

AŞAĞI VE YUKARI YOĞUN ASANSÖR TRAFİK TÜRLERİNİN ENERJİ TÜKETİMLERİNİN ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI

M. Fatih Adak
Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü
fatihadak@sakarya.edu.tr

Nevcihan Duru
Kocaeli Üniversitesi, Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü
nduru@kocaeli.edu.tr

H. Tarık Duru
Kocaeli Üniversitesi, Elektrik ve
Elektronik Mühendisliği Bölümü
tduru@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Binalarda sıkça rastlanan trafik türleri aşağı veya yukarı yoğun trafik türüdür. Bu trafik türlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi analiz edilebilirse, gün içindeki trafik değişikliğine göre asansörlerin yönlendirilme şekli optimize edilebilir. Optimize edilen asansörler gün içinde trafik türüne göre yöneleceği için enerji tasarrufu sağlanması beklenebilir. Bu çalışmada geliştirilen asansör simülatörü yardımı ile aynı binada ve aynı özelliklere sahip asansörler kullanılarak aşağı ve yukarı yoğun trafik türleri, enerji tüketimleri yönünden karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yukarı yoğun trafik türünün, aşağı yoğun trafik türüne göre daha yüksek enerji tüketimi oluşturduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: asansör simülatörü, enerji tüketimi, trafik türleri

1. GİRİŞ

Enerji verimliliğinin büyük önem taşıdığı günümüzde, bazı hallerde bina enerji tüketiminin %25'ini oluşturan asansörlerin [1] dikkate alınmaması düşünülemez. Bir binada binanın türüne göre, gün içerisinde yukarı yoğun, aşağı yoğun, dengeli katlar arası trafik gibi çeşitli trafik türleri görülebilir. Fakat servis kalitesini ve tüketilen enerjiyi en çok etkileyen yukarı ve aşağı yoğun trafik türleridir [2]. Yukarı yoğun trafik türü ofis gibi binalarda genellikle sabah saatlerinde ve öğlen yemek dönüşlerinde, aşağı yoğun trafik türü ise, genellikle akşam saatlerinde ve öğlen yemeğe gidişlerde görülmektedir. Son yıllarda asansörlerin enerji tüketiminin ölçülmesi, tahmin edilmesi, sınıflandırılması üzerine çeşitli düzenlemeler ortaya konmuş, ayrıca enerji tüketiminin düşürülmesi konusunda yapılmış olan birçok çalışma yayınlanmıştır. Örneğin referans seyirde tüketilen enerji, beklemede çekilen güç ve yıllık kullanım kategorisi temel alınarak enerji tüketimi tahmininin

yapıldığı çalışmada, asansörün tükettiği yıllık enerji miktarına göre hangi sınıfa girdiği belirlenebilmektedir [3]. Trafiğin yoğun olduğu saatlerde asansör kapısının kapanma süresinin geciktirildiği ve böylelikle daha fazla yolcunun asansöre yetişip binmesinin sağlandığı bir çalışmada enerji tüketimi düşürülebilmektedir [4]. Asansör hareketi ve durması ile açığa çıkan enerjiyi depolayıp daha sonra kullanmak suretiyle enerji tüketimi belli kullanım düzeylerinde düşürülebilmektedir [5]. Peters'in yapmış olduğu çalışmada yeşil asansör tanımını ortaya koymuş ve enerji tüketiminin analizini asansör makine türlerine göre yapmıştır [6].

Hasan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada geliştirdikleri bir algoritma ile önemli derecede enerji tasarrufu sağladıklarını belirtmişlerdir. Bu algoritma asansörün hızını içindeki yük miktarına göre, ivmesini ise gideceği kata göre ayarlamaktadır [7]. Wang ve arkadaşlarının önerdikleri algoritma ise kural tabanlı olup asansör grupları üzerinde yapılan optimizasyonlar ile enerji tüketimini azaltmayı hedeflemişlerdir. Bekleyen yolcu sayıları, yolcuların ağırlıkları gibi parametreleri kural adımları olarak tanımlayıp, parametrelerin ağırlıklarına göre nasıl yol izleneceğine karar vermektedir [8].

Asansör grupları üzerinde yapılan enerji verimliliği çalışmalarında bölgesel (zone) strateji tekniğini kullanıp asansörün duracağı katları bölge olarak kabul edip, asansörün yukarı ya da aşağı gittiği takdirde enerji tüketimi tahmini yapıp hangi yön daha düşük ise o yöne doğru asansörü yönlendiren bir çalışma yapılmıştır [9]. Yine benzer bir çalışmada maliyet hesabı yapılmış en düşük maliyete sahip asansör seçilip hedefe gönderilmiştir [10].

Yukarı yoğun trafikte yolcuların giriş katına gelme yoğunluğunun enerji tüketimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yolcu yoğunluğunu az ya da çok olduğu

zamanlarda enerji tüketimi artmış, ortalama yoğunlukta ise enerji tüketimi düşmüştür [11].

Bu çalışmada geliştirilen asansör simülatörü ile yukarı ve aşağı yoğun trafik türleri enerji tüketimi yönünden karşılaştırılmıştır. Aynı bina kullanılarak sadece kat sayısı artırılmış ve analiz yapılmıştır. Bu şekilde yukarı ve aşağı yoğun trafik türleri için ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Bölüm 1’de çalışma ile ilgili kısa bilgi verilmiş ve yapılan benzer çalışmalardan bahsedilmiştir. Bölüm 2’de bu çalışmada geliştirilmiş olan asansör simülatöründen bahsedilmiş ve enerji tüketimini nasıl hesapladığı gösterilmiştir. Bölüm 3’te üzerinde analiz yapılan binanın özellikleri ve nasıl analiz yapıldığı yöntemin detaylarının verilmesi ile açıklanmıştır. Bölüm 4’te yapılan simülasyonun sonuçlarından ve elde edilen bulgulardan bahsedilmiş sonuçlar grafiklerle desteklenmiştir. Bölüm 5’te bu çalışmanın ne gibi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

2. Geliştirilen Simülatör

Bu çalışmada kullanılan simülatör Microsoft C# programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen bu simülatör belirli parametreleri alarak belirli hesaplamalar yapıp hizmet kalitesini ve bunun yanında tüketilen enerjiyi ölçebilmektedir. Yapılmış olan iki farklı simülasyon sonucunu aynı pencerede karşılaştırması ile kullanıcıya kolay analiz yapabilme

olanağı sunulmuştur. Geliştirilen simülatörün simülasyon ekranı şekil 1’de görülmektedir.

Şekil 1’de görülen simülasyon ekranında anlık değişen değerler sol tarafta görülebilmektedir. Aşağı tarafta asansörler ve bulundukları konum sağ tarafta ise katlarda bekleyen yolcu sayısı görülmektedir.

2.1 Enerji tüketiminin ölçülmesi

Geliştirilen asansör simülatörü yardımıyla iki farklı makine türü için enerji hesabı yapılabilmektedir. Bunlar dişlili ve dişlisiz makinelerdir. Simülasyona başlamadan kullanıcıdan makine türüne göre detaylı parametreler alınıp simülasyonun çalıştırılan süre boyunca ne kadar enerji tükettiği hesaplanabilmektedir.

Döndürme momentinin seyir yönünde etki etmesi durumunda elektrik motoru fren modunda bir jeneratör gibi çalışır. Oluşan enerji ısı şeklinde bir fren direncinde harcanır. Bu durumda kaynaktan güç çekilemeyeceğinden tüketilen enerji sıfır olarak alınabilir. Diğer durumlarda,

$$m_{net} = (m_{car_weight} + m_{passenger} + m_{load}) - (m_{car_weight} + \frac{m_{rated\ load}}{2}) \quad (1)$$



Şekil 1: Geliştirilen simülasyon ekranı

Motor miline indirgenmiş döndürme momenti (tork) ise

$$M_{load} = \frac{m_{net} \cdot g \cdot r_{pulley}}{n \cdot \eta_{gear}} \quad (2)$$

olacağından motor mekanik gücü,

$$P_{\text{motor}} = M_{\text{load}} \cdot (v/r) \cdot n \quad (3)$$

Elektriksel giriş gücü,

$$P_{\text{electricity}} = \frac{P_{\text{motor}}}{\eta_{\text{motor}}} \quad (4)$$

olarak bulunur. Dişlisiz makine durumu için $n=1$, $\eta_{\text{gear}}=1$ alınacaktır.

Seyir enerjisini hesaplayabilmek için motorun hesaplanan elektriksel gücü ne kadar sürede uyguladığını bulmak yeterli olacaktır. Denklem 5'te harcanan enerjiyi bulabilmek için elektriksel güç asansörün hareket ettiği süre ile çarpılmış ve bu süre saniye cinsinden olduğu için 3600'e bölünmüştür.

$$\text{RTM Con.}^+ (\text{Wh}) = \frac{P_{\text{electricity}} \cdot \text{RTM}}{3600} \quad (5)$$

Bu hesaplanan enerjiler asansörün çalıştığı gün boyunca toplanırsa asansörün harcadığı günlük enerji bulunabilir. Bu çalışmada hesaplanan bu enerjiye ek olarak bekleme durumunda ve kapının açılıp kapanmasında tüketilen enerji de eklenmektedir. Bu bilgi kullanıcıdan girdi olarak alınmaktadır.

$$\text{Total (Wh)} = \text{RTM energy} + \text{Standby energy} \quad (6)$$

3. Üzerinde Analiz Yapılan Bina Örneği

Trafik türlerinin enerji tüketimi yönünden analiz etmek için, her iki trafik türünde de aynı bina örneği kullanılmıştır. Binanın kat sayısı artırılarak, kat sayısının yukarı ve aşağı yoğun trafik türlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu binanın özellikleri tabloda görülmektedir.

Tablo 1: Üzerinde analiz yapılan bina özellikleri

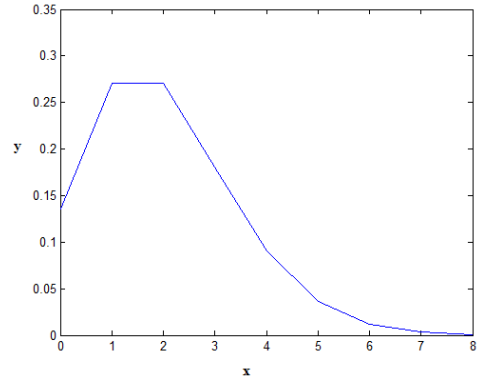
Parametre	Değer
Bina Türü	Ofis

* Kablo ve halat ağırlıkları göz ardı edilmiştir. + RTM: Çalışma zamanı (Run time)

Simülasyon binanın özellikleri sabit tutulup kat sayısı artırılarak tekrarlanmıştır. Böylelikle

Analiz Edilen Kat Sayıları	5-10-15-20
Kat Yüksekliği	2,8 m
Asansör Sayısı	3
Asansör Kapasitesi	4 Kişi / 320 Kg
Kapı açılıp kapanma süresi	6 s
Asansör hızı	1 m/s
Asansör ivmesi	0,7 m/s ²
Makine türü	Dişlisiz
Motor verimi	0,7
Kasnak yarıçapı	0,25
Yerçekimi	9,81
Kapı enerji tüketimi	350 W
Standby enerji tüketimi	80 W

Yolcuların binaya gelme dağılımı, Poisson dağılımı göre yapılmıştır. Lambda değeri 2 olarak seçilmiş ve zaman birimi dakika olarak belirlenmiştir. Simülasyonda kullanılan Poisson fonksiyonu Şekil 2'deki gibi bir dağılıma sahiptir.



Şekil 2: Poisson dağılımı grafiği

Yapılan tüm simülasyon denemelerinde bu dağılım fonksiyonu ile 2 saat içerisinde ortalama 600 kişi asansörleri kullanmıştır.

4. Bulgular

Aynı bina tasarımı kullanılarak simülasyon yapılmış olup yukarı ve aşağı yoğun trafik türleri için enerji tüketim değerleri elde edilmiştir.

binalarda kat sayısının arttıkça, tüketilen enerjinin yukarı ve aşağı yoğun trafik türleri üzerinde nasıl

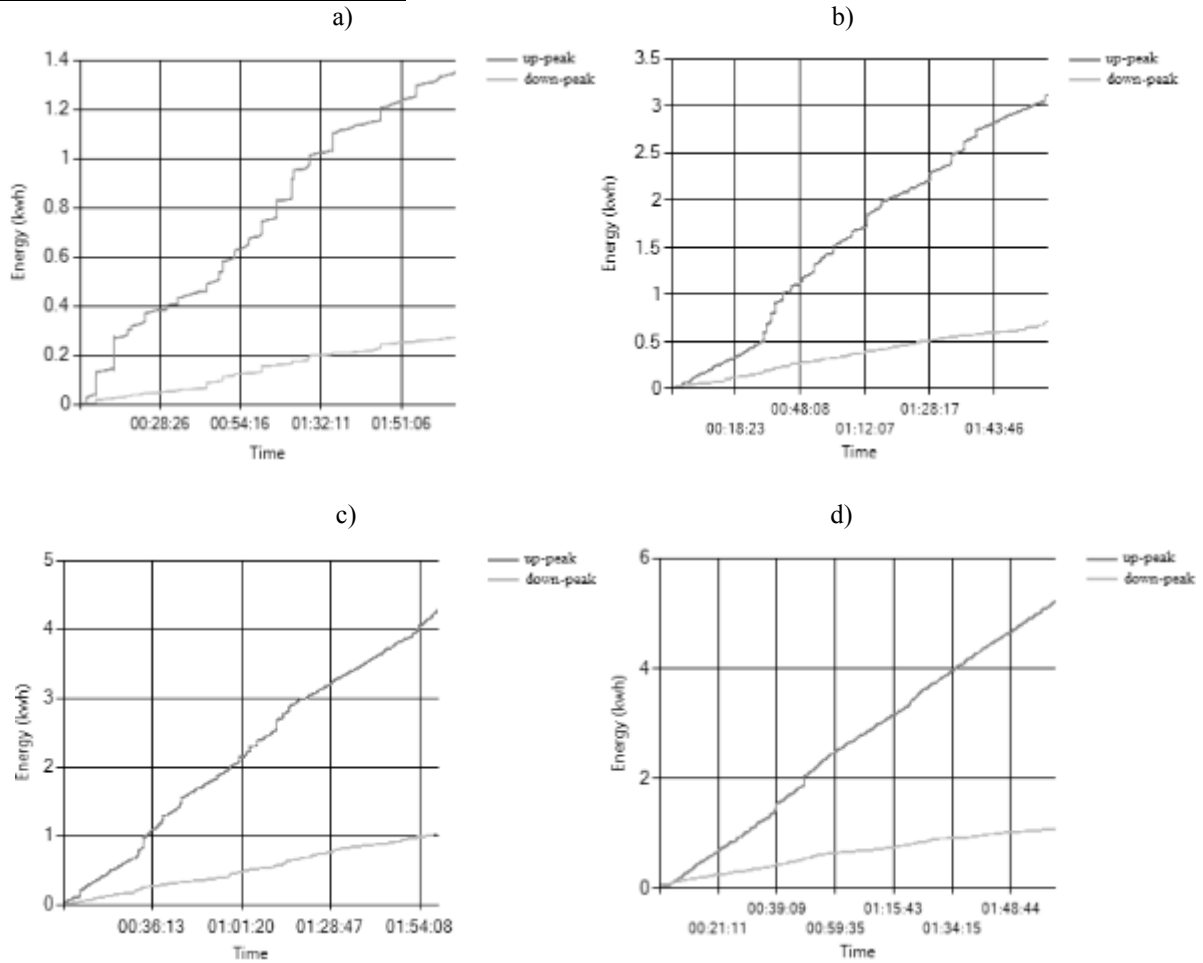
etkisinin olduğu analiz edilmiştir. 5, 10, 15 ve 20 katlı bina kullanılarak yukarı ve aşağı yoğun trafik türleri enerji tüketimi yönünden karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 3'te görülmektedir. Şekil 3'ten de görüldüğü üzere yukarı yoğun trafik türü açık bir şekilde aşağı yoğun trafik türüne göre çok daha fazla enerji tüketmiştir. Bunun açıklaması asansörlerin yukarı yoğun trafikte sürekli olarak giriş katına boş olarak inmeleri ve bağlı bulundukları karşıt ağırlıkları çekmeleri ile yüksek miktarda enerji tüketmeleridir. Asansörlerin 2 saatlik süre zarfında çalıştıklarında ve bekleme durumunda tüketmiş oldukları enerji miktarları Tablo 2'de listelenmiştir.

Yukarı Yoğun (kWh)	5	1,35	0,4	1,75
	10	3,16	0,28	3,44
	15	4,31	0,2	4,51
	20	5,22	0,14	5,36
Aşağı Yoğun (kWh)	5	0,27	0,42	0,69
	10	0,72	0,33	1,05
	15	1,04	0,25	1,29
	20	1,09	0,17	1,26

Tablo 2'den de görüldüğü üzere kat sayısı arttıkça asansör daha fazla çalışacağından bekleme durumunda tüketilen enerji miktarları düşmüştür.

Tablo 2: Asansörlerin enerji tüketim miktarları

	Kat	Run Time	Standby	Toplam
		Enerji	Enerji	



Şekil 3:Yukarı yoğun ve aşağı yoğun trafiğin 2 saatteki enerji tüketimleri,
a) 5 katlı b) 10 katlı c) 15 katlı d) 20 katlı

5. Sonuç

Aynı binada ve aynı yolcu yoğunluğu ile aynı süre çalıştırılan simülasyon sonuçlarına göre yukarı yoğun trafik türü, aşağı yoğun trafik türüne göre çok daha fazla enerji tüketmiştir. Bina yüksekliği arttıkça iki trafik türü arasındaki enerji tüketimi arasındaki farkta aynı oranda artmıştır.

Elde edilen bu enerji tüketimi sonucu enerji verimliliğini korumak için asansör kontrol sistemlerinin tasarlanmasında trafik türünün dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.

Asansör sayı ve kapasitesi belirlenirken binada daha sık görülen trafik türünün göz önünde bulundurulması enerji verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Referanslar

1. Liu J., Qiao F., Chang L., The hybrid predictive model of elevator system for energy consumption, *Proceedings of the 2010 International Conference on Modeling, Identification and Control*, Okayama, Japan, 17-19 July 2010.
2. Fang L. J., Qun Z., Long Z. J., Low dimensional chaos in the elevator peak traffic, *Journal of Central South University* Vol. 42, 1101-1106, 2011.
3. Lindegger U., The studies in europe and the energy efficiency guideline VDI 4707, *Elevcon*, 2010.
4. Houten R. V., Nau P. A., Merrigan M., Reducing elevator energy use: A comparison of posted feedback and reduced elevator convenience, *Journal of Applied Behavior Analysis* Vol. 14, 377-387, 1981.
5. Tominaga S., Suga I., Araki H., Ikejima H., Kusuma M., Kobayashi K., Development of energy saving elevator using regenerated power storage system, *Power Conversion Conference, PCC Osaka*, 2002.
6. Peters R.D., Vertical transportation planning in buildings, Ph.D. Brunel University, Department of Electrical Engineering and Electronics, London, 1998.
7. Hasan M. S., Fink R., Suyambu M. R., Baskaran M. J., Assesment and improvement of intelligent controllers for elevator energy efficiency, *International Conference on Electro/Information Technology*, Collage Station, Tx, USA ,6-8 May 2012.
8. Wang J., Mu X., Xu J., Wang S., Design and optimization of dispatching rules for elevator group control aiming at energy saving, *International Conference on Information Science and Technology*, Whun, Hubei, China ,23-25 March 2012.
9. Liu Y., Hu Z., Su Q., Huo J., Energy saving of elevator group control based on optimal zoning strategy with inter-floor traffic, *3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, Shanghai, China ,26-28 Nov 2010.
10. Lee S.,Bahn H., An energy-aware elevator group control system, *3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics*, South Korea ,10-12 Aug 2005.
11. Fang L. J.,Qun Z., Long Z. J., Study of influence of the arrival rate on elevator's energy consumption, *24th Chinese Control and Decision Conference*, Tianjin, China ,23-25 May 2012.