

Yeşil Bilişim Teknolojileri Bağlamında Sanallaştırılmış ve Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması

A Comparison of Virtualized and Traditional Systems in the Context of Green Information Technologies

Hakan ÇETİN

Yrd. Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, (hakanc@akdeniz.edu.tr)

Abdullah AKGÜN

Öğr. Gör., Akdeniz Üniversitesi, Turizm Fakültesi, (akgun@akdeniz.edu.tr)

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

*Yeşil Bilişim,
Sanallaştırma,
Karbon Salınımı,
Enerji Verimliliği*

Günümüzde giderek kendini hissettiren iklim değişikliği ve küresel ısınma dünyanın çözmesi gereken en önemli sorunlar arasında görülmektedir. Ülkeler, kurumlar ve kuruluşlar konuyla ilgili çözüm üretmekte ve çeşitli çalışmalar yürütmektedirler. Bilişim sektörü ise bu çalışmalara yeşil bilişim (Green IT) hareketi yani daha az enerji harcayan ve daha az karbondioksit salınımı yapan ürünler üreterek ve sistemler tasarlayarak katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, sanallaştırma teknolojisinin geleneksel teknolojiye göre kullanılabilirliğinin ve yeşil bilişim kapsamında faydalarının ortaya konulması amaçlanmaktadır. Araştırma kapsamında farklı teknolojiler ile donatılmış iki laboratuvarında aynı koşullarda elektromanyetik alan, güç ve gürültü ölçümleri ile enerji maliyet hesaplaması yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda sanal sistem teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen laboratuvarın klasik sisteme sahip laboratuvara göre enerji verimliliğinde %82, enerji tüketim maliyetinde %81'lere varan tasarruf sağladığı, gürültü düzeylerinin karşılaştırılmasında 16,5 dBA'lık bir gürültü azalımının meydana geldiği ve elektrik alanda yaklaşık 3,5 kat daha az manyetik etki yaptığı tespit edilmiştir.

ABSTRACT

Keywords:

*Green IT,
Virtualization,
Carbon emission,
Energy efficiency*

Climate change and global warming have become the two of the most important issues that have to be solved in today's world. Countries, institutions and organizations have been trying to develop solutions and carrying out various activities for the solution of this problem. IT industry contributes to these activities by developing products that consume less power and have low carbon footprint. This study is aiming at the presenting the usability and the benefits of the virtualization technologies over the traditional technologies within the green IT context. The scope of the study is measuring and comparing the electromagnetic fields, power consumptions, noise levels and energy costs of two laboratories equipped with traditional and virtualized technologies. The results of the measurements revealed that the laboratory equipped with virtualized systems has 82 percent energy efficiency than the traditional laboratory. The energy costs the virtualized lab are 81 percent lower than the other. The noise level is 16.5 dBA, and the effect of the electric field is 3.5 times lower in the virtualized laboratory.

1. GİRİŞ

Değişimin çok hızlı yaşandığı günümüzde, insanların her zamankinden daha fazla iş üretmeleri ve günlük hayatlarında teknolojiyi hızla artan bir oranda kullanmaları Bilgi ve İletişim Teknolojilerini (BİT) hayatın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Sanayi devrimi ile başlayan makineleşme enerji tüketimini artırmış ve ulaşımdan üretime, ev hayatından iş hayatına kadar her alanda enerji bağımlı bir yaşam sürdürülür hale gelinmiştir. 14 Ağustos 2003 tarihinde Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşanan tarihi elektrik kesintisinden 50 milyondan fazla kişi etkilenmiştir. Gökdelen asansörlerinden metro trenlerine birçok sistemin işleyişi durmuş binlerce kişi mahsur kalmış veya hizmet alamamıştır. Trafik ışıklarının çalışmamasından dolayı araç akışı karışmış ve şehrin iletişim alt yapısı çökmüştür (Nydailynews.com, 2013; Energy.gov, 2004). Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşanan bu hadise gibi dünyanın farklı ülke ve kentlerinde benzer olaylar yaşanabilmekte, ülkemizde de günlük veya birkaç saatlik elektrik kesintilerinde bile hayatın akışı olumsuz etkilenmektedir. Bu durum enerjiye ne kadar bağımlı hale geldiğimizin göstergeleri arasında yer almaktadır.

Enerji kullanımının artması ülkeleri yeni enerji kaynaklarına yönlendirdiği gibi enerji tasarrufu noktasında da çeşitli çalışmaların yürütülmesine vesile olmuştur. Özellikle Türkiye gibi enerjisinin yaklaşık %70'lik kısmını dışa bağımlı sürdüren ülkeler enerji tüketimini azaltacak tedbirlere başvurumaktadırlar (Yanar ve Kerimoğlu, 2011). Dünya Enerji

Konseyi Türk Milli Komitesi'nin 2008 yılında yayınlamış olduğu raporda da Türkiye'nin 2020 yılında enerjide dışa bağımlılık oranının %70'ler seviyesinde olabileceği ifade edilmektedir. Heinrich Böll Stiftung derneğinin (2008) benzer bir raporunda ise Türkiye'nin enerji ihtiyacının yıllık %4-5 oranında arttığı ve elektrik tüketiminde ise yıllık %7-8'lik bir artışın olduğu belirtilmektedir.

Bu kapsamda Türkiye enerji verimliliği politikasını 2011 yılında tekrar gözden geçirmiş ve "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik" 27 Ekim 2011 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelikte enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve enerji tasarrufu üzerinde durularak enerji maliyetlerinin azaltılması amaçlanmaktadır (Resmi Gazete, 2011). Enerji tüketiminin yoğun olduğu konut sektörü, hizmet sektörü, sanayi sektörü ve ulaşım sektöründe gerekli tedbirlerin alınması halinde enerji tasarrufunun %15 ile %30 seviyelerine ulaşılabilir bir potansiyelinin olduğu vurgulanmaktadır. Sağlanacak bu tasarruf ile birlikte yıllık yaklaşık olarak 7,3 milyar dolarlık bir kazanımın olacağı ifade edilmektedir (Bayrak ve Esen, 2014).

Tasarruf ve verimliliğe katkı sağlayacak etkenlerden birisi de organizasyonlarda BİT'in aktif olarak kullanılmasıdır. BİT'in etki alanının sürekli genişleyerek inşaat sektöründen sanayiye, enerji sektöründen eğitime kadar uzanan geniş bir yelpazede maliyet ve zaman olarak ciddi verimlilik artışı sağlaması araştırmacıların BİT üzerine yoğunlaşmasını sağlamıştır (Demirci, 2011).

Çoğunlukla sanayi üretiminden kaynaklanan enerji tüketiminin artışıyla birlikte fosil yakıt kullanımının artması ve böylelikle karbondioksit (CO₂) emisyonundaki artış dünyanın ısı dengesini düzenleyen sera gazı miktarını artırarak dünyanın daha çok ısınmasına sebep olmaktadır. Bu da küresel ısınma dediğimiz olguyu doğurmaktadır (Algedik, 2013).

The Climate Group'un yürütmüş olduğu Smart 2020 çalışmasında CO₂ emisyon salınımının her yıl %6 oranında artacağı ve 2020 yılında ise dünyada üretilen CO₂ miktarının %12'sinin BİT kaynaklı olacağı tahmin edilmektedir (The Climate Group, 2008). Benzer bir çalışmada ise Japonya Endüstri ve Ticaret Bakanlığı 2025 yılında ürettikleri toplam elektriğin %20'sinin Bilgi ve İletişim Teknolojileri tarafından tüketileceğini tahmin etmektedir (Hodges ve White, 2012).

Günümüzde organizasyonların ofis birimlerinde kullanılan BİT sistemleri elektrik tüketiminin yaklaşık %25'ni harcamaktadır. Yoğun olarak IT (Information Technology) donanımı kullanan binalarda bu oran %60-70 seviyelerine çıkmaktadır. Gartner araştırma şirketinin raporuna (2007) göre BİT sektörü dünyadaki karbondioksit emisyonunun yaklaşık %2 ile %3'ne sebep olmaktadır (Stamford, 2007). Bu oran uluslararası hava taşımacılığında yapılan karbon salınımına eşittir (Murray, 2007). Teknolojiyi üst seviyede kullanan Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Avrupa ülkelerinde BİT'in sebep olduğu karbon salınım oranı %5-6'dan çift haneli rakamlara kadar çıkmaktadır.

Artan enerji tüketimi, sera gazı miktarı ve çevreci grupların teşvikiyle BİT üretici firmaları daha az enerji harcayan, çevre dostu yeşil bilişim teknolojilerine yönelmişlerdir. Bu kapsamda üretici firmalar maliyetlerin azaltılması ve çevreye duyarlı sistemler için sanallaştırma teknolojisini geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımında yeşil bilişim teknolojileri boyutu incelenmiş ve bu kapsamda sanallaştırma teknolojilerinin kullanıldığı bir laboratuvar ile klasik sistem kullanılan bir laboratuvarda enerji tüketimi, elektromanyetik alan ve gürültü ölçümleri yapılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde sera gazı salınımı ve Türkiye'deki durumu ile yeşil bilişim teknolojilerinden bahsedilmiştir. Sonraki bölümlerde ise yapılan ölçümler ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Son bölümde ise yeşil bilişim teknolojisinin kuruluşlara sağlayacağı faydalardan bahsedilmiştir.

2. SERA GAZI SALINIMI VE TÜRKİYE

Sanayi sektörünün gelişimine bağlı olarak artan sera gazı salınımı, küresel ölçekte iklim olaylarının değişimini hızlandırmıştır. Temmuz 2012'de Grönland buzulu yüzey tabakasının %97'si 4 gün içinde erimştir. Eylül 2012'de Kuzey Kutbu'ndaki Arktik Buzullarının yaz sonu ulaştığı yüzey alanı 1970-2000 dönemindeki ortalama genişliğinin yarısına düşmesi ciddi endişelere sebep olmuştur (Algedik, 2013).

Bu doğrultuda sivil toplum kuruluşları, uluslararası örgütler ve ülkeler bu probleme çözüm üretebilmek için çeşitli çalışmalar ve raporlar hazırlamışlardır. Dünya çapında sera gazı salınımının azaltılması noktasında ilk olarak 1997 yılında birçok ülkenin katılımıyla Kyoto protokolü görüşülmüştür. 1998 yılında protokol imzaya açılmış, 1999 yılında son halini almış ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu çevre protokolünün amacı atmosferde yer alan sera gazı salınımını denge seviyesinde tutarak iklimin değişim tehlikesini önlemektir (Vikipedi, 2014).

Artan sera gazı salınımını ve iklim değişikliğini ortaya koymak ve farkındalığı artırmak için Tüketici ve İklimi Koruma Derneği tarafından hazırlanan İklim Değişikliği Eylem Planı Değerlendirme Raporunda, fosil yakıtların kullanımındaki artışa bağlı olarak 2007 yılında karbondioksit yoğunluğu, 350 ppm'den Mayıs 2013 günlük ölçümlerinde 400 ppm seviyelerine ulaştığı belirtilmektedir (Algedik, 2013). Birleşmiş Milletler Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan bir başka raporda ise küresel sera gazı emisyonu 1970 yılından bu yana %70 oranında, küresel sıcaklığın da 1950'den bu yana yaklaşık 0,5°C arttığı ve deniz seviyesinin 10 cm yükseldiği ifade edilmektedir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin 3. tahmin raporunda ise iklim değişikliğinden etkilenmeyen ülke olmayacağı belirtilmektedir (Parry, vd., 2007).

Küresel ısınmanın etkisi altında olan Türkiye, sera gazı salınımı ile mücadele kapsamında 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesini imzalamış ve 2009 yılında Kyoto protokolüne Ek -1 üyesi olarak taraf olmuştur. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele noktasında uluslararası tek çerçeve olan Kyoto protokolüne göre ülkeler atmosfere

saldıkları karbon miktarlarını 1990 yılındaki düzeylere düşürme taahhüdünde bulunmuşlardır. Ayrıca Ek-1 üyesi olan ülkeler ise 1990 yılı karbon salınım miktarını 2012 yılına kadar %5 oranında azaltma hedeflerinin olduğunu beyan etmişlerdir. Fakat Türkiye gelişen ülkeler kategorisinde olduğundan dolayı bu durumu mazeret göstererek her hangi bir azaltım değeri belirtmemiştir.

Türkiye'nin 1990 yılından 2013 yılına kadar dünyaya salınım yaptığı sera gazı miktarı Türkiye İstatistik Kurumunun verileri baz alınarak Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 1990-2013 Türkiye Sera Gazı Salınımı

Yıl	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F Gazları	Toplam (milyon ton)
1990	153,8	46,8	17,0	0,6	218,2
1991	159,4	48,1	16,6	0,7	224,9
1992	164,5	48,3	17,3	0,7	230,8
1993	172,9	48,5	18,4	0,7	240,5
1994	169,7	48,5	15,8	0,6	234,6
1995	184,3	48,5	16,2	0,5	249,5
1996	200,9	49,1	17,2	0,9	268,0
1997	215,1	48,5	17,4	1,1	282,1
1998	214,6	48,8	19,3	1,1	283,8
1999	212,4	50,8	19,5	1,0	283,7
2000	239,0	51,0	19,0	1,7	310,8
2001	223,6	50,6	16,7	1,8	292,7
2002	232,2	48,9	17,6	2,5	301,3
2003	248,1	50,3	18,3	3,0	319,7
2004	260,1	50,2	19,2	3,6	333,1
2005	285,9	52,2	19,7	3,9	361,7
2006	309,8	54,2	20,3	4,3	388,6
2007	340,6	57,0	19,7	4,5	421,8
2008	330,1	58,3	17,9	4,0	410,4
2009	318,5	58,3	19,7	4,2	400,7
2010	326,1	60,4	19,5	5,7	411,7
2011	343,7	63,2	19,5	6,1	432,5
2012	368,3	67,6	21,0	7,2	464,2
2013	363,4	65,8	23,2	6,7	459,1

Kaynak: TÜİK, 2015

TÜİK (2015) verilerine göre Türkiye'de 1990 yılında toplam sera gazı emisyon miktarı CO₂ eşdeğeri olarak 218,2 milyon ton iken 2013 yılında %210,4'lük artış ile bu rakam 459,1 milyon ton CO₂ seviyesine ulaşmıştır.

Türkiye'de sera gazı salınımının sektörlere göre dağılımı ise Tablo 2'de verilmiştir. Bu dağılıma göre sera gazı salınımının %67,8'nin enerji kaynaklı, %15,7'sinin ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı kaynaklı, %10,8'nin ise tarımsal faaliyetler kaynaklı olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (bin ton CO₂ eşdeğeri)

	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Enerji	123 664,6	151 450,9	204 584,2	243 226,9	272 187,4	285 001,4	307 496,6
Endüstriyel işlemler	29 699,6	32 417,1	33 824,5	42 082,9	53 269,9	58 146,8	60 200,2
Tarımsal faaliyetler	459,9	425,9	617,5	613,2	645,0	557,5	639,8
Atık	2,8	2,7	2,3	3,9	2,9	2,6	2,2
Toplam	153 826,9	184 296,7	239 028,4	285 926,9	326 105,1	343 708,4	368 338,8

Kaynak: TÜİK, 2015

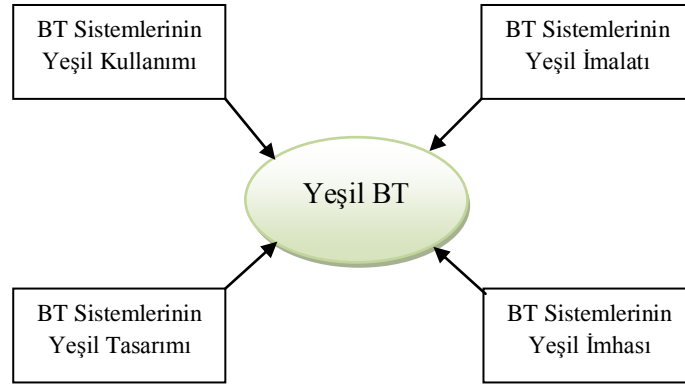
1996'da iklim değişikliği paneli rehberi temel alınarak Türkiye'de hesaplanan sera gazı salınım miktarı tablodan da anlaşıldığı üzere her geçen yıl arttığı açıkça görülmektedir. 1990 yılında kişi başı sera gazı salınımı 3,96 ton iken, 2013 verilerine göre kişi başı sera gazı salınım miktarı 6,04 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2015). Bu da Birleşmiş Milletler Taraflar Konferansında bilim insanlarının küresel ısınmayı engellemek için kişi başı sera gazı salınımını 2 tonda sınırlama önerisinin oldukça üstünde olduğu görülmektedir. Bu değerlere rağmen Türkiye, OECD ve Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi Ek-1 ülkeleri arasında en düşük değerlere sahip olan ülkedir (Seçgel, 2013).

Türkiye, karbon emisyonunu daha aşağılara çekmek için belirli teşvik mekanizmaları geliştirmektedir. Enerji sektöründen kaynaklanan salınımların azaltılması yönünde 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve ilgili mevzuat çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına teşvikler sunulmuştur. Nükleer enerjiye geçiş noktasında adımlar atılmış, 25 Şubat 2012 tarih 28215 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren enerji verimliliği strateji belgesiyle karbon borsasının kurulmasına karar verilmiştir. Ayrıca belge ile birlikte sera gazı salınım miktarının hesaplanması ve envanterinin tutulması sağlanmaktadır.

Türkiye’de sera gazı salınım miktarları toplamda net olarak ifade edilse de bilişim teknolojilerinin sera gazı salınımına etkisi noktasında elimizde net veri bulunmamaktadır. Sera gazı azaltımı noktasında lider bilişim teknoloji firmaları, daha az enerji tüketen, daha az soğutma gerektiren, ömrünü tamamladığında çevreye duyarlı bir şekilde imha edilebilir veya yenilenebilir ürünler üretmeye başlamışlardır. Bu kapsamda yürütülen projelere, çalışmalara ve ürünlere genel olarak "Yeşil Bilişim Teknolojileri" adı verilmektedir.

3. YEŞİL BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

Yeşil Bilişim, “Çevresel etkiyi en aza indirmek için bilgisayar kaynaklarının verimli kullanımının maksimize edilmesi çalışmaları” (Harmon ve Auseklis, 2009) şeklinde tarif edilebilir. Murugesan’a (2008:25-26) göre, Yeşil BT “bilgisayarların, sunucuların ve ilişkili alt sistemlerin (monitörler, yazıcılar, depolama aygıtları, vb) verimli bir şekilde ve çevreye en az ya da hiç zarar vermeden tasarlanması, üretilmesi, kullanılması ve imha edilmesini içeren uygulama ve çalışmalar”dır. Bu tanımlar "Yeşil BT" teriminin çok yönlü ve çevre dostu BT çözümleri ve uygulamalarının her çeşidini kapsadığını göstermektedir. Şekil 1’de gösterildiği biçimde kapsamlı ve etkin bir şekilde BT’nin çevresel etkilerini gidermek için dört tamamlayıcı yoldan oluşan bütüncül bir yaklaşım önerilmektedir.



Şekil 1. Yeşil Bilişime Bütüncül Yaklaşım (Murugesan, 2008)

Yeşil bilişim teknolojilerinin ilk verimli sonuçlarından biri, kullanıcının bilgisayarı belli bir süre aktif bir şekilde kullanmadığında devreye giren uyku modu’dur. Bu uygulamayı takiben istemci çözümleri, enerji maliyet muhasebesi, sanallaştırma uygulamaları ve e-atıklar gibi yeşil bilişim teknoloji çözümleri geliştirilmiştir. Murugesan (2008) BT’nin ömür boyu önemine işaret ederek, yeşil BT’ye katkıda bulunan BT sistemlerini üretim, kullanım, geri dönüşüm ve tasarım olmak üzere dört ana maddede ele almıştır. Ayrıca istenmeyen bilgisayarların bakım sürecini de, yeniden kullanma, yenileme ve geri dönüşüm olarak ortaya koymuştur..

Son yıllarda, BT endüstrisi, Yeşil BT’yi BT çevre sorunlarını ele almanın ve yeni pazar fırsatları yaratmanın bir yolu olarak belirlemiştir. Çevre sorunlarını gideren hizmet ve ürün sunma vizyonuna ve teknolojisine sahip şirketler, enerji maliyetlerini azaltarak sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde edebilmektedirler (Ryan, 2008). Yeşil BT hareketinde tüketicilerin çevreye karşı giderek artan farkındalık ve sorumluluk duygusu şirketlere yönelen baskıyı artırmıştır. Tüketicilerin üreticilere yaptığı baskılar ve çevreye duyarlı ürünlerin tercihindeki ve kullanımındaki artış da, üreticileri daha sürdürülebilir ve çevreci ürünler üretmeye itmektedir (Karaata, 2012).

Kiruthiga ve Vinoth (2014) çalışmalarında enerji verimliliğinin sağlanması ve elektronik atıkların azaltılması için doğa dostu bir yaklaşım olan yeşil bilişim teknolojisine geçilmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Aynı çalışmada yeşil bilişim teknolojisi ile işlemlerde hız, basitlik ve esneklik sağlanabileceği ifade edilirken bilgisayar içerisinde kullanılan CPU’nun (Central Processing Unit), veri merkezlerindeki sunucuların ve bunlara bağlı çevre birimlerinin düşük enerji tüketimi yapan cihazlara dönüştürülmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Hacker (2010) yapmış çalışmada masaüstü bilgisayarların Windows 7 işletim sisteminde yer alan güç yönetimi özelliği ile yeşil bilişime katkısını incelemiştir. Çalışmada ortalama bir masaüstü bilgisayarın LCD monitörü ile birlikte 717,44 kWh enerji tükettiği ve bunun sonucunda 1.297 lbs (588.31gr) CO₂ salınımı olduğu ifade edilmektedir. Buradan hareketle 5000 masaüstü bilgisayarın yıllık ürettiği CO₂ miktarı 4.65 milyon lbs olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Güç yönetiminin aktif olduğu durumlarda ise bir makinenin 94.8 W enerji harcadığı yapılan test çalışmalarında ortaya konulmuştur. Maliyet açısından bakıldığında 5000 makinelik bir kuruluştaki LCD monitörsüz 148,213\$ tasarruf edilirken LCD monitörün dahil

edildiği çalışmada 277,386\$ tasarruf edilmektedir. Yapılan bu çalışma bize sadece yazılımda yapılan iyileştirmelerle yeşil bilişime çok büyük katkının sağlanabileceği gösterilmektedir (Hacker, 2010).

Williams ve Tang (2011) Microsoft Windows işletim sisteminin çevresel etkisi üzerine yapmış olduğu çalışmada sürücülerin güç tüketimini azaltan bir model geliştirilmiştir. Bu modelin uygulanmasında 50.000 masaüstü bilgisayardan yıllık 22.000 ton üzerinde CO₂ azaltımı sağlanmıştır. Sheikh ve Lanjewar'ın (2010) çalışmasında veri merkezlerinde yıllık 150 metrik ton CO₂ ürettiği ifade edilmektedir. Aynı çalışmada 1 galon benzinden üretilen CO₂'nin çevreden temizlenmesi için 18 pound gerektiği vurgulanmaktadır.

BIT'in sera gazı salınımı azaltılmasına en büyük katkısı diğer sektörlerde oluşacak verimlilik artışı olarak ifade edilmektedir. BIT sera gazı çıkışını izleme ve kontrol altına alma noktasında işletmeler ve kurumlara bir otomasyon sistemi sunmaktadır. Bu sistemlerde sürekli olarak sera gazı salınımının kontrol altına alınmasında ve verimliliğin artırılmasında fayda sağlamaktadır. Öngörülere göre bilişim teknolojilerinin sera gazı azalımında aktif olarak kullanılması ile küresel ölçekte 2.03 Gt CO₂'lik bir düşüş sağlanacaktır (Demirci, 2011). GeSISmarter 2020 raporunda sera gazı salınımının BIT'in etkin kullanımı ile %16,5 oranında (9.1Gt CO₂) azaltılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu düşüşle de dünya çapında 29,5 milyon kişiye iş imkânı ve 1,9 milyon dolar tasarruf sağlanabileceği vurgulanmıştır (Smarter 2020 team, 2012).

Vashishtha, vd. (2014) tarafından kaleme alınan çalışmada yeşil bilişimin ve sanallaştırmanın öneminden bahsedilmiştir. Çalışmada sanallaştırma ile birlikte kullanıcı başına enerji verimliliğinin %90 ve gizli çevresel maliyet e-atığının da %98 seviyelerinde azaltılacağı ifade edilmektedir. Malviya ve Singh'in (2013) makalesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinde güç azaltımı ve ekolojik sorunlar için en önemli çözümlerden birinin yeşil bilişim teknolojisi olabileceği konu edilmiştir.

Flynn ve Hoover'ın (2010) yapmış olduğu çalışmada masaüstü sanallaştırma ile okullarda ve üniversitelerde enerji verimliliğinin sağlanabileceği, enerji tüketim miktarında ve maliyetinde azalma gidilebileceği ve bilgisayarların yönetiminin daha rahat yapılabileceğinden bahsedilmektedir. Ayrıca sanallaştırma ile sadece donanımda değil yazılımda da eğitim giderleri için maddi olarak tasarruf yapılabileceği ifade edilmektedir.

4. SANALLAŞTIRMA TEKNOLOJİSİ

Tek bir sistem ile aynı anda birden fazla makinenin veya birden fazla sunucu vb. yazılımların kullanılması olarak ifade edilebileceğimiz sanal sistemler çevreci ve maliyet düşürücü bir teknoloji olarak bilinmektedir. 1960'lı yıllarda ana bilgisayarların donanım kapasitesi kullanımının artırması için Burroughs Corporation firması tarafından geliştirilen sanallaştırma teknolojisi ile yıl içerisinde ortalama %5-%15 kullanımında çalışan sunucuların %85'lere varan kapasitelere ulaşılması sağlanmıştır (O'Connor, 2009; Bülbül ve Daş, 2013). IBM firması tarafından yapılan bir çalışmada masaüstü makinelerin yıl içerisinde mevcut sistemlerini ortalama %5 kapasite ile kullandıkları ifade edilmektedir (Berstis, 2014). Sanallaştırmanın ilk kullanıldığı günden bu güne kadar geçen süreçte temel motivasyon, verimliliğin artışı ve buna bağlı olarak da yatırımların hızlı bir şekilde geri dönüşünün sağlanmasıdır (Kwasniewski, 2011).

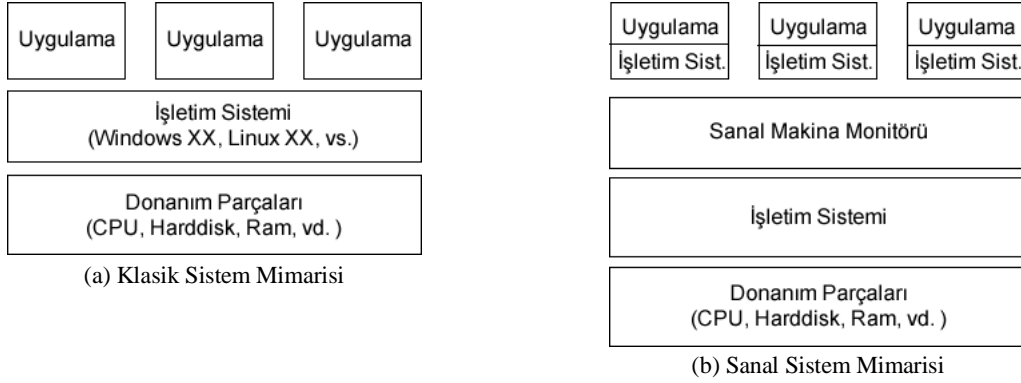
Sanallaştırma, mevcut donanım parçalarının daha verimli kullanılarak yazılım ve donanım bağımlılıklarını ortadan kaldıran böylelikle büyük tasarruflar sağlayan yazılım çözümleridir (Alparslan, 2014). Başka bir ifade ile günümüz güçlü makinelerinin kullanılmayan kapasitelerini kullanıma sokmaya yarayan bir teknolojidir. Sanallaştırma tekniğinin Sunucu, Masaüstü, Depolama, Ağ, Aygıt ve Sunum sanallaştırması adında farklı uygulama alanları bulunmaktadır.

Masaüstü sanallaştırmasında merkezde ihtiyaca göre bir veya birkaç sunucu makinesi bulunmaktadır. Sanallaştırma işlemini yapan yazılım ve cihazlar ile bu makinelere bağlı çalışan terminaller sistemin omurgasını oluşturmaktadır. Bu terminaller ağ sistemine bağlıdır ve ağ üzerinden sunucudan talepte bulunmaktadırlar. Sunucu bu talebe karşılık vererek sistemin terminalde açılmasını sağlamaktadır.

Sanallaştırma teknolojisinin getirmiş olduğu faydalar aşağıdaki şekilde listelenebilir (Harmon ve Auseklis, 2009; Fauchaux ve Nicolai, 2011; Kiruthiga ve Vinoth K. 2014):

- Lisanslama işlemlerinin maliyetinin düşmesini sağlar.
- Genel teknoloji maliyetlerinin düşürülmesini sağlar.
- Bilgisayarların sürekli yenilenmesi problemini ortadan kaldırır.
- Mevcut bilgisayarların daha uzun süreli kullanımını sağlar.
- İşletim sistemi ve disk arızalarıyla uğraşılmasını azaltır.
- Virüs ve güvenlik tehditleriyle daha kolay baş edilmesini sağlar.
- Ayrı ayrı program yüklenilmesinin önüne geçer.
- Yüksek bakım maliyetlerini düşürür.
- İşletmenin verimini artırır.
- Konsolidasyon sayesinde daha "çevreci" bir veri merkezi ve sunucu ortamı sunar.

Sanallaştırma yapılmadan ve sanallaştırma yapıldıktan sonraki mimariler Şekil 2'de görülmektedir. Klasik sistem mimarisinde en alt kademede fiziksel kaynakları temsil eden donanım kısmı yer almaktadır. Üst katmanda ise işletim sistemi bölümü ile donanım parçalarının kontrolü sağlanmaktadır. En üst katmanda ise işletim sistemi üstünde çalışan uygulamalar bulunmaktadır.



Şekil 2. Klasik ve Sanal Sistem Mimarisi

Sanal sistem mimarisi klasik sistem mimarisinde olduğu gibi ilk iki kademe fiziksel kaynaklardan ve işletim sisteminden oluşmaktadır. Sanal makine monitörü ile sanallaştırma yazılımı devreye girmektedir. En üst katmanda ise işletim sistemi üstünde çalışan uygulamalar bulunmaktadır.

Klasik sistem mimarisinde bir makine birden fazla uygulamayı aynı anda çalıştırabilmektedir. Sanallaştırma mimarisinde ise sanallaştırma yazılımı kullanılarak bir makinede birden fazla sanal bilgisayar ve bunlara bağlı uygulamaları çalıştırılabilmektedir (Gürol ve Yavuzalp, 2011).

Sanallaştırma çalışmalarının uygulandığı Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Genel Müdürlüğü'nün sanallaştırma projesinde elde ettiği sonucu sanallaştırma öncesi ve sanallaştırma sonrası şeklinde bir tablo ile karşılaştırmıştır (SYDGM, 2009). Tablo 3'e bakıldığında sanallaştırma sonrası maliyetlerde aşağı seviyelere doğru çekilen bir durum görülmektedir.

Tablo 3. Sosyal Yardımlaşma Genel Müdürlüğü Sanallaştırma Projesi

	Sanallaştırma Öncesi	Sanallaştırma Sonrası
Kabin Sayısı	10	2
Fiziksel Sunucu Sayısı	40	8
Toplam Network Kablo Sayısı	120	8
Toplam Enerji Kablo Sayısı	20	4
Toplam Enerji Kullanımı	43 KW	13 KW
İşletim Sistemi Kurma Süresi	1-2 Saat	10-15 Dakika

Kaynak: SYDGM, 2009

5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Araştırma kapsamında Akdeniz Üniversitesi'nde yer alan eşit şartlara sahip iki farklı sistemle donatılmış bilgisayar laboratuvarlarının güç tüketimi, ses seviyesi ölçümü (dBA) ve manyetik alan ölçümü karşılaştırılmalı olarak gerçekleştirilmiştir. Güç ölçümü için wattmetre (W), ses seviyesinin ölçümü için gürültü ölçüm cihazı (dBA), elektrik alan ölçümü için alan şiddeti ölçüm cihazı (V/m), sıcaklık ölçümü için dijital termometre (°C) kullanılmıştır.

5.1. Laboratuvar Şartları ve Donanım Durumu

Araştırma kapsamında iki farklı sistemle kurulmuş laboratuvarda gürültü, sıcaklık, güç ve elektrik alanı ölçümleri yapılmıştır. Klasik laboratuvarda 45 m² alanda 30 bilgisayar bulunmaktadır. Sanal sistem laboratuvarında ise 50 m² de 30 makine bulunmaktadır. Makinelerin teknik özellikleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Ölçüm sırasında laboratuvarlardaki ortam sıcaklığı 27,2°C derecedir.

Tablo 4. Laboratuvarında Kullanılan Makinelerin Teknik Özellikleri

	Klasik Laboratuvarlar	Sanallaştırılmış Lab. Sunucu
İşlemci	Celeron D 2.40 GHz	Four-core Intel Xeon E5620 2.40 GHz
Sabit Disk	40 GB 5400 rpm	500 GBSATA HDD 7200 rpm
Ram	1 GB	32GB
Güç kaynağı	300 W	670 W

Sanallaştırılmış laboratuvarında bulunan ve sistemin yapıtaşını oluşturan Ana makinenin Sistem özelliklerinde en düşük ve en yüksek donanımda harcadığı kVA'lar ile ürettiği ses düzeyi Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Ana Makine Özellikleri

	Yaklaşık Harcadığı kVA		Gürültü Emisyon Seviyeleri (dBA)
En düşük donanımda	0.60 kVA	İşlem yapmıyorken	5.5 dBA
En yüksek donanımda	0.82 kVA	İşlem sırasında	6.0 dBA

Laboratuvarlarda yer alan donanım ekipmanlarının katalog güç değerleri ise Tablo 6 ve Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 6. Sanallaştırılmış Laboratuvardaki Ekipmanların Katalog Güç Harcama Değerleri

	Harcadığı Güç	Adet	Toplam
Sunucu	920 W	1	920 W
Monitör	13,2 W	30	396 W
Sanallaştırma Cihazı	5 W	30	150 W
Toplam			1466 W

Tablo 7. Klasik Laboratuvardaki Ekipmanların Katalog Güç Harcama Değerleri

	Harcadığı Güç	Adet	Toplam
Monitör	13,2 W	30	396 W
Bilgisayar Kasası	300 W	30	9000 W
Toplam			9396 W

5.2. Güç, Gürültü Seviyesi ve Manyetik Alan Ölçüm Değerleri

Güç ölçümleri iki ayrı laboratuvarın beslendiği üç fazlı sistemin ayrı ayrı ölçülerek kayıt altına alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Üç ayrı fazın değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Sanallaştırılmış ve Klasik Laboratuvar Faz Ölçümleri

	Sanallaştırılmış Lab.	Klasik Lab.
Enerji Altında		
Faz1	240 W	1100 W
Faz2	240 W	1130 W
Faz3	240 W	1560 W
Toplam	720 W	3790 W

Yapılan çalışmada klasik sistemle donatılmış laboratuvar enerji yüklü iken 3790 W harcarken, aynı koşullarda sanallaştırılmış laboratuvarında sistem 720 W enerji harcamaktadır. Türkiye’de Akdeniz bölgesi Temmuz 2014 tarihli fiyat endeksinde 1kw enerjinin vergi hariç fonsuz tarifesi 25,30 kuruştur (Çikakdeniz, 2014). Vergiler dahil edildiğinde 1 kw enerjinin faturaya yansıyan miktarı ortalama 40 kuruştur. Laboratuvar ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre iki laboratuvarın günde 8 saat çalışmaları baz alınarak bir aylık (22 gün) elektrik faturaları arasındaki fark yaklaşık 216 TL’dir. Bu fiyat avantajı oran olarak gösterilirse yaklaşık %81’e varan bir tasarrufu ifade etmektedir.

$$\text{Fatura} = \text{1kw enerji maliyeti} * \text{Çalışılan gün} * \text{Saatte harcanan enerji} * \text{günde çalışılan saat}$$

$$\text{Fark} = \text{Fatura Klasik Lab. (0,4*22*3,79*8)} - \text{Fatura Sanallaştırılmış Lab. (0,4*22*0,72*8)}$$

$$\text{Fark} = 266,816 - 50,688 = 216,128 \text{ TL}$$

Bir ayda 30 makineden elde edilen maliyet avantajının yıllık bazda karşılığı ise 2593,53 TL’dir. 1000 – 2000 ve daha üstü makineden oluşan parka sahip olan organizasyonlarda bu durum, enerji faturalarında büyük bir miktarda düşüş demektir.

Yapılan ölçümlerde sistemlerin tamamının (kasa, monitör ve çalışan yazılımlar) harcadığı enerji ölçülmüştür. Sanallaştırmanın gerçekleştirildiği ikinci laboratuvar tek başına %81 enerji tasarrufu vaat etmektedir.

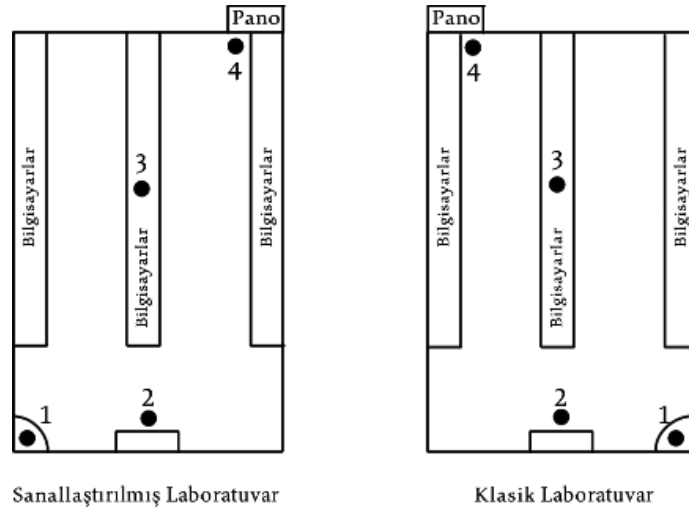
Gürültünün insan sağlığı üzerinde etkisinin araştırıldığı çalışmalarda Tablo 9’dan anlaşıldığı gibi 35 dB’nin üzerinde uyku bozukluğunun başladığı ifade edilmektedir. Gürültünün insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu yapılan çalışmalarla bilinmektedir. Liu ve Tan (2000) gürültünün hastaların iyileşme sürecinin uzamasından, kalp damar rahatsızlıklarına kadar uzanan bir dizi etkisinin olduğunu belirtmektedir. 1. Derece ses seviye eşiği olarak ifade edilen L= 30 dBA-65 dBA arası gürültü, kişilerde konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, konsantrasyon ve uyku bozukluğu gibi çeşitli sağlık sorunlarına sebep olmaktadır (Kurra, 1991). Karabiber (2002) gürültü seviyesinin 55 dBA’yı aştığında rahatsızlıkların başladığını 65 dBA’yı geçtiğinde ise herkesin rahatsız olacağı bir seviyede olduğunu belirtmektedir.

Tablo 9. Gürültü Seviyesi ve Etkileri

Gürültü Seviyesi	Etki
75 dB	Uzun vadede duyma kaybı
65 dB	Kalp-kan dolaşımı rahatsızlığı
55 dB	Rahatsızlık
45 dB	Sohbet ederken, telefonda konuşurken, TV ve radyo dinlerken rahatsızlık
>35 dB	Uyku bozukluğu

Kaynak : (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010)

Çevre Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğünün 2010 yılında hazırlamış olduğu gürültü kontrolü çalışmalarında gürültü seviyesi ve tesirleri ifade edilmiştir (Tablo 9).



Şekil 3. Sanallaştırılmış ve Klasik Laboratuvarlarda Ses Ölçüm Yerleri

Bilgisayar sistemlerinin başka bir çevresel sorunu da soğutucu fanlardan ortaya çıkan gürültüdür. Bazı sistemlerde ses seviyesi fanların arasında sıkışan tozlardan dolayı kullanıcının çalışmasını engelleyebilecek boyutlara çıkabilmektedir. Sanallaştırılmış laboratuvarlarda kurulu sistemlerde herhangi bir soğutucu fan olmadığı için fandan kaynaklanan gürültü yoktur. Çalışmada ise enerjide olduğu gibi sistemlerin tamamının (monitörler, kasalar ve switch'ler) ortaya çıkardığı ses seviyesi ölçümleri belirli zaman aralıklarında ve laboratuvarların ortasında, kapının, panonun ve tahtanın önünde olmak üzere farklı konumlarda ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler Tablo 10 ve Tablo 11'de gösterilmiştir. Tablolardaki verilere göre sanallaştırılmış laboratuvarında ortalama ses seviyesi 40,9dBA ölçülürken klasik sistem bilgisayar laboratuvarında ortalama ses seviyesi 57,4dBA ölçülmüştür. Bu da klasik sistemin sanallaştırma sistemine göre daha fazla gürültülü çalıştığını göstermektedir.

Ölçümler sonucu elde edilen veriler doğrultusunda klasik laboratuvarında elde edilen ortalama ses düzeyi literatür çalışmalarında belirtilen 55 dBA seviyesini 2,4 dBA geçtiği görülmektedir.

Tablo 10. Sanallaştırılmış Laboratuvarın Ses Ölçüm Değerleri (dBA)

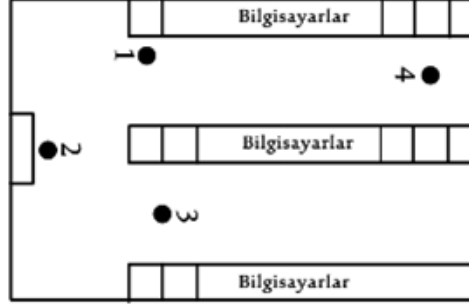
Süre	1. Nokta (dBA)	2. Nokta (dBA)	3. Nokta (dBA)	4. Nokta (dBA)
1. dakika	41,1	38,9	39,7	43,7
5. dakika	41,2	39,4	39,1	44,4
10. dakika	40,8	40,5	39,6	44,7
15. dakika	39,9	38,9	39,4	43,9
20. dakika	39,5	39,1	40,3	44,6
Ortalama	40,5	39,4	39,6	44,3

Tablo 11. Klasik Laboratuvar Ses Ölçüm Değerleri (dBA)

Süre	Kapı önü (dBA)	Tahta önü (dBA)	Ortada (dBA)	Pano önü (dBA)
1. dakika	56,9	56,4	58,1	57,6
5. dakika	57,1	56,7	58,2	57,8

10. dakika	57,2	56,9	58,4	58,3
15. dakika	57,5	56,3	58,5	58,0
20. dakika	56,5	56,1	57,8	58,1
Ortalama	57,0	56,5	58,2	58,0

Yapılan çalışmalar (Sarmaşık, vd., 2012; Önal, 2005; Bold, vd., 2003) elektronik cihazların üretmiş olduğu elektromanyetik dalgaların insan vücudunda hasarlara sebep verdiğini tespit etmiştir. Elektromanyetik dalgaların düşük olması eğer uzun süre maruz kalıncaksa dokularda kimyasal değişimlere sebep verebilir. Elektromanyetik dalgalarının yüksek olmasında ise insan vücudunda ısıya bağlı zararlar vermektedir (Yağmur, Bozbıyık ve Hancı, 2003).



Şekil 4. Laboratuvarlarda Elektromanyetik Alan Ölçüm Yerleri

Manyetik alan ölçümleri oturma pozisyonunda, tahta önünde, 4 ve 6 adet bilgisayarın orta noktalarında yapılmış (Şekil 4) ve kullanıcıyı en fazla etkileyen oturma pozisyonundaki ölçümün sonucu Tablo 12’de gösterilmiştir. Bu ölçüm esnasında diğer monitörler kapalı tutularak ölçümün sağlıklı olması sağlanmıştır.

Tablo 12. Elektromanyetik alan ölçümleri

	Sanallaştırılmış Lab. (v/m)	Klasik Lab. (v/m)
1 Oturma Pozisyonunda (Tek Bilgisayar)	0,13	0,33
2 Tahta Önünde	0,13	0,17
3 4 Bilgisayar Ortasında	0,16	0
4 6 Bilgisayar Ortasında (Monitör Kapalı)	0,25	0,88

Ölçümler sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları Tablo 13’te verilmiştir. Tabloya göre sanallaştırılmış laboratuvar klasik laboratuvara göre güç tüketiminde 5,2 kat daha az enerji harcadığı, ses seviyesinde daha az gürültüye sebep olduğu ve elektrik alanında ise yaklaşık 3,5 kat daha az manyetik etki yaptığı görülmektedir. İki laboratuvar da aynı tip monitörler kullandığından, yalnızca sistemleri etkin bir şekilde karşılaştırmak amacıyla manyetik alan ölçümünde monitörler devre dışı bırakılmıştır.

Tablo 13. Laboratuvar Ölçüm Sonuçları

	Klasik Sistem Laboratuvarı	Sanal Sistem Laboratuvarı
Ortalama		
Güç (W)	3790	720
Ses seviyesi (dBA)	54,36	41,01
Manyetik Alanı (V/m)*	0,88	0,25

*Bilgisayar açık, monitör kapalı, oturma pozisyonunda ölçülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

2012 yılında yayınlanan enerji verimliliği belgesi ile sera gazı salınım miktarının hesaplanması için bir modelin hayata geçirilmesi öngörülmektedir. Modele göre işletmelerin, üretim ve tüketim sırasında meydana getirdikleri sera gazı miktarı hesaplaması yapılacaktır. Yapılan hesaplamalara göre fazla sera gazı salınımı yapan firmalar karbon salınım miktarlarını azaltmak için kurulacak olan karbon borsasından azaltım miktarınca kredi kullanabileceklerdir. Böylelikle firmaların karbon borsasından avantajlı krediler kullanarak yenilenebilir enerjilere yönlendirilmesi sağlanabilecektir.

Brinkley (2004) ile Pham ve Pham (2010)’ın yapmış olduğu çalışmada sanallaştırılmış sistemler ile klasik sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma sonucunda sanal sistemlerin klasik sistemlere oranla daha az enerji harcadığı ve ödenen faturaların daha az olduğu hesaplanmıştır. Her iki çalışmada elde edilen sonuçlar ilgili çalışmada elde edilen veriler ile örtüşmektedir.

ÇETİN-AKGÜN

İnsan faktörünün ve kullanıcı ara yüzünün enerji verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığını araştıran Zhong ve Jha (2005) bilgisayarlarda kullanılan kullanıcı ara yüzünün iyileştirilmesi enerji verimliliğine önemli katkı sağlayacağı yapılan ölçümlerle ortaya konulmuştur. Bu tarz yapılan çalışmalar göstermektedir ki enerji verimliliğinde kurulan bilgisayar altyapısı kadar kullanılan yazılımlarında enerji verimliliğine olumlu katkı yaptığı görülmektedir.

Masaüstü sanallaştırma üzerine yapılan 24 aylık bir proje çalışması sonuçlarına göre sanallaştırma işleminden sonra elektrik enerjisi kullanımında %88'lik bir azalma sağlanırken, fiyat avantajı noktasında %82'lik bir geri kazanım sağlanmıştır (Flynn ve Hover, 2010). Flynn ve Hover'ın (2010) aynı çalışmalarında elde edilen veriler ile mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarda (enerji verimliliği %81 bulundu) bir tutarlılık görülmektedir.

Çalışmada klasik ve sanallaştırılmış laboratuvarların güç, gürültü ve elektromanyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen verilere göre klasik laboratuvarlarda harcanan enerji miktarı sanal laboratuvara göre 5,16 kat daha fazladır. Bu fazlalığın 30 makine için bir aylık (22 gün) faturaya yansması yaklaşık 216 TL'ye karşılık gelmektedir. Türkiye'de elektriğin yıllık maliyetinin giderek artması bu arada oluşan farkın daha da açılmasını sağlayacağı unutulmamalıdır.

Her iki laboratuvarın eşit büyüklüğe sahip olmaması bir kısıt olarak karşımıza çıksada aradaki fark göz ardı edilecek bir seviyededir (Sanallaştırılmış Lab. 50 m² ile Klasik Lab. 45 m²). Gürültü seviyelerinde klasik laboratuvarlarda bulunan kasa fanlarından çıkan ses nedeniyle sanal laboratuvara göre 16,5 dBA'lık bir fark ortaya çıkmaktadır. Liu ve Tan (2000) ile Karabiber (2002) gibi araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar ve yapılan alan yazını taramasında bazı çalışmaların 30 dBA'nın bazı çalışmalarında 55dBA'nın üzerindeki seslerin kişilerde psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklara sebebiyet verebileceği ifade edilmektedir. Motivasyon teorilerinden olan Herzberg'in çift faktör teorisine göre çalışma koşulları kişilerin iş tatminini direkt etkileyen etkenlerden bir tanesidir (Friday ve Friday, 2003: 429-430). Çalışma ortamında oluşacak yüksek ses kişilerin motivasyonunu ve konu üzerine olan dikkatini olumsuz yönde etkileyebilecektir. Sınıf gibi çalışma ortamının sessiz olması gereken ortamlarda yapılan ölçümlerde elde edilen (ortalama 57,4 dBA) ses seviyelerinin kişilerin derse yada işine motive olmasını olumsuz yönde etkileyeceği ifade edilebilir. 2010 yılında yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"ne göre değişik yapılardaki maksimum ses basınç düzeylerinde Derslikler ve Laboratuvarlar kısmında pencere kapalı iken 35 dBA'lık bir üst sınır belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2010). Klasik ve sanallaştırılmış laboratuvarların gürültü seviyeleri baz alınarak yapılan karşılaştırmada sanallaştırılmış laboratuvarın gürültü bakımından daha hijyenik bir ortam sağladığı görülmektedir.

Elektrik alan için alan şiddeti ölçüm cihazıyla yapılan ölçümlerde klasik laboratuvarlarda makinelere enerji yüklü monitörler kapalı iken meydana gelen ortalama manyetik alan 0,88 V/m olarak ölçülmüştür. Sanallaştırılmış laboratuvarlarda ise ölçüm değeri, 0,25 V/m'dir. Sanallaştırılmış laboratuvarlarda klasik laboratuvara göre 3,5 kat daha az elektrik alan oluşmaktadır.

Gerek gürültü gerekse manyetik alan seviyeleri insan sağlığı üzerinde direkt etkiye sahip olan iki etkidir. Bundan dolayı oluşturulacak çalışma ortamlarının dizaynının yapılırken bu iki önemli etken unutulmamalıdır.

Günümüzde kurumlarda azımsanamayacak kadar çok bilgisayar kullanılmaktadır. Bu bilgisayarların araştırma kapsamında ortaya konulan sanallaştırılmış cihazlar haline dönüştürülmesi ile bilişim maliyeti, doğrudan veya dolaylı olarak harcanan enerji ve karbon salınımında düşüşlerin sağlanacağı verilerle desteklenerek gösterilmiştir. Ayrıca elektronik cihazların etrafa yaydıkları elektrostatik alanın azaltılarak insan sağlığının korunması ve cihazların üretmiş oldukları ses ve ısının minimize edilerek çalışma ortamının iyileştirilmesi de sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

ALGEDİK, Ö. (2013). "İklim değişikliği Eylem Planı Değerlendirme Raporu", Türkiye, Ankara.

ALPARSLAN, E., "Sanallaştırma ve Sanallaştırmanın Büyük Oyuncusu VMware" <http://www.enderunix.com/docs/Sanallastirma.pdf>, 09.04.2014.

BAYRAK, M. ve Esen, Ö. (2014). "Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar", Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 28(3).s139-158.

BERSTIS, V., "Fundamentals of Grid Computing" <http://www.redbooks.ibm.com/redpapaers/pdfs/redp3613.pdf>, 09.04.2014.

BOLD., A., TOROS, H., ŞEN, O., (2003). "Manyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi", III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, ISBN.975-561-236-X, 19-21 Mart, İTÜ, İstanbul.

BRINKLEY, D. E. (2006), "Thin-clients in the Classroom; Software Compatibility and a Survey of Systems", ELEARN 2006 Proceedings, s.383-399.

BÜLBÜL, H. İ. ve DAŞ, F. (2013). "Sanal Sunucularda Yedeklemenin Kolaylaştırılması", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part: C, Tasarım ve Teknoloji, 1(1):9-16.

CLKAKDENİZ, <http://www.clkakdeniz.com/sayfa.asp?mdl=sayfalar&id=168>, 04.09.2014.

- ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI (2010), "Gürültü Kontrolü Çalışmaları", Temmuz 2010, Ankara. <http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/Files/Gurultu/Dokumanlar/G%C3%BCr%C3%BClt%C3%BC%20Kontrol%20%C3%87a%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1.pdf>, 10.06.2014.
- DEMİRCİ, S., "Yeşil Bilişim" ntvmsnbc: <http://www.ntvmsnbc.com/id/25185045/>, 22.02.2011.
- ENERGY.GOV (2004), "Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations", <http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/BlackoutFinal-Web.pdf>
- FAUCHEUX S. ve NICOLAI, I. (2011), "IT for Green and Green IT: A Proposed Typology of Eco-Innovation", *Ecological Economics*, 70, s.2020–2027.
- FLYNN, G. ve HOOVER, T. (2010), "Virtual Desktops: Ensure Access and Equity in Student Computing", 26th Annual Conference on Distance Teaching and Learning, http://www.uwex.edu/disted/conference/Resource_library/proceedings/30146_10.pdf, 16.04.2014.
- FRIDAY, S. S. ve FRIDAY, E. (2003), "Racioethnic Perceptions of Job Characteristics and Job Satisfaction", *Journal of Management Development*, Vol.22 No.5, s.426-442.
- GÜROL, M. ve YAVUZALP, N. (2011), "Okullarda ve Eğitim Kurumlarında Sanallaştırma Teknolojisi", 5th International Computer&Instructional Technologies Symposium, 22-24 Eylül 2011, Elazığ.
- HACKER, A. J., 13.11.2014, "Enabling Green Computing in the Enterprise", Mindtech. http://download.microsoft.com/documents/uk/enterprise/48_Enabling_Green_Computing_in_the_Enterprise_White_P.pdf
- HARMON, R. R. ve AUSEKLIS, N. (2009), "Sustainable IT Services: Assessing the Impact of Green Computing Practices", PICMET 2009 Proceedings, 2-6 Ağustos 2009, Portland, Oregon USA, s.1707-1717.
- HEINRICH BÖLL STIFTUNG (2008). "Enerji Verimliliği Farkındalık Broşürü", Heinrich Böll Stiftung Derneği, İstanbul.
- HODGES, R., ve WHITE, W., "Go Green in ICT" <http://www.nascio.org/committees/green/whitepapers/bdna.pdf>, 10.03.2012.
- KARAATA, S., "Çevre Dostu Teknoloji" http://www.bilgicagi.com/Yazilar/2662-cevre_dostu_teknoloji_%E2%80%93_yesil_bilgi_teknolojisi.aspx, 25.10.2012.
- KARABİBER, Z. (2002). "Gürültü Kirliliği ve Yapılarda Ses Yalıtımı". *İzolasyon Dünyası Dergisi Eylül-Ekim*, s.6-10.
- KIRUTHIGA, P., VINOTH, K. T. (2014). "Green Computing – An Eco Friendly Approach for Energy Efficiency and Minimizing E-Waste", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol.3, Issue 4, s.6318-6321.
- KURRA, S. (1991), "Gürültü, Türkiye'nin Çevre Sorunları", Ankara, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Sayfa 447-484.
- KWASNIEWSKI, (2011). Thomas J.,Puig EJ, *Cloud Computing in theGovernment*, TheData & Analysis Center for Software, New York, 2011.
- LIU, E. H. C. ve TAN, S. M. (2000). "Patients' Perception of Sound Levels in the Surgical Suite", *Journal of Clinical Anesthesia* 12, s.298-302.
- MALVIYA, P., ve SINGH, S. (2013), "A Study about Green Computing", *International Journal of Advanced Research in Computer Scienceand Software Engineering* 3(6), s.790-794.
- MURRAY, J., (2007). "IT as polluting as airline industry" <http://www.businessgreen.com/bg/james-blog/1810555/it-polluting-airline-industry>, 26.04.2007.
- MURUGESAN, S. (2008). "Harnessing Green IT: Principles and Practices", *IT Pro*, January/February, s.24-33.
- NYDAILYNEWS.COM (2013). "Northeast blackout of 2003: Ten year anniversary of the power outage that rocked New York", <http://www.nydailynews.com/news/national/northeast-blackout-2003-ten-year-anniversary-article-1.1426561>
- O'CONNOR, G, (2009). "Who Invented Virtualization?", *PHP Developer's Journal*, November, 2009. <http://php.sys-con.com/node/1175075>, 10.11.2014
- ÖNAL, E., (2005). "Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi", İnönü Üniversitesi Elektrik–Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Malatya,
- PARRY, M., CANZIANI, O., PALUIKOF, J., LINDEN, P. V. ve HANSON, C. (2007). "Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability", Cambridge Universty Press, Cambridge, UK.
- PHAM, H. ve PHAM, H. J. (2010). "Improving Energy and Power Efficiency Using NComputing and Approaches for Predicting Reliability of Complex Computing Systems", *International Journal of Automation and Computing*, 7(2), s.153-159.

RESMÎ GAZETE (2011). Resmi Gazete, Sayı:28097.

RESMÎ GAZETE (2010). "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği", Sayı:27601.

RYAN, E. J. (2008). "Building Sustainable IT", Cutter IT Journal, 21(2), s.6-12.

SARMAŞIK, G., DURUSOY, R., ve ÖZKURT, A. (2012), "Bilgisayar Laboratuvarlarında Maruz Kaldığımız Elektromanyetik Alanların Zararları ve Çözüm Önerileri", Akademik Bilişim 2012, s.475-481, Uşak.

SEÇGEL, G. (2013). "İklim Değişikliği Politikaları ve Türkiye", Kalkınmada Anahtar Verimlilik, Sayı:294. <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/iklim-degisikligi-politikalari-ve-turkiye/491>, 13.11.2014.

SHEIKH R. A., LANJEWAR U. A., (2010) "Green Computing - Embrace a Secure Future," vol. 10, no. 4, pp. 22-27,

SMARTER 2020 TEAM (2012). "GeSISMARTer 2020: The Role of ICT in Driving a Sustainable Future". Global e-Sustainability Initiative, The Boston Consulting Group Inc. http://gesi.org/assets/js/lib/tinymce/jscripts/tiny_mce/plugins/ajaxfilemanager/uploaded/SMARTer%202020%20-%20The%20Role%20of%20ICT%20in%20Driving%20a%20Sustainable%20Future%20-%20December%202012.pdf

STAMFORD, C. "Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO₂ Emissions" <http://www.gartner.com/newsroom/id/503867>, 26.04.2007.

SYDGM. (2009). "Sanallaştırma Projesi", Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı <http://www.aile.gov.tr/tr/2157/Sanallastirma-Projesi>, 10.04.2014.

THE CLIMATE GROUP, (2008). "Smart 2020: Enabling The Low Carbon Economy in the Information Age", Global E-Sustainability Initiative, Brussels. http://www.smart2020.org/_assets/files/02_smart2020Report.pdf, 07.04.2014.

TÜİK, (2015), Türkiye İstatistik Kurumu, "Seragazi Emisyon Envanteri, 2013" <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744>, 25.05.2015.

VASHISHTHA, V., GUPTA, A. ve SARWAR, S. (2014), "Green Computing: An Approach of Saving Energy by Computer Virtualization", International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAIEM), Vol.3, Issue 2, February, s.103-106.

VİKİPEDİ (2014), "Kyoto Protokolü" http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%C3%BC, 12.03.2014.

WILLIAMS D. R. ve TANG Y. (2011), "A Methodology to Quantify the Environmental Impacts of the Microsoft Windows Operating Systems", The 2nd Annual TSBE Eng D Conference, University of Reading, Whiteknights. 5 Temmuz 2011.

YAĞMUR, F., BOZBIYIK, A. ve HANCI, H. İ. (2003). "Elektromanyetik Dalgaların İnsan Biyokimyası Üzerine Etkileri", Sürekli Eğitim Tıp Dergisi, 12(8), s.296-297.

YANAR R. ve KERİMOĞLU, G. (2011), "Türkiye'de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi", Ekonomi Bilimler Dergisi, Cilt:3, No:2, 191-201.

ZHONG, L. ve JHA, N. K. (2005), "Energy Efficiency of Handheld Computer Interfaces: Limits, Characterization and Practice", Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services s. 247-260.