılmaktadır. Bu gaz havadaki nemle buluştuğunda sulfurik asit (H_2SO_4) buharlarına dönüşür ve yağmurla birlikte yeryüzüne iner. "Asit yağmurları"

denilen bu olgu, mermer kapli antik yapıların yüzeyini asındırıp, metalden yapılmış her şeyin paslanmasını hızlandırır. Ayrıca, asit buharlı hava canlı organizmalar tarafından solundığında, pek çok sağlık sorunu doğurur. Nitekim, İngiltere'nin fazla kömür yakması nedeniyle İskandinavya ormanlarının sağlığı bozulmakta, bu ülkeler İngiltere'ye oteden beri, daha az kömür kullanması için baskı uygulamaktadır.

Kömürün yanma olayı ayrıca, yakılan her gramı basına atmosfere yaklaşık dört gram karbondioksit gazının da (CO_2) salınması demektir. Dünyada her yıl milyarlarca ton kömür yakılmakta, atmosfere bunun 4 misli ağırlıkta karbondioksit gazı salınmaktadır. Karbondioksit ise bilindiği gibi sera gazlarından birisidir. Yani dünya yüzeyine düşüp de geri yansıyan güneş ışınlarını, dönüş yolları üzerinde soğurarak atmosfer sıcaklığının artmasına sebep olur. İnsan medeniyetinin kömüre dayalı olarak devam etmesi demek, atmosferdeki karbondioksit miktarının devamlı artarak yüzeyi bir cehenneme çevirmesi demektir. Bu süreç içerisinde, önce kutuplardaki buzul kütleleri eriyecek, basta Hollanda ve Bangladeş olmak üzere, alçak rakımlı ülkeler okyanus sularının altına gömülecektir. Atmosferdeki karbondioksit birikimi arttıkça yüzeyin sıcaklığı artmaya devam edecek ve devamlı için belli bir sıcaklık aralığına ihtiyaç duyan dünya hayatı, sona ermeğe de sendeleyecektir. Bilim çevreleri tarafından sıkça dile getirilen bu iddialar, hafife alınmaması gereken bir tehlikeye işaret etmektedir. Nitekim gelişmiş Batılı ülkeler bu tehdidin ciddiyetinin farkına varmış, aralarında imzaladıkları Kyoto Protokolü ile karbondioksit emisyonlarını sınırlama kararı almışlardır.

Sera gazı olayı aslında yeni bir şey değildir. Bundan 3 milyar yıl kadar önce atmosferde, simdikinin 4,000 kati kadar karbondioksit bulunmakta, bu eski atmosfer simdikinden çok daha fazla güneş ışığı soğurmakta idi. Fakat atmosferin sıcaklığı yine de hayatı mümkün kılacak düzeylerde seyretmiş, zira güneş o zamanlar, simdikinin %70'i kadar enerji nesretmiştir. Dolayısıyla güneş daha "soğuk" iken, karbondioksitçe daha zengin olan atmosfer daha soğurgan davranmış, dünyadaki hayatın gerektirdiği sıcaklık aralığı böyle sağlanmıştır. Halbuki şimdi güneşin gücünde %30'luk bir azalma, dünyanın tümüyle buzullarla kaplanıp derin donmuş buzdan bir küreye donması demektir. Zira atmosferde artık, eskisi kadar karbondioksit yoktur. Peki ama dünya o günlerden bugünlere nasıl gelmiş, bu arada hayat varlığını nasıl devam ettirmiştir?

Güneş 3 milyar yıl önce daha zayıf, atmosfer karbondioksitçe çok daha zengin iken, atmosferde oksijen yoktur ve dünyadaki hayat, "anaerobik" dediğimiz bakterilerle kaplıdır. Herkes memnun mesut yasarken, güneş ısınmaya başlamış, "hayat"ı bir telastir almıştır. Güneş daha fazla radyasyon yayınladıkça atmosfer daha fazla ısınmaya başlayarak, sıcaklık tehlikeli bir şekilde artmaktadır. Bu gidise bir son vermek için, atmosferdeki karbondioksiti aşağı indirmek gerekmiş, "hayat" son anda, fotosentez dediğimiz olayı keşfetmiştir. Bilindiği gibi tek veya çok hücreli bitkiler havadan karbondioksit alıp, suyla birlikte fotosentez yapmakta, metabolizması için gerekli enerjiyi bu şekilde sağlarken, havaya oksijen salmaktadır. Yeni bir yaşam turu olarak ortaya çıkan bu "tek hücreli bitkiler," atmosferdeki karbondioksit miktarı yüksek olduğundan, kolaylıkla cogalıp her tarafı sarmış, bunyelerinde karbondioksit toplayıp atmosferdeki karbondioksit miktarını kademeli olarak bugünkü düzeyine kadar azaltmışlardır. Kendileri ise, trilyonlarla oldukça topraga karışmış, jeomorfolojik etkinlikler altında kalıp, bugünkü kömür ve petrol halini almışlardır. Yayılan bitkisel hayat atmosferdeki oksijen miktarını arttırmış, bu da bugün tanışık olduğumuz karmaşık canlı türlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Daha oncesinin kahramanları olan "anaerobik bakteriler" ise, oksijenin ulaşamayacağı yerlere inmiş, botulizm ve tetanoz gibi cesitli hastalıklara yol açan parazitik bir yaşama yönelmişlerdir.

Dolayısıyla, yeraltında onca kömürün bulunmasının bir hikmeti vardır ve hayat bunu, kendisini, giderek ısınan güneşten korunmak için yapmıştır. Şimdi bu kömürü yakıp karbondioksit olarak atmosfere salmak, 3 milyar yıl oncesinin sera kokuşlarına dönüp, hayatı ilkinin tam tersi bir krize sokmaktır. Kömüre dayalı termik santraller iste tam bunu yapmaktadır. Fakat doğa, büyük

ihhtimalle bu krizi asmayi da basaracak ve bunu belki de, insanin kendini begenmisliginden kaynaklanan "antropomorfik" dusuncelerinin aksine, insani dislayarak yapacaktır. Zira milyonlarca canli turunden olusan "hayat", milyonlarca ayak uzerinde yuruyen bir "superorganizma" gibidir ve bu ayaklardan birinin sorun yaratmaya baslamasi halinde, onu kesip atmasini bilir.

Aslinda gelecek, enerji kaynaklari acisindan pek de oyle karanlik degildir. En ciddi alternatiflerin basinda ise nukleer enerji gelmektedir.

Nukleer Alternatif

Nukleer enerji, atomun cekirdegiyle ilgili bir olay olup, iki sekilde elde edilebilir. Bunlardan birincisi, iki kucuk cekirdegin birlestirilmesi, yani fuzyon, ikincisi ise buyuk bir cekirdegin parcalanmasi, yani fizyondur. Her iki halde de, reaksiyondan aciga cikan enerji isiya donusturulebilir, bu enerji ile su kaynatilip buhar elde edilebilir. Sonra da bu buhar, tipki termik santrallarda oldugu gibi, yuksek basinc altinda bir turbine gonderilir ve turbin donerken, kendisine bagli bir elektrik jeneratorunu de dondurunce, elektrik enerjisi uretilir. Elektrik enerjisi; komur, petrol veya nukleer gibi "birincil" enerji kaynaklarinin kullanimi sonucu elde edildiginden, "ikincil" enerji olarak nitelendirilir. Uretimi cogu kez pis, fakat kendisi temizdir. Hem de cok amaclı olup, kullanimi kolaydir. Bu yuzden olsa gerek, cogu kullanıcı tarafından tercih edilir ve halk arasinda "tak fisi, bitir isi" denilir.

Fuzyon, gunesin dunyamiza ve uzay bosluguna yayinlamakta oldugu enerjinin kaynagini olusturur. Dolayisiyla dunyamizdaki hayatın da kaynagidir. Eski Misir'in firavunlarından IV. Amenhotep de bunu farketmis, MO.15. asirda, Ahenaton adini verdigi gunes tanrisini tek tanrı ilan edip, aslinda fuzyon reaksiyonlarına ibadet etmistir.

Bu olayda dört adet hidrojen, bazı ara asamalardan gecerek tek bir helyum çekirdeğine, bu arada aciga cikan çekirdek enerjisi de isiya donusmektedir. Boyleşi bir "çekirdek birleşmesi", yani "fuzyon" reaksiyonu, iki doteryum çekirdeği arasında da yer alabilir ve önemli miktarda enerji verir. Hidrojen çekirdeği, bilindiği gibi sadece bir protondan oluşur. Doteryum ise, protona ilaveten bir de notron icerir. Dolayisiyla doteryumun, hidrojenin bir izotopu olduğu söylenir. Zira bir elementin kimyasal özelliklerini, dış orbitallerinde bulunan elektronların sayısı belirler. Normal olarak bir atomun orbitallerindeki elektron sayısı, çekirdeğindeki proton sayısına eşit olduğundan, aynı proton sayısına sahip olan elementler, aynı kimyasal özellikleri sergiler. Hidrojen ve doteryum birer protona sahiptirler ve bu yuzden, aynı kimyasal özellikleri gösterirler. Birbirlerinin izotopudurlar. Her neyse...

İki çekirdek arasında birleşme reaksiyonunun yer alabilmesi için, bu iki çekirdeğin birbirlerine yeterince yaklaşabilmeleri gerekir. Halbuki çekirdekler pozitif ve aynı yüklü olduklarından, birbirlerini iterler. Gerekli yakınlaşmayı sağlamak için, çekirdeklerin bu itme kuvvetini yenmesi, yüksek hızla birbirlerine doğru gelmesi gerekir. Fakat çekirdekler sıcaklık nedeniyle zaten, belli bir kinetik enerjiyle hareket etmektedirler. Eğer bu sıcaklık yeterince yüksek ise, çekirdekler birbirlerine yeterince yaklaşabilir ve aralarında bir fuzyon reaksiyonu yer alabilir. Ancak, bu iş için gereken sıcaklıklar bir hayli yüksektir; güneşin merkezi kısmında, hidrojenler arası fuzyon reaksiyonları bolca yer almakta, fakat buradaki sıcaklıklar 10 ila 20 milyon santigrad derece civarında dolasmaktadır. Bu yuzden de fuzyon reaksiyonları, sıcaklığa dayalı nukleer reaksiyonlar anlamında, "termonukleer reaksiyon" olarak nitelendirilirler.

Bu yüksek sıcaklıklarda, herşey buharlaşmış olup, atomlar iyonize haldedir. Yani, pozitif yüklü çekirdekler ve negatif yüklü elektronlar, cesitli yönlerde ve çok yüksek hızlarla kosusturup durmaktadırlar. Böyle bir plazma olusturup yeterince ısıtılırseniz, fuzyon reaksiyonları başlayacak, enerji üretmek imkanı doğacaktır. Reaksiyonun belli baslı hammaddesi olan doteryum, dünyada da boldur. Zira okyanus sularındaki her 6,666 hidrojen çekirdeğine karşılık, bir tane de

doteryum izotopu bulunur. Yani dunyada "dunya kadar" doteryum vardir ve doteryumun her gramı 7.5 ton komur kadar fuzyon enerjisi icerdigine gore, okyanuslarda neredeyse sinirsiz miktarda enerji bulunmaktadır.

Ancak, fuzyon olayini baslatmak icin plazmanin isitilmesi gereken yuksek sicakliklara dayanikli hicbir malzeme, tabii ki yoktur. Zira milyonlarca santigrat derecedeki plazma, degdigi herseyi, metal veya hatta seramik dahi olsa, aninda buharlastiracaktır. Gunesin merkezinde bu sorun degildir. Zira hersey zaten gaz halindedir. Yeryuzunde ise plazma, maddeden yapilmamis "kap"larda isitilmek zorundadir. Bunun icin, manyetik alanlarin hareket halindeki yuklu parcaciklar uzerinde uyguladigi kuvvetlerden yararlanilir. Bu kuvvetler, plazmayi olusturan ve plazma hacminden disari kacmaya calisan yuklu parcaciklari yavaslatarak, icerde hapis kalmalarini saglamaya calisir. Ancak, fuzyon reaksiyonlari basladiginda, plazma daha da fazla isinir ve cok daha hizli hareket etmeye baslayan parcaciklarin, hapsedildikleri hacimden kacabilmeleri kolaylasir. Plazma, saniyenin milyonda birinden az bir sure icerisinde dagilmistir...

Onemli olan, bu kisa sure icerisinde fuzyon reaksiyonlarindan, plazmayi isitmak icin harcanandan daha fazla enerji elde ederek kara gecmek ve bu enerjiyi elektrik enerjisine cevirmektir. Bu ise, 1950'lerden beri bu alanda yapilan arastirmalara milyarlarca dolar harcanmis olmasina raimen, bir turlu basarilamamistir.

Halbuki kontrolsuz fuzyon reaksiyonlarinin gerceklestirilmesi nisbeten kolay olmustur. Plazmanin isitilmesi icin once bir atom bombasi patlatilmakta, sicaklik birkac milyon derece duzeyine cikartilmektedir. Plazma reaksiyonlari baslayınca da, guclu bir konvansiyonel patlayici olan "trinitrotrigliserin"in (TNT) milyonlarca tonunun (megaton) patlatilmasina esdeger miktarda fuzyon enerjisi elde edilebilmektedir. Ancak bu, kontrolsuz bir reaksiyondur. Hemen her seyde oldugu gibi, bir olayin kontrol altinda gerceklesmesini saglamak, kontrolsuz gerceklesmesini saglamaktan daha zordur. Fuzyon olayinin kontrolu ise muhendisleri, daha once hicbir konuda karsilasmadiklari kadar zorlamaktadır.

Muhendislik bilimleri aslinda, nukleer enerjiyi terbiye etmesini becermistir. Fakat bunu fuzyon yoluyla degil, diger tip nukleer reaksiyon olan fizyon, yani buyuk bir cekirdegin parcalanmasina dayali olarak gerceklestirmistir. Hem de bunu, ilk atom bombasini yapmadan once becermistir.

Kolayca parcalanip fizyona ugrayan ve bu arada enerji aciga cikaran cekirdeklerin "fisil" olduklari soylenir. Dogada bulunan uranyum, hemen tamamen, iki tip izotoptan olusur. Bunlardan birisindeki proton ve notronlarin toplam sayisi 235, digerindekilerin ise 238'dir. Dolayisiyla bu cekirdekler, U-235 ve U-238 notasyonuyla gosterilirler. Her ikisindeki proton sayisi ayni ve 92, fakat ikincisindeki notron sayisi, birincisindekinden uc daha fazladir. Biz bu teknik notasyonla ugrasmak yerine, U-235'lerin "kirmizi", U-238'lerin de "siyah" olduklarini dusunelim. Kirmizilar bir notron carptiginda parcalanmaya cok daha yatkindirlar ve parcalandiklarinda iki veya uc de notron cikarirlar.

Dolayisiyla, bir uranyum kutlesi dusuncek olursak ve bu kutlenin icine bir avuc notron salarsak; bu notronlar "kirmizi" uranyumlara carpip, bu izotopların parcalanmasina yol acacak, parcalanmalardan aciga cikan notronlar, gidip baska kirmizilara carpacak, buradan yine notronlar cikacak vs. Yani kütle uygun buyuklukte secilirse, icinde bir zincirleme reaksiyon yer alacak ve surekli olarak aciga enerji cikacaktır. Kutlenin uygun buyukluk ve kompozisyonda secilmesi onemlidir. Zira fizyonlardan aciga cikan notronların bir kısmi, ilgisiz cekirdeklerde yutulur ve kutlenin cidarından disari kacarak, bir bakima ziyan olmaktadır. Kütle kucuk ise, notron kacaklari cok fazla olur ve zincirleme reaksiyon, daha baslayamadan durur. Ote yandan yeterince buyuk bir uranyum kutlesinin icine, disardan notron atmak da gerekmez. Zira kirmizi izotoplar, kendilerine

carpan notronlar bulunmadigi zaman dahi, durup dururken parcalanmakta, cok yavas bir sekilde de olsa, kendiliklerinden fizyona ugrayip notron salmaktadirlar.

"Atom bombasi" da denilen fizyona dayali patlayicilar, uranyum parcalari halinde hazirlanip son anda bir araya getirilirler. Orijinal parcalarin her biri, zincirleme reaksiyonu baslatamayacak kadar kucuk, fakat hepsi bir araya geldiginde olusan kutle, bunu fazlasiyla basaracak kadar buyuktur. Yani "superkritik"tir. Bu "superkritik kutle", orijinal parcalarin etrafina yerlestirilen konvansiyonel patlayicilarin patlatilmasi sonucu sikistirilip bir araya getirildiginde, kirmizi izotopların kendiliklerinden parcalanmalari sonucu zaten aciga cikmakta olan notronlar, zincirleme reaksiyonu baslatmaktadirlar. Buradaki olay, saniyenin milyonda biri kadar kısa bir sure icerisinde, kutledeki kirmizi cekirdeklerin hemen tamamının parcalanmasini ve sonuc olarak da aciga, yuzlerce kiloton TNT esdegerinde enerji cikmasini saglar.

Bir nukleer reaktorde ise bu zincirleme reaksiyon, cok daha yavas ve kontrollu olarak gercekleisir. Reaktorun yapisi biraz daha karmasiktir ve uranyum haricinde, bazi destek unsurlari da barindirir. Ornegin, fizyon sonucu aciga cikan notronlar hizlidir. Halbuki yavas hareket eden notronlar, kirmizi cekirdekleri daha kolay parcalayabilir. Dolayisiyla hizli notronların yavaslatilmasi gerekir ve bunu da, reaktor kalbine konulan sudaki hidrojen atomlari becerir. Hidrojenlerle carpisan hizli notronlar yavaslar. Bu durumda, fizyondan yeni cikmis olan hizli notronun, yavaslamak icin hidrojen atomlariyla carpismasi, bunun icin de icinde dogdugu uranyumdan cikip, bir sure icin su icerisinde dolasmasi gerekir. Bu amacla, uranyum metali cubuklar halinde imal edilip, aralarından su gecirilir ve hidrojen iceren suyun bir "yavaslatıcı" gorevi gordugu soyleneir. Hem, fizyon sonucu aciga cikan enerjiyi emmek icin zaten bir de sogutucuya ihtiyac vardir ve su, bu islevi de ustlenir. Boylelikle bir tasla iki kus vurulmus, hem notronlar yavaslatilip hem de reaktor kalbi sogutulmus olur. Su, hem "yavaslatıcı" hem de "sogutucu" gorevi gormektedir. Aslında ayni isi sudan baska, karbondioksit veya helyum gibi gazlar da yapabilir. Hangi tur yavaslatıcı ve sogutucunun kullanildigi, reaktorun tipine gore degisir. Her halukarda, fizyondan cikan hizli notronların yavaslatildigi reaktore, "yavas" anlamında, "termal" reaktor denir. Bu sifat aslında reaktorun degil, kalbin icinde hareket eden notronların yavas oldugunu ifade etmektedir.

Ayrice, reaktor kalbine konulan uranyum cogu kez, dogada bulunan uranyum degildir. Zira dogal uranyumda az miktarda fisil izotop, yani benzetmemize gore kirmizi cekirdek bulunur. Soyle ki; dogal uranyumun her bin atomundan sadece, yaklasik 7'si fisildir. Hal boyle olunca, zincirleme reaksiyon icin gerekli olan notron uretim hizlarina erismek guclesir ve dogal uranyumun zenginlestirilmesi gerekir. Bu adeta, bir parca dogal uranyum alip, icindeki mavi cekirdekleri ayiklayip atmaya ve geride, mavilere oranla daha fazla sayida kirmizi cekirdek birakmaya benzer. Fakat sozkonusu "izotop zengilestirme" islemi, o kadar da basit degildir ve yavas calisan pahali islemler gerektirir.

Demek ki dogal uranyumun binde birinden azi, nukleer enerji uretimi acisindan ise yarayan "fisil" cekirdeklerden olusmaktadır. Bu cekirdeklerin 1 gramı, yaklasik 2.5 ton komurunkine esdeger enerji potansiyeline sahiptir. Fakat uranyum, "nadir toprak metalleri" sinifında yer alır. Yani yer kabugundaki mevcut miktari, "nadir" denecek kadar azdir. Dolayisiyla, dunyamizin "fisil uranyum cekirdegi" stogu, enerji ihtiyacimizi uzun bir sure karsilayabilmekten uzak, yaklasik 200 yıl yetecek kadardir. Fakat fisil olmayan "mavi" cekirdekler, tumuyle ise yaramaz degildir. Zira bir notron yutmalari halinde, radyoaktif hale gelirler ve iki isimadan sonra, fisil olan bir baska izotopa, plutonyuma donusebilirler. Dolayisiyla, zenginlestirme islemi sirasında ayiklanan mavi cekirdekler, bir koseye atilmayip, reaktor kalbinde uygun bir yere konabilir ve notron yutarak kirmizilasmaları saglanabilir. Eger kalpteki notron uretim hizi yeterince yuksek ise, hem kirmizi cekirdeklerin parcalanmasi sonucu enerji uretmek, bir yandan da mavi cekirdekleri kirmiziya donusturmek mümkündür. Hatta uygun bir tasarimla reaktor, birim zamanda tukettiginden daha fazla kirmizi cekirdek uretebilir. Bu durumda reaktorun, net olarak yakit uretmekte oldugu soyleneir. Yani

reaktor "uretken"dir. Bu islem, yavas notronlar yerine hizli notronlarla daha kolay basarilabilir. Bu yuzden de "uretken" reaktorlerdeki notronlar, fizyondan ciktikten sonra yavaslatilmazlar. Suyun yavaslatici etkisinden kacinmak icin sogutucu olarak, su yerine sivi sodyum kullanilir ve boyle reaktorler "hizli uretken" reaktor adini alır. Hizli uretken reaktorler sayesinde dunya kabugundaki uranyumun, binde birinden azi yerine tamami, nukleer enerji elde etmek amaciyla kullanilabilir. Ancak hizli uretken reaktorlerin yakitlarinin, once termal reaktorlerde uretilmesi lazimdir. Boyle bir "termal-hizli uretken" reaktor programi, dunya uranyum rezervlerinin enerji potansiyelini 100 misli kadar arttirir ve bu potansiyelin yeterlilik suresini, 200 yildan 9000 yila cikartir.

Zincirleme fizyon reaksiyonlari termonukleer fuzyon reaksiyonlarından önce terbiye edilmiş, ilk nukleer reaktor 2 Aralik 1942 tarihinde, Italyan asilli Amerikalı fizikçi Enrico Fermi liderligindeki bir grup tarafından, Chicago'da kritik hale getirilmiştir. Bu reaktörde yavaslatıcı olarak, saf karbon veya grafit kullanılmış, nukleer çag bu "grafit yigini" ile acılmıştır. Nukleer endüstri hızla geliserek büyük adımlar atmış, dünyanın her tarafında reaktorler kurmaya başlanmıştır. 1 gram uranyum 2.5 ton komüre esdeğer enerji uretebildigine göre, nukleer bir santralin yakit masraflarının yok denecek kadar az olacağı, bir kez kurulduktan sonra, santralin neredeyse bedavaya çalıştırılacağı sanılmıştır. Nukleer endüstri bu nedenle, bol ve ucuz elektrik enerjisi vaad etmiş, hatta bir süre sonra evlere elektrik sayacı takmaktan vazgeçileceğini söylemiştir. Nukleer endüstri bu utopik vaadi ile ilk hatasını yapmış, kazın ayacı hiç de öyle çıkmamıştır.

Reaktor kalbinde parçalanan uranyum çekirdekleri, daha küçük iki çekirdeğe yol açar ve "fizyon ürünleri" denilen bu yeni çekirdekler, yüksek enerjilerle dogar. İçinde bulundukları malzeme tarafından sonunda durdurulur, fakat bu arada, etraftaki çekirdeklerle çarpışarak epeyce hasar yaratırlar. Ayrıca kendileri istikrarsız olup, olusumlarından belli bir süre sonra, başka çekirdeklere dönüşürler. Bu arada; gama isinleri denilen yüksek enerjili elektromanyetik radyasyon veya elektron ve pozitron gibi kati parçacıklar yayınlırlar. Boyle bir etkinlik gösteren çekirdeklerin, "radyoaktif" oldukları söylenir. Radyoaktif çekirdeklerin bozunması çogu kez, diğer radyoaktif çekirdeklerin olusumu ile neticelenir. Bunlar da bozunduklarında, daha başka radyoaktif çekirdeklere dönüşebilir. Kısacası, işletmeye alındıktan bir süre sonra bir nukleer reaktörün kalbinde 800 kadar farklı radyoaktif çekirdek türü birikir. Bu çekirdeklerin tümünün sahip olduğu "isinlama gücü"ne, "radyoaktivite envanteri" denilir. Radyoaktif envanter reaktor kapatıldıktan, yani zincirleme fizyon reaksiyonları durdurulduktan sonra da ismasına devam eder. Gerçi bu isima zamanla azalır. Herhangi bir radyoaktif izotopun, başlangıçtaki sayısının ve dolayısıyla da isima gücünün yarıya inmesi için gereken süreye "yari ömür" denir. Bu süre çekirdekten çekirdeğe değişir. Bazıları için saniyenin küçük bir fraksiyonu, bazı diğerleri için ise binlerce yıldır. Birkac yuzmilyon wat gücündeki bir reaktörde, kapatıldıktan hemen sonra, saniyede milyarlarca kere milyarlarca bozunum yer almaktadır. Bu ise reaktörün çalışma halinde ürettiği enerjinin %10 kadarının üretilmeye devam etmesi demektir. Buna "bozunum isisi" denir ve azalması için zaman geçmesi gerekir. Bir başka deyişle, komüre dayalı bir termik santrali kapattığınızda, kazanına komür atmıyı durdurur ve enerji üretimine son verirsiniz. Halbuki bir nukleer santral, kapatılsa dahi, normal gücünün %10'u kadar enerji üretmeye devam eder ve reaktörü sogutmaya devam etmek zorundasınızdır: Ta ki "bozunum isisi" önemsiz düzeylere inene kadar... Aksi halde reaktor kalbindeki uranyum yakit elemanları eriyebilir, çok yüksek sıcaklıkta sivi bir kütle oluşturun, onune gelen herşeyi eritebilir. Uranyum ağır bir metal olduğundan, erittiği kütlenin dibine çöker ve yeni konumunda neyle karşılaşırsa eritmeye devam eder. Reaktor binasının beton temelini dahi eritip, topraga ulaşabilir. Bundan sonra, hipotetik bir tasarımla; örneğin ABD'deki bir reaktor kalbi topragi, reaktörden geçen dünya eksenini boyunca eriterek dünyanın obur tarafından, Çin'den çıkabilir. "Cin Sendromu" denilen bu hipotetik senaryo, aslında gerçekçi değildir. Ancak, bir "sogutucu kaybı kazası" sonucu reaktor kalbinin erimesinin muhtemel sonuçları, son derece ciddidir. Bu noktaya tekrar dönmek üzere...

Radyasyon parçacıkları, mikroskopik birer mermi gibidirler ve onlerine cikan malzeme icerisinde durdurulup sogurulana kadar, o malzemeye enerji enjekte ederler. Malzeme tipki, uzerine bir tabanca ile defalarca ates edilen celik bir levha gibi isinir. Bundan ote, radyasyon parçacıkları, yollari uzerindeki molekuler baglari kirarak, maddenin yapısında degisiklikler de yaratir. Eger malzeme uzun molekuler zincirlerinden olusuyor ise, isininin kirdigi molekuler parçalari bazen de, yine radyasyon isinlarinin etkisi sonucu, gelisiguzel yerlerinden birbirlerine baglanir. Yani radyasyon, tipki bir oksijen tupunun ucundaki alev gibi; uzun cubulari bazi yerlerinden eriterek kesmekte, diger bazi yerlerinden de, parçalari kaynak edip birlestirmektedir. Bu olguya "radyasyonla polimerizasyon" denilir ve bazi plastik turleri bu sayede sertlestirilir. Ancak bu olay eger canli bir organizmada yer aliyor ise, bu, organizmanin aleyhinedir.

Canli hucreler cogunlukla, uzun protein zincirlerinden olusur ve hucrenin radyasyona maruz kalmasi halinde, daha once de belirtildigi gibi, bu molekuler baglardan bazilari kirilir ve ortaya cikan parçalar, gelisiguzel sekilde baglanir. Bu molekuller artik ise yaramaz olmustur ve tamir edilmeleri gerekir. Zira aksi halde, hucrede arizali molekuler yapilari birikecek, hucrenin metabolizmasi degisecektir. Nitekim hucrenin bu tur hasarlari gidermek icin belli bir tamir kapasitesi vardir. Hatta geliskin organizmalardaki hucreler, molekulleri tek tek kontrol edip rastlanan hasarlarilari tamir etmek yerine, tum molekulleri belli araliklarla, hasarli olsun veya olmasinlar, parçalayip yeniden insha etmeyi tercih ederler. Metabolizmanin sagligini garantileyen bu tercih, ilk elde gereksiz derecede zor ve karmasik gorunmekle beraber, cok sayida molekulle calisilmakta oldugundan, aslinda hasar tamiri meselesini hayli basitlestirir. Nitekim normal bir insanin vucudunda her gun 40 gram kadar protein, once bileşenlerine ayrilip, sonra yeniden insha edilir.

Ancak, hucrenin tamir kapasitesi sinirlidir ve bu sinir asildiginda, hasarli molekuller birikmeye, hucrenin yasam faaliyetleri etkilenmeye baslar. Ornegin kil dibi hucreleri, dis kaynakli radyasyona karsi on cephede yer alirlar ve radyasyona karsi asiri hassastirlar. Dolayisiyla asiri radyasyona maruz kalan insanların, saclari dahil, vucutlarindaki tuyler dokulur. Keza gozun kornea tabakasi, radyasyona karsi hassastir; polimerizasyona ugrayarak seffafligini yitirir ve buna da "katarakt hastaligi" denir. Bunlara radyasyonun "somatik" etkileri denir.

Radyasyonun bir de "genetik" etkileri vardir. Eger radyasyon hucre cekirdeğine ulasacak olursa, buradaki DNA'nin yapısında bazi degisikliklere yol acar ve insanin ozelliklerini belirleyen sifreyi, adeta yeniden ve gelisiguzel bir sekilde yazar. Hucrenin faaliyetlerini yoneten emir komuta zinciri degismistir. Hucre, aksayan faaliyetleri dolayisiyla olebilir veya daha da kotusu, hizli bir ureme cabasina girerek kanserlesir. Ote yandan, eger cekirdegi hasar goren hucre, sperm veya yumurtalari olusturan "haploid" hucrelerden birisi ise, bu hucrenin dolleyegegi yavru, yapisal bozukluklarla dogar.

Bunlar dusuk miktarlardaki radyasyonun etkileridir. Radyasyonun hasar gucunun bir olcusu, hedefe enjekte ettigi enerji miktaridir ve bu, "radyasyon dozu" adini alir. Eger doz yuksek ise, organizma asiri miktarda isi sogurur ve yumusak dokulari, bir bakima piser. Orta gucte bir atom bombasinin dustugu noktayi merkez alan 1 mil yarıcapındaki bir daire icinde bulunan insanin ise, pismek gibi bir sorunu yoktur. Zira onca kisa zamanda yanmak icin gerekli oksijeni bulamadaigindan, yanamaz ve buharlasir. Geride sadece iskeleti kalir...

Radyasyonun muhtemel zararlarina kisaca degindikten sonra, tekrar nukleer reaktorelre donecek olursak; fizyon sonucu olusan bazi radyoaktif izotopların, kalbi sogutan suya karismasi mumkundur. Kaldi ki; suyun icerisinde notronlar dolasmakta, suyu olusturan cekirdekler tarafından yutulmaktadırlar. Ornegin hidrojen, bir notron yutup doteryum, doteryum bir notron daha yutup trityum olabilir. Her iki urun de radyoaktiftir. Keza, sudaki oksijen bir notron yutup radyoaktif bir izotopa donusebilir. Dolayisiyla, sogutma suyu, reaktor icerisinde donup durdukca radyasyon

biriktirir ve disari sizmamasi gerekir. Halbuki her endustriyel girisim, bazi kaza ihtimallerini de beraber getirir. Nukleer reaktorlerin de, ufak tefek kazalar sonucu radyoaktivite sizdirmasi, cevrede saglik sorunlarına neden olmasi kacinilmaz gibidir. Nitekim gecmiste boyle olmus, en gelismis ulkelerdekiler de dahil olmak uzere, dunyanin muhtelif yerlerinde insa edilen yuzlerce nukleer santralde yer alan radyasyon sızıntılarının sayısı, yuzleri bulmustur. Nukleer endustri ikinci hatasını burada yapmis, butun bu kazaları saklamaya calisip, saklayamadiklarını yalanlamistir. Zira dunya kamuoyu, o donemde tirmanan Soguk Savas'la birlikte, nukleer silahlar karsisinde dehsete kapilmaya, radyasyonun muhtemel zararları anlasildikca da, nukleer santrallara karsi guvensizlik duymaya baslamistir. Endustri kendisini savunmaya calisirken nukleer teknolojiyi, sanki kazalardan muafmis gibi gostermis, "sogutucu kaybi" gibi ciddi bir kazanin asla olamayacağını iddia etmistir. Endustri ucuncu hatasını da burada yapmis, bu iddiası da yanlis cikinca, agir tohmet altinda kalmistir.

Zira 1979 yilinda ABD'nin "Three Mile Island" nukleer santralindeki unitelerden birinde, olasi en kotu kaza gerceklesmis, sogutucu kaybi sonucu reaktor kalbi erimistir. Gerci kaza esnasında olan olmamis, cevreye fazla radyasyon salinmamistir. Fakat Amerikan kamuoyu, nukleer endustrinin "olmaz" dedigi kazayı yasamis, bu alternatifini ciddi bir sekilde sorgulamaya baslamistir. Elektrik uretim sirketleri yeni siparisler vermeyi durdurmus, daha onceki siparislerini iptal edenler de olmustur. Nukleer endustri bir darbogaza girmekte, kendisini cok daha ciddi bir sorun beklemektedir.

Zira 1986 yilinda Sovyetler Birligi'nin Cernobil nukleer santralindeki unitelerden birisi, ayni kazaya ugramis, fakat bu seferki kaza kontrol altına alinamamistir. Olusan radyasyon bulutunun haftalarca, Turkiye dahil Avrupa uzerinde dolastigi, yagmurlarla birlikte besin zincirine ulastigi hepimizin malumudur. Kazadan dolayi 30'dan fazla insanin oldugu bilinmekte, radyasyona maruz kalmis olup da kanser riski artanlar, onbinlerle olculmektedir. Nukleer endustrinin imaji agir bir yara daha almıs, kamuoylarının nukleer enerjiye guveni sarsilmistir. Fakat dile getirilen endiselerde, psikolojik boyut agir basar gibidir.

Zira nukleer santralların isletmesi sirasında yer alan kazalar, "isletme riskleri" kapsamındadır ve nukleer endustrinin bu acidan performansı aslında, oldukca saygindir. Onbine yakin "reaktor yil"lik isletme deneyimi sirasında, bir elin parmaklarını gecmeyecek sayıda ciddi kaza olmus, bu kazalarda olenlerin sayısı 50'yi ancak bulmustur. Tabii ki cevreye salinan radyasyon, zamanla kanser vakalarında artislara yol acacak ve bunun sonucu olarak, pek cok insanin omru kisalacaktır. Ancak teknolojik yasam, mukafatların yanında bazi riskler de getirmekte, "her nimetin bir de kulfeti" oldugu bilinmektedir. Diger sanayi dalları da boyledir. Ornegin 1974 yilinda, Hindistan'in Bhopal eyaletinde, Union Carbide sirketine ait bir gubre fabrikasında yer alan siyanid gazı kacagi, 3,400 insanin zehirli buharlar soluyarak olmesine yol acmis, fakat kimya endustrisi bu nedenle kapanmamistir. Komur madenlerinde her yil yuzlerce, yalnız Turkiye'de ortalama olarak 60'in uzerinde isci olmekte, hic kimse komur madenlerinin bu yuzden kapatılmasını istememektedir. Keza trafik kazaları tum dunyada, "tek disi kalmis bir canavar" gibi serbestce dolasmakta, sadece Turkiye'de bu yuzden yilda, 7,000'e yakin insan olurken 60,000 kadarı sakat kalmaktadır. Fakat otomobil kullanımının yasaklanmasını isteyen yoktur. Muhtelif is kollarında yer alan kazalardan olenlerin tek bir yillik dokumu dahi muhtemelen, simdiye kadarki tum nukleer kazalarda olenlerin sayısından fazladır. Bu riskler olagan addedilirken, nukleer enerjiye karsi sert tepki gosterilmekte, demek ki kamuoyları, "toplumsal risk siralaması"nda onyargili hareket etmektedir. Bu onyarginin bir nedeni, nukleer santralların nukleer silahları cagristirması, bir digeri de, sozkonusu radyasyon riskinin gorunmez, neredeyse "mistik" bir tehlike olmasıdır. Uzmanlar durumu kamuoyuna anlatmaya calismakta, fakat endustri guvenilirliğini yitirmis oldugundan, aradaki diyalog kopmus bulunmaktadır.

Halbuki bir nukleer santralin bir nukleer bomba gibi patlamasi imkansizdir. Hatta nukleer santrallar, bir kaza durumunda kalp isinmaya basilayinca, kendi kendilerini kapatip, zincirleme reaksiyonu durduracak sekilde tasarlanmisilardir. Nitekim Three Mile Island ve Cernobil'deki reaktorler de, anormal gelismeler baslar baslamaz durmuslardir. Zincirleme reaksiyonun sona ermis olmasina ragmen kalbin erimesine, kalpteki radyoaktivite stogunun isinimlerinin yol actigi "bozunma isisi" olmustur. Three Mile Island'daki ile ayni kazaya ugramasina ragmen, Cernobil'deki kazanin sonuclarinin agir olmasina ise bu santralda, Bati standartlarinca ongorulen bazi guvenlik sistemlerinin bulunmamasina yol acmistir. Simdi artik, eski Dogu Blogu ilkelerinde bulunan santrallar da Uluslararası Nukleer Enerji Ajansi'nin denetimine acilmis, bu santralların, Bati'daki akranlarında var olan guvenlik sistemleriyle donatilmalarına baslanmistir.

Tekrarlamak gerekirse; nukleer teknolojinin isletme performansi, her seye ragmen, hic de fena degildir. Fakat nukleer santralların bir baska sorunu daha vardir ve bu sorun kamuoyunda yeterince tartisilmamaktadır.

Reaktor kalbinde fizyona ugrayarak enerji ureten uranyum yakit, zamanla fakirlesir ve belli bir noktadan sonra, yakitin degistirilmesi gerekir. Bu "kullanilmis yakit"lar, kimyasal yontemlerle parcalanip, icindeki ise yarar izotoplar alinir. Geride kalan kimyasal cozeltelerde, "ust duzeyde radyoaktif" olan ve fakat ise yaramayan cekirdekler kalir. Bu "ust duzeyde radyoaktif sivi atiklar", radyoaktif olduklarından gelisiguzel atilmamaları, cevreye zarar vermemeleri icin ozenle zirhlanip saklanmaları lazimdir. Ta ki radyoaktiviteleri zararsiz duzeyle inene kadar...

Radyoaktif bir maddenin aktivitesinin yarilanmasi icin gereken zamana "yari omur" demistik. Boyle bir maddenin aktivitesini artik kaybetmis oldugunu soyleyebilmek icin, parmak kurali olarak "10 yari omur"un gecmesi gerekir. Nukleer reaktor atiklari arasinda; Stronsiyum-90 ve Sezyum-137 gibi cekirdekler onemli bir yer tutar. Bunların yari omurleri oldukca uzun olup, sirasiyla 28 ve 30 yıl civarındadır. Dolayisiyla, 300 yıl sureyle, emniyetli bir sekilde saklanmaları lazimdir. Diger bazi cekirdeklerin yari omurleri cok daha uzun olup, ornegin plutonyumunki 24,000 yıl kadardir. Termal reaktorlerde biriken plutonyum, hizli uretken reaktorlerde yakit olarak kullanilabilir. Ancak bu yapilmadigi takdirde, bu cekirdegin de keza, ozenle saklanması gerekir. Halbuki dunya "hizli uretken reaktor programi" askiya alinmis, termal reaktorlerde uretilen plutonyum birikmeye basamistir. Plutonyum icin "10 yari omur" 240,000 yili bulmakta, bu denli uzun bir zaman insanın ufkunu asmaktadır. Guvenli saklanabilmesi icin, jeolojik zaman olceginde calismak gerekmektedir ve tum radyoaktif atikların, camlastirildikten sonra, depremlerden muaf yeralti galerilerinde saklanması dusunulmektedir. Ancak, olusturulmaya calisilan cozumlerin saglikli olabilmesi icin, kamuoyunda genis bir katilimla tartisilmasi, kabullenilebilir riskler uzerinde anlasilmasi gerekmektedir. Halbuki bu konu, hemen hemen hic tartisilmamakta, nukleer santralların isletme sorunları ise, on planda tutulmaktadır.

Konuyu baglamak uzere; termonukleer reaksiyonların terbiye edilebilmesi halinde insanlının enerji sorunu, neredeyse ebediyyen cozelebilecek, fakat bu gerceklesene kadar, diger enerji kaynakları ile yetinmemiz gerekecektir. Nukleer enerjinin, bu "bol enerji gelecegi"ne giden koprude onemli bir rol oynamasi kacinilmaz gorunmektedir. Ancak tum digerleri gibi bu alternatif de, beraberinde bazi riskler getirmekte, bu riskler herkesi ilgilendirmektedir. Dolayisiyla konunun kamuoylarında, genis katilimla tartisilmasi; riskler, mukafatlar ve odenecek bedeller uzerinde anlasilmasi lazimdir.

Nukleer endustrinin yakin gelecege yonelik calismalarının basta gelen hedefi, halen isletilmekte olan reaktorlerin, kamuoyunun talep ettigi guvenlik duzeyine ulastirilmalarıdır. Bu ise daha siki standartlar ve daha fazla yatirim gerektirmis, nukleer enerji alternatiflerine oranla pahali hale gelmistir. Aslında enerji fiyatları, petrol sokları nedeniyle genelde artmis, ilkeler enerji tuketimlerinde tasarrufa yoneline, dunya tuketimi yerinde saymistir. Bu da insana, "her iste bir

hayir" vardir sozunu hatirlatmaktadir. Zira en temiz ve en ucuz enerji, tasarruf ile saglanandir ve dunya, enerji savurganligina bir son vermek zorundadir.

Nukleer endustrinin orta vadeli calismalari, gecmisten cok daha guvenli reaktor tasarimlarina yonelik olup, isletme sirasinda, isteseniz ve ugrassaniz da kalbini eritemeyeceginiz "ultra guvenlikli sistemler uzerinde yogunlasmaktadir. Ornegin bunlardan birisi gaz sogutmali olup, top seklinde yakitlar kullanmakta, "geliskin gaz sogutmali rektor" adini almaktadir. Bir digerinin ise, ufak capta bir golun dibine kurulmasi tasarlanmakta, bu "ultra guvenli reaktorun", ne olursa olsun sogutucu kaybina ugramamasi amaclarlanmaktadir.

Nukleer endustrinin uzun vadeli calismalari ise, "radyoaktif atiklarin guvenli depolanmalari" ile ilgilidir. Ust duzeyde radyoaktivite iceren sivi atiklarin, kati hale getirildikten sonra "vitrifikasyon" yoluyla cam bir bunyeye, homojen bir sekilde emdirilmeleri planlanmaktadir. Boyle bir tasarimda, dis kabin delinmesi ve radyoaktif cekirdeklerin cevreye yayilarak besin zincirine girmeleri ihtimali bulunmamaktadir. Zira cam kirilsa dahi, sadece kirilma yuzeyindeki radyoaktif cekirdekler aciga cikmakta, cam bunye icindekiler disari sizmamaktadir. Hem de bu cam muhafazalarin "sok emici" jeolojik tabakalara gomulmesi tasarlanmakta, boylelikle deprem soklarindan korunmalari amaclarlanmaktadir. Bu jeolojiik tabakalar gecmiste oldugu gibi, yuzbinlerce yil sureyle degismeden duracak, radyoaktif atiklari iclerinde saklayacaklardir. Ancak, zaman olcegi uzun oldugundan, muhtemel gelismeleri tumuyle ongorebilmek guctur ve yine, kamuoyunun yapici elestirilerine ihtiyac duyulmaktadir.

Kamuoyunu, acik fikirlilikle yurutulecek bir diyaloga davet ederken, bu tartismalarda goz onunde bulundurulmasi gereken bir hususu hatirlatmakta yarar vardir ve bu da; olmayan enerjinin bedelinin, gecmis kazalarda odenmis olanlardan cok daha agir oldugudur.

TURKIYE'NIN KONUMU

Durum tesbiti:

Turkiye Elektrik Anonim Sirketi (TEAS) verilerine gore Turkiye halen, 24Gw (gigawat) kurulu guce dayali olarak 106Tws'lik (terawatsaat) elektrik enerjisi uretmekte ve bunun 80Tws'ini tuketiciye iletip faturalandirabilmektedir. Dolayisiyla yilda kisi basina uretim 1700, kayitli tuketimin ise 1300Kws kadardir. Bu son rakam, kacak kullanimin da hesaba katilmasi halinde kabaca 1500 Kws'e varmakta ve dunya ortalamasi olan 2200Kws'in %30 altinda kalmaktadir. Yine kisi basina yillik tuketimin ABD'de 12000, Bati Avrupa ulkelerinden ornegin Fransa'da 7700, komsumuz Yunanistan'da ise 3500Kws duzeyindedir.

Bati ligine tirmanmaya calisan Turkiye'de mevcut tuketimin azdir. Ilaveten, karartmalar yasandigina gore arz yetersizdir ve arzin, tasarruf ve/veya kapasite ilavesiyle arttirilmak durumundadir.

Tasarruf:

Tasarruf, tuketimin ve/veya sebeke kayiplarinin azaltilmasiyla mumkundur.

Daha fazla enerji tuketmek tek basina iftihar edilecek bir sey degildir. Esas olan enerjiyi tasarruflu kullanmak ve daha az enerji ile daha cok uretim yapmaktir. Ancak Turkiye'nin tasarruf imkanlari sinirlidir. Cunku kisi basina gelir duzeyi dunya ortalamasinin uzerinde, elektrik tuketimi ise altindadir. Yani Turk insani elektrik enerjisini zaten bir hayli, mahrumiyet duzeyinde tasarruflu kullanmaktadir. Gerci resmi rakamlara gore kisi basina 3500 dolar olan GSMH'nin enerji yogunlugu

(14,500 ve 11,600Btu/\$) ABD'dekinden yuksektir. Ancak Turkiye'de ekonominin yariya yakini kayitsizdir ve kisi basina GSMH, satin alma gucu paritesine gore hesaplandiginda 5000 dolari asmakta, bu rakamla hesaplanan enerji yogunlugu Batili ulkelerin altinda kalmaktadir. Ote yandan Turkiye'nin demir-celik ve tekstil gibi enerji yogun sektorlere yogunlasmis olmasi, ekonomisinin enerji yogunlugunu da arttirmis olsa gerektir. Yine de, tuketim kalipharini rasyonellestirmek ve tasarruf teknolojilerine yönelmek suretiyle bir miktar tasarruf mumkundur. Ancak enerjiyi verimsiz kullanan ekipmani verimli kullanan yeni modelleriyle degistirme sureci, varlikli toplumlarda hizli, bizim gibi gelismekte olan toplumlarda ise yavastir. Ornegin Turk insani elektrikli ev aletlerini ortalama on yildan fazla sureyle kullanirken, Bati Avrupalı bir tuketici her bes yilda bir yenilemektedir. Bu, enerji verimli teknolojileri devreye sokmak suretiyle tasarruf saglama imkaninin varlikli ulkeler icin daha kolay oldugu anlamina gelmekte, yani mutasarrif olabilmek icin varlikli olmak gerekmektedir. Buna fakirligin pahaliligi veya kisir dongusu denir

Sebeke kayiplarina gelince, TEAS verilerine gore; 106Tws'lik uretimle 80Tws'lik kayitli tuketim arasindaki %27'ye varan farkin; %3,5 kadari santrallardan kentlere iletim ve %4.5 kadari kent ici dagitim kayiplarindan, kalan kismi da kacak kullanimdan olusmaktadir. Kacak kullanimi kayip telakki etmek dogru olmasa gerektir. Cunku bu kullanim, nakit ekonomisine girecek gucu olmayan en yoksul kesimlere yönelik bir subvansiyon ve dolayisiyla da kent varoslarindaki emniyet subaplarindan birisi gibidir. Nitekim kacak ve kayip orani ilden ile degismekte, terorun pencesindeki bazi illerde %60'a ulasabilmektedir.

Ancak TEAS'in %8 olarak ongordugu kayip orani, aslinda %12 civarinda olsa gerektir ve bu orani OECD ortalamasi olan %7'lere cekmeyi hedeflemek lazimdir. Fakat bu olgu, oyle lanse edildigi gibi maliyetsiz bir girisim degildir. Cunku kullandigimiz elektrik enerjisi icin harcanan her bes kurustan ikisi santral yapimina, ucu de bu enerjinin iletim ve dagitimina harcanir. Simdi eger nakitiniz bolsa hem kayiplari azaltir, hem de uretim kapasitenizi arttirabilirsiniz. Eger nakitiniz azsa ve bu iki alternatif arasinda bir tercih yapmak zorunda kalirsaniz, her ne kadar tuhaf gorunse de, kayiplari azaltmak yerine devreye bir santral daha ilave etmeyi tercih edebilirsiniz. Buna da keza, fakirligin pahaliligi veya kisir dongusu denir. Yok eger nakitiniz hic yoksa, o zaman da borc alip basinizin caresine bakmaya calirsiniz: Turkiye'nin bugunku (dunku, evvelsi gunku) durumu budur.

Dolayisiyla TEDAS'in bu acidan, sebeke islahi yoluyla kazanilacak ve yeni santral yapimiyla ilave edilecek Kw guc basina yapilmasi gereken harcamalari kiyaslabilecek bir calisma yapmasinda fayda vardir. Fakat her halukarda Turkiye'nin tuketimden ve kayiplarin azaltilmasindan saglayacagi tasarruflar, kurulu gucunun %10'u mertebesinde olup 2500Mw'a esdegerdir. Halbuki kurulu guc kiyaslamasinda halen, her TC vatandasinin elinde her an kullanabilecegi 0.25Kw'lik bir guc varken, Amerikalı'nin elinde 2Kw, Avrupalı'nin elinde ise 1.25Kw'lik bir kapasite mevcuttur. Elde ufak bir matkap varken, hilti ile yarismak, bunca az enerji tuketimiyle Bati liginde cikmak mumkun degildir.

Dolayisiyla Turkiye tuketimini, ekonomisine paralel olarak yilda %6-8 oraninda arttirmek ve bu amacla, tasarruf onlemlerine ilaveten uretim kapasitesini de buyutmek zorundadir. Kapasite arttirimi hem de, tasarrufu destekler mahiyettedir. Cunku, sebekeye halen yeterince guc bagli olmadigindan reaktif guc (isinma) kayiplari yuksek olsa gerektir ve uretim kapasitesinin artmasi kayip oranlarini dusurecektir.

Uretim kapasitesini arttirmek, ya mevcut santralların kapasitesini yukseltmek veya santral stoguna yenilerini eklemekle mumkundur. Turkiye'deki termik santralların bazilari cok eski olup, yilin onemli bir kismini bakim onarimla gecirmektedirler. Dolayisiyla yillik kapasite kullanim oranlari, %50'ler mertebesinde dusuktur ve modernizasyonlari sayesinde bu oranlari yukseltmek mumkundur. Bu konunun da keza, alternatif bir enerji yatirimi mahiyetinde irdelemesinde fayda vardir.

Gelecege yönelik tahminler:

TEAS'in ongorusu, mevcut kapasiteyi 2010 yılına kadar 40Gw arttırarak 65Gw'a yükseltmek ve yılda 270Tws elektrik üretmektir. Bu üretim, o zaman için beklenen 83 milyon nüfus için kişi başına yılda 3,250Kws'lik bir tüketime eşdeğerdir ve bugünkü Avrupa ortalamasının yarısından, komşumuz Yunanistan'ın bugünkü ortalamasından azına denk gelmektedir. Bu hedef Türkiye'nin uzun vadeli hedefleri açısından mütevazî, ancak bugün artık başarılamayacak kadar yüksektir. 2020 yılı hedefi ise, 100Tws kurulu güçte ulaşım kişi başına 5500Kws tüketmektir.

Abartısız görünen bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için birincil kaynaklara ihtiyaç vardır.

Öz kaynaklar:

Halbuki Türkiye enerji kaynakları açısından, ne yazık ki kendisine yeterli bir ülke değildir. Petrolü yok denecek kadar az, hidroelektrik kaynakları nispeten bol ama yetersiz, 6 milyar tona varan linyit rezervleri ise kalitesizdir. Dolayısıyla Türkiye, önce kendi kaynaklarına yönelip bağımliliğini asgari düzeyde tutmak, sonra da dış kaynaklara yönelirken, istikrarlı coğrafyalar aramak ve bu bağımliliği mümkün olduğunca fazla sayıda ülke arasında yaymak zorundadır. Türkiye'nin yapmış ve yapmakta olduğu da zaten budur...

Türkiye halihazırdaki elektrik üretiminin %40'ini kendi hidrolik, %37'sini kendi linyit, %20 kadarını da ithal doğal gazdan sağlamakta, hidroelektrik potansiyelinin simdi %30'unu kullanmaktadır. 1980'lerin başında hidroelektrik potansiyelinin ancak %15'ini kullanırken, bugün %30'unu devreye sokmuş bulunmakta ve 2010 yılına kadar bu oranı %65'e, 2020 yılında da %80'e çıkarmayı tasarlamaktadır. Ancak Türkiye'nin onunda artık Keban gibi büyük proje imkanları kalmamıştır. Bundan sonra yapılacak barajlar sayıca fazla, boyutca orta ve küçük çapta olacak, ürettikleri enerjinin birim maliyeti artacaktır. Nitekim TEAS 2010 yılına kadar toplam 12,700Mw gücünde 34 baraj kurmayı planlamakta, daha sonrası için 300 diğer barajın projesi üzerinde çalışmaktadır.

Fakat barajların üretimi yağışa bağlı olduğundan, kurulu kapasitenin büyük bir kısmını bu kaynaga dayandırmak sakıncalıdır. Dolayısıyla bu kaynagi, yakıtı her an bulunabilir türden, örneğin kömür santralleriyle desteklemek gerekir.

Ama kömür pis bir kaynaktır. Hele bizim linyitlerimiz pisten de berbattır. Örneğin 1,000Mw'lık bir linyit santrali yılda iki milyon ton kadar kömür yakar ve gerisinde bir milyon ton civarında kül biriktirirken, bunun 100,000 tonunu baca gazlarıyla etrafına yayar. Ayrıca atmosfere dört milyon ton karbondioksit, 20,000 ton da nitrik oksit gazları salarken, yine etrafına veya uzaklara 40,000 ton sülfürik asit yagdırır. Türkiye'nin yılda almış milyon ton linyit yaktığı göz önünde bulundurulursa, bu rakamları 30'la çarpmak ve ülkemizin o bulanık havasını bu illete yorumlamak lazımdır. Bu kaynagin çevre ve toplum sağlığı açısından, enerji muhasebesine dahil edilmemiş olan ağır bir faturası vardır.

Öte yandan Batılı ülkeler sera gazı etkisinin farkına varmış ve karbondioksit emisyonlarını sınırlamak gerektiği üzerinde anlaşımlardır. Türkiye henüz bu anlaşmalara imzacı değildir, ancak AB'girdikten sonra bu yönde baskılara maruz kalabilecektir. TEAS buna rağmen 2010 yılına kadar toplam 9,000Mw gücünde 33 linyit ve 6,000Mw gücünde 12 ithal kömür santrali kurmayı planlamaktadır.

Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklar ihmal edilmeyip geliştirilmelidirler. Ancak simdi pahalı, küçük ölçekli ve sürekli üretemeyen kaynaklar olduklarından, 2010 yılına kadar en fazla birkaç Tws'lik, yani yüzde birkaçlık katkıda bulunabileceklerdir. Nitekim Avrupa'da halen jeotermal, güneş ve rüzgar enerjilerinden en fazla elektrik üreten ülke İtalya'dır ve elektrik üretiminin %60

kadarini petrol gibi pahalı bir kaynaga dayandırmış bulunmasına rağmen bu ülke, söz konusu kaynaklardan yılda 4.5Tws, yani 257Tws'lik tüketiminin %1.75'ini üretebilmekte ve kendisini 2.9Tws'la Almanya izlemektedir. Enerji bağımliliğini azaltmak amacıyla bu kaynaklar üzerinde en yoğun harcamaları yapan ABD'nin ise 86.8Tws'lik üretimi yüksek görünmekte, fakat bu miktar, toplam elektrik tüketiminin ancak %1.9'una karşılık gelmektedir. Enerji planlaması bu alanda kaydedilebilecek gelişmelere bağlı umitler üzerine kurulamaz.

Türkiye'nin özkaynakları burada tükenmekte ve enerji açısından dış dünyaya daha büyük oranda acilmek gerekmektedir.

İthal kaynaklar:

Nispeten temiz ve ekonomikliğini kanıtlamış olması itibarıyla, 21. Yüzyıl'ın ilk yarısının en önemli enerji kaynağı doğal gazdır. Türkiye de bunun farkına vararak 80' yılların sonuna doğru bu alana girmiştir. Halen kurulu gücünün 5000Mw'lık %20'sini doğal gazla dayandırmakta ve yılda 10 milyar metre kubuk tüketip hemen tamamını ithal etmektedir. Bu ithalatın büyük bir kısmı (7.84 milyar metre kubuk) Rusya'dan boru hattı ile, bir kısmı da sivilleştirilmiş doğal gaz (LNG) olarak Cezayir'den sağlanmaktadır. Toplam tüketimin 2010 yılına kadar 50 milyar küpe ulaşması planlanmakta, TEAS tarafından yine 2010 yılına kadar 9,500Mw'lık 14 doğal gaz santrali projelendirilmiş bulunmaktadır.

Doğal gaz Türkiye açısından çok amaçlı bir alternatiftir: linyit ve petrolden daha temiz olması itibarıyla çevresel açıdan, Orta Doğu ve Orta Asya'daki kaynakların yakınlığı itibarıyla coğrafi açıdan, ithal kaynaklarının çeşitlendiriliyor olması itibarıyla enerji güvenliği açısından, transit geçiş ücretleri düşürecek olması itibarıyla ekonomik açıdan, Hazer ve Orta Asya ülkeleriyle ilişkileri güçlendirecek olması itibarıyla siyasi açıdan...

Bu amaçla Türkiye halen; Kazakistan, Türkmenistan, Azerbaycan, Rusya, Mısır, İran ve Irak ile, bazıları imzalanmış bulunan muhtelif anlaşmalar üzerinde çalışmaktadır. Rusya ile üzerinde çalışılan 'Mavi Akım' projesiyle Gazprom Türkiye'ye, 25 yıl süreyle yılda 14 milyar metre kubuk doğal gaz iletecek bir boru hattını inşa etmeyi önermektedir. 1100km'lik bu hattın, Karadeniz'in yüksek hidrojen sülfür konsantrasyonu içeren dip sularından geçirilmesi planlanmakta ve bu durum projeyi hem pahalı, hem de teknik açıdan riskli kılmaktadır. 4 milyar dolarlık bu projenin gerçekleşmemesi ve Rusya'nın sonuç olarak alternatif bir hat seçmesi ihtimali vardır.

Türkmenistan ile varılan anlaşmaya göre ise, bu ülke İran'a doğal gaz ihrac edecek, İran da kendi doğal gazını Türkiye'ye satacaktır. Mayıs 1999'da yine Türkmenistan ile varılan bir diğer anlaşmaya göre BOTAS Türkmenistan'dan Türkiye'ye bir diğer hat düşeyecektir. 2.5 milyar dolara mal olması beklenen bu 1500km'lik hat, Hazer Denizi'nin altından geçip Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden Türkiye'ye ulaşacaktır. Türkiye 2002 yılından itibaren bu hattın yılda 15 milyar metre kubuk doğal gaz çekip, bunun üstünü de ihrac edebilecektir. Kısacası Türkiye en hızlı büyüyen doğal gaz pazarlarından birisi haline gelmiştir.

Fakat dünyadaki bilinen doğal gaz rezervleri 142 trilyon metre kubuk olup, halen 2.3 trilyon metre kubuk olan yıllık tüketim hızına 60 yıl süreyle dayanabilecek kadardır. Her ne kadar yeni rezervler bulunacak olsa da, dünya tüketim hızının süratle artıyor olması nedeniyle bu sürenin kısalarak 30-40 yıl düzeyine ineceği kesin gibidir. Dolayısıyla Türkiye su anki girişimlerinin hepsini başarıyla sonuçlandırırsa bile ancak, 2010 yılına kadarki ihtiyaçlarını karşılamış olacak, bundan sonra ac kurtlarla enerji sofrasına oturmak zorunda kalacaktır.

Dolayısıyla TEAS 2010 yılı sonrası için bir dizi nükleer santrali devreye sokmayı tasarlamakta ve bunlardan 2010 yılında devreye girmesi planlanan 1,000'er Mw'lık ilk ikisinin ihalesi üzerinde çalışmaktadır. Kamuoyundaki en sert tartışmalar bu santraller üzerinde yoğunlaşmıştır.

Nukleer secenek:

Nukleer enerji, 1979 Three Mile Island ve 1986 Chernobil kazalari nedeniyle ve kamuoylarında uyanan tepkiler sonucunda, güvenlik önlemlerini büyük oranda arttırmıştır. Sonuç olarak, birim üretim maliyetleri de artmıştır. Dolayısıyla olabildiğince ucuz enerji kaynakları arayışındaki Türkiye, bu alanda makul bir maliyeti garantilemeye çalışmalıdır.

Ote yandan, Chernobil kazasına konu olan reaktörün Bati tipi olmadığı ve güvenlik açısından ciddi eksiklikler taşıdığı doğrudur. Ama Three Mile Island kazası, Chernobil'deki kazanın aynısıdır ve ABD'de yer almıştır. Gerci çevreye ve insan hayatına kayda değer hiçbir zararı olmamıştır. Ama Amerikan halkı, 2 milyar dolarlık bir beton yığınıyla karşı karşıya kalmıştır. Gerci bu kazalardan sonra reaktör güvenlik önlemleri artırılmıştır. Fakat hala daha, Bati tipi reaktörlerin hiçbir işletme riski taşımadığını söylemek mümkün değildir. Gerci kaza olasılığı ihtimali, emsal sanayi dallarıyla kıyaslandığında düşüktür. Fakat bu düşük olasılıklar gerçekleştiğinde karşılaşılabilecek olan faturalar büyüktür. Dolayısıyla, bir güvenlik kültürü eksikliği yaşayan Türkiye kurmayı tasarladığı santrallerin güvenli çalıştırılabilmesi sorununu ciddiye almak zorundadır.

Nukleer santrallerin atık yakıt sorunu "genel kabul gören nihai bir çözüm"e henüz kavuşturulabilmiş değildir. Ancak bu yakıtları örneğin 50 yıl süreyle güvenli bir şekilde depolamak ve 50 yıl sonunda depolama koşullarını gözden geçirip sıfırlamak, bu süreci 50 yıllık periyotlarla teorik olarak ebediyen tekrarlamak mümkündür. Her ne kadar bu nokta, gelecek nesillere karşı sorumluluk açısından etiksel soru işaretleri taşıyor ise de, Türkiye henüz bu etiksel düzeyi finanse edecek güce sahip olmadığı gibi, bu sorumluluğu paylaşmaya çalışmakta, fakat sorumluluğu doğuran nimetten henüz yararlanmamaktadır. Kısacası atık yakıtlarla ilgili olarak önde gelen sorun, bu atıkların gecici sürelerle de olsa, ama güvenli bir şekilde saklanabilmeleri meselesidir.

Bu konularda Türkiye'nin kendisine güvenmesi, bu arada teknolojinin, ihtiyaç duyduğu disiplini biraz da beraberinde getirdiğinin unutulmaması lazımdır.

Halbuki bu alternatifle ilgili değerlendirmelerde, Bati'daki enerji tüketiminin artık artmamakta olduğu ileri sürülmekte, 'Batılılaşmaya çalışan' Türkiye için de aynı şeyin söz konusu olduğu söylenmektedir. Batılı toplumlar enerji tüketimi açısından bir doygunluğa ulaşmışlardır. Söyle ki; bir yandan nüfus artmazken diğer yandan, yeni üretim alanları devreye girerken eski bazıları daralmakta, daralan sektörlerin kullandığı elektrik yeni sektörlerle kaymaktadır. Dolayısıyla Batılı ülkelerde yeni santral siparişleri neredeyse sıfırlanmış, nükleer santral kurma zorunluluğu da simdilik ortadan kalkmıştır. Halbuki Türkiye, ekonomisini büyütebilmek için mevcut üretim proseslerine yenilerini eklemek zorunda, Türk insanı da mevcut elektrikli alet stoğunu genişletmek durumundadır. "Onlar kurmuyor, biz de kurmalıyız" veya "onların tüketimi artmıyor, bizimki de artmayacak" demek aynen; Hint fakiri gibi birinin, 200 kiloluk bir turistin rejim yapmakta olduğunu görüp "O rejim yapıyor, ben de yapacağım" demesi gibidir. Kaldı ki, Batılı ülkelerin çoğu nükleer santrallerini zaten kurmuş çalıştırmaktadırlar. Hiroşima ve Nagazaki'yi yaşamış olan Japonya bugün 48 nükleer santralla elektrik enerjisinin %31'ini üretmektedir. ABD 109 santralla %21'ini, Fransa 57 santralla %78'ini, İngiltere 35 santralla %26'sini, Kanada 22 santralla %7'sini, Almanya 21 santralla %30'unu, İsveç 12 santralla (birisini kapattı) %40'ini, Güney Kore 9 santralla %40'ini, İspanya 9 santralla %36'sini, Belçika 7 santralla %59'unu, İsviçre 5 santralla %38'ini, Finlandiya 4 santralla %32'sini üretmektedir. Gerci İtalya gibi bazı ülkeler nükleer üretimin dışında kalabilmektedir. Ama elektrik enerjisi üretiminin %60'ini petrole dayandırmak gibi pahalı bir faturayı taşıyarak...

Özet olarak Nükleer enerji %100 güvenli ve çevresel açıdan risksiz bir alternatif değildir. Fakat kömür gibi alternatifleri yanında "kötünün iyisi"dir. Kamuoyu tartışmalarında artık "Nükleere geçit yok" gibi kategorik dışlamalarda bulunmak yerine; bu enerjiyi nasıl ucuz bir maliyetle devreye

sokabilir, güvenli bir şekilde çalıştırabilir ve ürettiği atıkların çevre riskini nasıl en aza indirebiliriz konularını tartışmakta fayda vardır.