

## ASANSÖRLERDE STAND-BY ENERJİ SARFIYATI

K. Ferhat Çelik

Blain Hydraulics, Pfaffenstrasse 1, 74078 Heilbronn, Germany, Tel:+49713128210.  
[ferhat.celik@blain.de](mailto:ferhat.celik@blain.de)

### ÖZET

Enerjinin kontrolsüz kullanılması ve aşırı CO<sub>2</sub> yayılımı nedeniyle hızlanan global ısınma ve çevre kirliliği sorunları, enerjinin asansör sistemlerinde de optimum kullanılmasını şart koşmaktadır. Binaların enerji sarfiyatının %4 ila %10 kadar bir kısmı asansörler tarafından harcanmaktadır. Dolayısıyla asansör sistemlerinde de enerji sarfiyatını azaltan çözümler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Bununla beraber, asansörlerin çok büyük bir bölümünün, özellikle konut asansörlerinin beklemede iken (stand-by) harcadıkları süre hareket halinde iken harcadıkları süreye oranla çok yüksektir. Bu nedenle, asansörlerin enerji sarfiyatları hesaplanırken bekleme halinde harcamış oldukları güç de önemli hale gelmektedir. Diğer bir yandan, asansörlerin gerçek enerji sarfiyatı, bakım-onarım maliyetlerinin enerji cinsinden eşdeğerinin harcanan enerji içerisinde değerlendirilmesiyle elde edilecektir. Ayrıca enerji tasarrufu sağlayan asansör sistemlerin geri-kazanç sürelerinin kısa olması bu sistemlerin tercihinde önemli bir kriterdir.

Bu makalede halatlı ve hidrolik asansör tahrik ünitelerinin stand-by halinde çekmiş oldukları güç ve bakım-onarım maliyetleri göz önüne alınarak, asansörlerde enerji sarfiyatı konusuna farklı bir noktadan yaklaşılmaya çalışılmıştır.

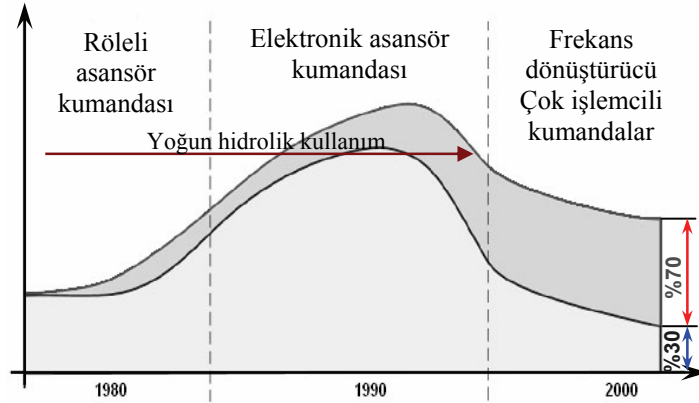
### 1. GİRİŞ

Asansörlerde enerji sarfiyatını belirlemek amacıyla araştırmacılar tarafından değişik yöntemler izlenmiştir. Teorik yaklaşımlar, formül ve tablolara dayalı çözümler, ölçme ile bulunan sonuçlar, bunların birleşimi olan hibrid çözümler ve son olarak, modelleme ve simülasyon teknikleri ile asansörlerde enerji sarfiyatı belirlenmeye çalışılmıştır [1]. Al-Sharif ve arkadaşları oluşturdukları modellenmiş kullanarak geliştirdikleri esnek yazılım ile simülasyonlar yaparak asansörlerin enerji kullanımı hakkında uygun değerler elde ettiklerini açıklamışlardır [2]. Nevar ki modellerin doğru sonuçlar vermesi ancak gerçekçi veri ile beslendiklerinde mümkündür. Bu verilerden önemlileri bina trafiğine bağlı olarak; seyahat sayısı ve yoğunluğu (seyahat hızı), yükleme durumu ve karşı-ağırlık yüküdür. Bu verilerin güvenilirliğine bağlı olarak seçilecek tahrik sistemi enerji kullanımını önemli ölçüde etkileyecektir.

### 2. STAND-BY ENERJİ SARFIYATI

Mikroelektronik teknolojisindeki gelişmeler 1980 lerin başlarından itibaren asansör sistemlerinde de kullanılmaya başlanmış ve röleli asansör kumanda sistemleri hızla terk edilerek, yerlerini elektronik kumanda panolarına bırakmışlardır. Böylece röleli kumanda sistemlerinden kaynaklanan sıkıntılar (sık arızalanma, kısa ömür, büyük yer

kaplama ve esnek olmayan tasarımlar) ortadan kaldırılmıştır. Elektronik kumanda sisteminin bu avantajları nedeniyle, stand-by halinde bir miktar enerji sarfiyatına neden olması ihmal edilmiştir. Sonraları geliştirilen kapı kilit sistemleri ve sürücülerin besleme güçleri, ışıklı basma butonları, ekranlı kabin içi ve dışı tablolar, uyarı ve emniyet sistemleri ve benzeri elektronik sistemlerin asansörlerde yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıyla, bu sistemleri aktif halde tutmak için harcanan stand-by enerji miktarında artma eğilimi göstermiştir.

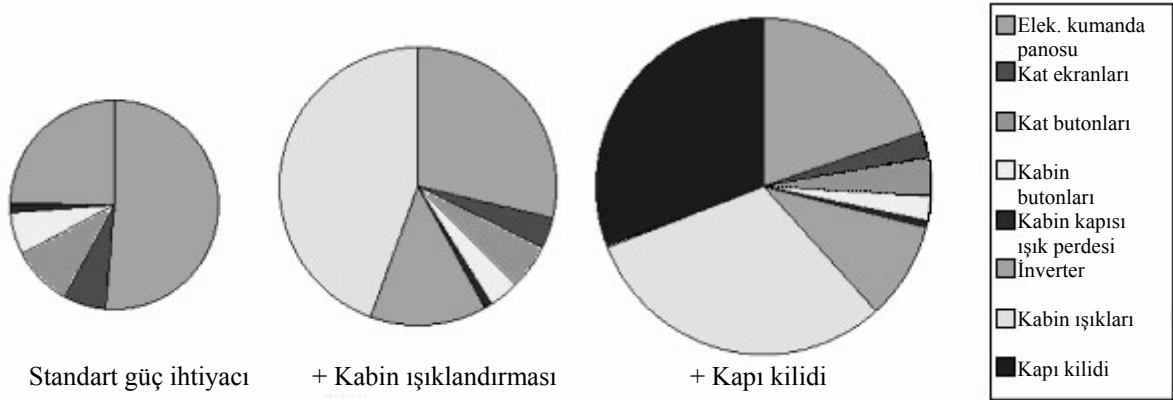


Şekil 1. Asansörlerde stand-by enerji sarfiyatının yıllara bağlı gelişimi [4].

Bunlara paralel olarak, önceleri yoğun olarak kullanılan çift-hızlı asansör sistemleri yerini, hızı değiştirilebilen motor sistemlerine (elektrik motoru + sürücü) bırakmaktadır. Makina dairesiz asansörlerde (MDA) kullanılmasıyla tanınan bu sistemlerde sıkça vvvf (değişken voltaj- değişken frekans) sürücüler kullanılarak, indüksiyon veya sabit mıknatıslı motorlar tahrik edilmektedir. Vvfv sürücüler sıkça inverter olarak da adlandırılırlar. MDA lerde bu sistemlerin kullanılmasıyla dişli gurupları terk edilmiş, sürüş kalitesi artırılmış ve daha küçük motor kullanılarak hareket halindeki enerji sarfiyatı konvansiyonel halatlı asansörlere göre %50 lere varan oranlarda düşürüldüğü bildirilmiştir [3]. MDA lerin yanı sıra, vvvf sürücüler makina dairesiz ve dişli grubuna sahip halatlı asansörlerde de (Konvansiyonel halatlı + vvvf) tercih edilmeye başlanmıştır. Bu uygulama Türkiye'de çift hızlı asansör sistemlerine alternatif olarak en sık tercih edilen enerji-etkin çözüm olarak kullanım bulmaktadır. Enerji-etkin çözüm olarak tanıtılan vvvf sürücülü halatlı asansörlere karşılık, gene vvvf sürücülü ve/veya akümülatörlü hidrolik asansör çözümleri de bir alternatif olarak pazarda yerini alarak alçak katlı yapılarda artan bir rekabet oluşmuştur. Böylece sürücülerin stand-by durumunda çekmiş oldukları güç asansörlerin enerji sarfiyatında bir ek olarak yerini almıştır.

İsviçre Enerji Verimliliği Bürosu (SAFE) [4] tarafından 33 değişik asansör üzerinde yapılan bir araştırmada asansörlerin stand-by durumunda harcamış oldukları enerjinin toplam enerji sarfiyatı içindeki payının %80 lere ulaştığı bildirilmiştir. Şekil 1 de asansörlerde elektronik komponent kullanımının yaygınlaşması ile stand-by enerji sarfiyatının ulaştığı kritik durum gösterilmektedir. Bu araştırmada ayrıca vvvf sürücülü hidrolik çözümlerin halatlı MDA ler kadar enerji-etkin çözümler olduğu belirtilmiştir. Lees [5] tarafından hidrolik asansörlerin enerji sarfiyatına dönük yapılan bir yüksek

lisans tezinde gene, vvvf kullanan hidrolik sistemlerin halatlı MDA lere eşdeğer enerji-etkin sistemler olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar vvvf sürücüyeye sahip hidrolik asansörlerin halatlı MDA lere göre daha fazla enerji harcadıkları yönündeki genel kanıyı desteklememektedir. Kullanımı az olan asansörlerde vvvf sürücülü sistemlere yer verilmesi halinde, stand-by enerji sarfiyatının yüksek olacağı ve bu nedenle konvansyonel hidrolik asansörlerin halen ciddi bir çözüm olduğu ayrıca Lees'in çalışmasında belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılan ölçümlerde bir asansörün %80 stand-by konumunda kalması halinde vvvf sürücünün yılda 222 kWh/asansör enerji harcayacağı not edilmiştir. Bu sonuç yıllık seyahat sayısı düşük olan asansörlerde, gelişen asansör teknolojisi kullanılmasına rağmen birçok durumda enerji sarfiyatının artacağı anlaşılmaktadır. Bu çıkarımla örtüşen ve her enerji-etkin sistemin maliyet-etkin sonuçlar doğurmadığı ayrıca değişik makalelerde belirtilmiştir [3,6]. Buna diğer bir örnek olarak akümülatörlü hidrolik sistemler verilebilir. Bu sistemler genel olarak maliyetleri dolayısıyla pazarda sık kullanılmamakla beraber, bu tip asansörlerin devamlı düşük yüklerle seyahat etmesi durumunda sistemin daha fazla enerji harcayacağı belirtilmiştir [5].



Şekil 2. Stand-by enerji kullanımı [4]

Şekil 2 de stand-by enerji sarfiyatına etki eden kullanımlar gösterilmiştir. Burada görüldüğü üzere sürekli açık olan kabin ışıkları ve kapı kilit sistemi en yüksek kullanımı işaret etmektedir. Bunu elektronik kumanda ve inverter (vvvf sürücü) izlemektedir. Diğerleri ise kat butonları, kat ekranları, kabin butonları ve kabin ışık perdesi şeklinde sıralanmaktadır.

Kaynak 4 de yapılan enerji ölçümleri sonrasında asansörlerin standart kullanımları sırasında harcadıkları enerji miktarı SIA (Swiss Society of Engineers and Architects) standardı 380/4 e göre aşağıdaki formülasyon ile hesaplanmıştır;

$$E = \frac{Z \cdot k1 \cdot k2 \cdot h_{maks} \cdot P_m}{v \cdot 3600} \quad [\text{kWh/yıl}] \quad (1)$$

E : Yıllık enerji sarfiyatı

k2 : Kuyu yükseklik faktörü (iki katlı : 1, diğer 0.5)

Z : Yıllık hareket çevrimi sayısı

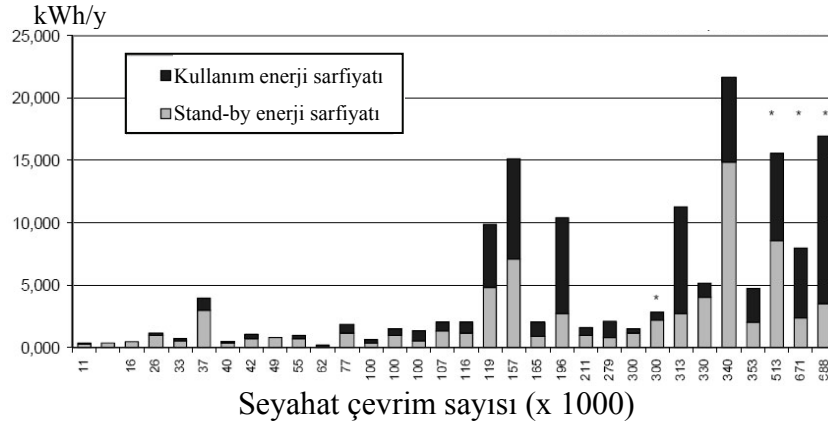
$h_{maks}$  : Maksimum kuyu yüksekliği

$k1$  : Ortalama yük faktörü (halatlı: 0.35, halatlı+enerji geri kazanımı: 0.21, hidrolik: 0.3)

$P_m$  : Motor gücü [kW]

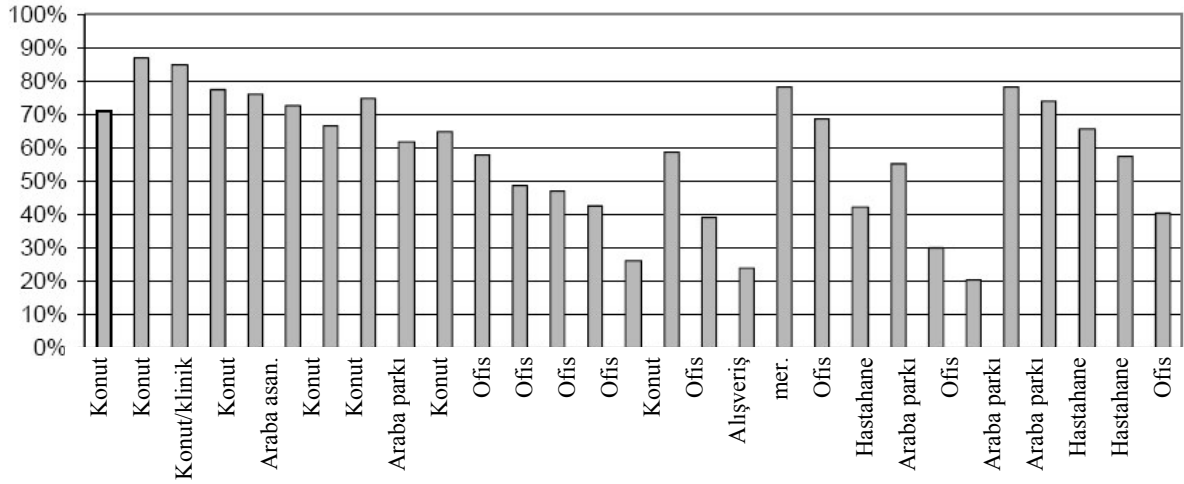
$v$  : Hız [m/s]

Belirtilen 33 asansör üzerinde yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlar değerlendirilerek asansör çevrim sayısına göre kullanım ve stand-by enerji sarfiyatları Şekil 3 de verilmiştir. Şekil 4 de ise bina tipine göre stand-by enerji sarfiyatı yüzde olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Seyahat çevrimi sayısına göre kullanım ve stand-by enerji sarfiyatları.[4]

Şekil 3 ve Şekil 4 den stand-by enerji sarfiyatlarının genel olarak %20 ile %85 arasında değiştiği ve özellikle konut tipi binalarda ortalama %70 civarında bulunduğu görülebilir. Ölçüm ve hesaplamalar sonucunda halatlı asansörler (dişlisiz, motor + vvvf) için elde edilmiş olan projeksiyonlar Tablo 1de verilmiştir [4]. Burada tipik bir apartmanın (6 katlı) yıllık çevrim sayısının 40,000 civarında olduğu (günlük 110 çevrim) ve enerji-etkin olarak bilinen tahrik sistemi kullanmasına rağmen enerji sarfiyatının %83 ünün stand-by sırasında harcandığı görülmektedir. Bu durum orta büyüklükte ve 200,000 çevrim sayılı (günlük 550 çevrim) aynı tahrik sistemli asansörlerde % 40; 700,000 çevrim sayılı (günlük 1900 çevrim) hastahane ve büyük ofis binalarında %25 olarak hesaplanmıştır. İsviçre'deki 150,000 asansörün genelinde yapılan bir projeksiyonda ise asansörler tarafından harcanan enerjinin %58'inin stand-by durumunda harcandığı belirlenmiştir [4].



Şekil 4. Bina tipine göre stand-by enerji sarfiyatının yüzde değerleri [4].

Tablo 1. Değişik tipteki asansörlerde kullanım sayıları stand-by enerji sarfiyat oranları

Bina tipi	Kapasite [kg]	Hız [m/s]	Durak sayısı	Çevrim ener. sarf. [Wh]	Yıllık çevrim sayısı	Enerji sarfiyatı [kWh]	Stand-by sarfiyatı [%]
Küçük apartman	630	1	6	4	40,000	950	<b>%83</b>
Ofis (orta boyutta apartman)	1000	1.5	8	13	200,000	4350	<b>%40</b>
Hastahane, büyük ofis binaları	2000	2	12	19	700,000	17700	<b>%25</b>

[4].

### 3. STAND-BY ENERJİ SARFIYATINI ETKİLETEN UNSURLAR

Yüksek stand-by enerji sarfiyatı karşısında asansör sistemini monitörleyerek, pasif (stand-by durumunda) veya aktif (hareket halinde) halde enerjiyi optimum kullanmayı hedefleyen enerji-etkin kontrol sistemleri geliştirilmiştir [7]. Bu sistemlerde, asansör belirli bir süre kullanılmadığında enerji seviyesi kademeli olarak azaltılmaktadır (pasif kontrol). Birinci kademede; kabin ışıkları azaltılmakta, kat ve kabindeki yön göstergeleri, kabin ekranları ve dual-ilumine butonlar kapatılmaktadır. İkinci kademede; katlardaki dual-ilumine butonlar, kapı kontrolcüsü, kabin elektroniği ve inverter kapatılmaktadır. Bu durumdan sistemin tekrar aktif hale geçmesi 30 saniye sürmektedir. Aktif (hareket halinde) kontrolde ise seyahat hızı düşürülmekte, direk olarak kat seviyesine yavaşlayarak seviyelere zamanı kazanılmaktadır. Diğer bir yandan, tercihe bağlı olarak regeneratif güç üniteleriyle kinetik enerjinin bir kısmı geri kazanılmaktadır. Enerji-etkin asansör kontrol sistemleri ile %50 oranında enerji tasarrufu sağlandığı bu oranın bazı durumlarda %90 lara ulaştığı belirtilmiştir [7].

Alman Mühendisler Birliği (DVI), asansör sistemlerinde enerji tasarrufu yapılabilecek potansiyel birçok alan bulunduğunu belirtmiş ve asansörlerde enerji sarfiyatını düşürmek için alınması gereken tedbirleri yayınlamıştır [8]. Dolayısıyla, etkin kontrol sistemleri geliştirilerek önemli miktarda enerjinin tasarruf edilebileceği anlaşılmaktadır.

Stand-by enerji sarfiyatının azaltılması adına kontrol sisteminde yapılacak yazılım ve donanım değişiklikleri yanında, tahrik ünitesinin seçimi konusunda da hassasiyet gösterilmesi gereklidir. Sadece tahrik ünitelerinin stand-by enerji sarfiyatlarını karşılaştırmak gerektiğinde, bütün asansörlerde ortak olan kapı kilidi ve sürücüsü, kat ve kabin buton ve ekranlarını ışıklandırma sistemi, havalandırma fanları ve emniyet ekipmanları gibi sistemler ayrı tutularak bir değerlendirme yapmak gereklidir. Bu anlamda tahrik sistemlerinde stand-by enerji kullanımını etkileyen üç önemli eleman bulunmaktadır;

1- Elektronik kumandanın stand-by enerji sarfiyatı : Tablo 2 de verildiği üzere firmaların elektronik kumanda sistemlerinin enerji sarfiyatları birbirlerinden farklı değerlerde olmaktadır. Inverter kullanan asansörlerde değerlerin çok farklı olmasının nedeni kullanılan inverterin stand-by durumunda çekmiş oldukları güçler nedeniyledir.

Tablo 2. Değişik firmalara ait elektronik kumandaların enerji sarfiyatı.

Firma	Elektronik kumanda Stand-by sarfiyatı [W]	Tahrik sistemi
A	68	Çift hızlı
	114	Çift hızlı
	83	Hidrolik
	103	Hidrolik
	167	vvpf (7.5kW inverter)
	201	vvpf (11kW inverter)
B	452	vvpf (30kW inverter)
	80	vvpf
C	27	Çift hızlı
	61	Çift hızlı
	61	Hidrolik
	714	vvpf (5.5kW inverter)
	327	vvpf (11kW inverter)

2- Inverterin stand-by enerji sarfiyatı : Değişik firmalar tarafından imal edilen inverterlerin stand-by enerji sarfiyatları Tablo 3 de verilmiştir. Görüldüğü gibi firmalara bağlı olarak inverterlerin stand-by değerleri değişiklikler göstermektedir. Motor-inverter seçiminin doğru yapılamaması, genellikle inverterin daha büyük kullanılması şeklinde bir sonuç doğurmaktadır. Bu ise stand-by durumunda harcanan gücü daha da arttırmaktadır.

Tablo 3. Değişik firmalara ait inverterlerin stand-by enerji sarfiyatı (fan güçleri bu değerlerin dışında tutulmuştur).

Firma	Inverter [kW]	Stand-by sarfiyatı [W]
A	4.6 – 7.5	30
	11 – 15	39
B	55	60
C	5.5 – 37	60
D	5.5	21
	7.5	26
	11	32
	15	41

3- UPS (Kesintisiz güç kaynağı) nin stand-by enerji sarfiyatı: Özellikle MDA sistemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla UPS kullanımında da bir yaygınlaşma kendisini göstermiştir. MDA lerde arıza halinde veya enerji kesilmesi durumunda asansöre müdahalenin daha karmaşık olması ve uzman eleman gerektirmesi

nedenleriyle UPS kullanılarak kata getirme sağlanmaktadır. Bu nedenle UPS sistemlerinin harcadığı enerji miktarının da tahrik sistemleri karşılaştırılırken irdelenmesi uygun olacaktır (Tablo 4).

Tablo 4. Değişik firmalara ait UPS sistemlerinin enerji sarfiyatları.

Firma	UPS [VA]	Stand-by sarfiyatı [W]
A	450	23
	750	24
B	1500	38
C	2000	81

#### 4. STAND-BY ENERJİ SARFIYATININ İRDELENMESİ

Enerjiyi etkin kullanan asansör sistemleri (Enerji-etkin sistemler), asansör tipine bağlı olarak (halatlı veya hidrolik), dişli redüktör sistemlerinin mevcut olup olmaması, kullanılan sürücü tipi ve enerjinin yeniden geri kazanılması gibi özellikler açısından farklılık gösterirler. Kaynak [4] de yapılan çalışmada düşük katlı bina asansörlerinin (6 kat ve daha az) toplam asansörler içindeki oranının %78 civarında olduğu, bunların kullanım sayılarının az olması nedeniyle stand-by enerji sarfiyatlarının yüksek değerlere ulaştığı ve asansörlerin toplam harcadıkları yıllık enerjinin yaklaşık %50 sinin bu asansörler tarafından sarfedildiği projeksiyonlarda gösterilmiştir. Bu nedenle değişik tahrik ünitelerine sahip asansörler arasında irdeleme öncelikli olarak düşük katlı binalarda ele alınmış ve konvansiyonel hidrolik, MDA (dişlisiz motor + inverter) ve konvansiyonel halatlı+vvpf (makina dairesi, motor + inverter + dişli grubu) asansör tahrik sistemleri enerji sarfiyatları açısından karşılaştırılmıştır.

Hidrolik asansörler, 6 veya 7 kata kadar servis verebilen düşük maliyetli asansör çözümdür [3]. Genellikle karşı-ağırlık bulundurmadıklarından enerji sarfiyatları, eşdeğer bir halatlı asansöre göre daha fazladır. Fakat hidrolik asansörler, kurulumlarının kolay olması, az servis gerektirmeleri, yüksek güvenilirlik ve emniyet şartları ile düşük katlı asansör pazarında yerlerini korumaktadırlar.

Yükseklik arttıkça halatlı asansörler daha ekonomik hale gelirler. Genel olarak dişli grubu içeren makinalar orta yükseklikteki binalarda (7 ile 20 kat), dişlisiz makinalar ise yüksek yapılarda 2 ile 4m/s hızlarda kullanılmaktadırlar. Konvansiyonel dişli sistemlerde dişliler daha küçük ve daha ucuz motor kullanımına olanak verirler fakat sonsuz vida sistemlerinden dolayı verimlilikleri %55 dolayındadır. Enerjiyi en etkin olarak kullanan sistemler ise, vvpf (değişken voltaj ve değişken frekans) sürücü kullanan ve dişlisiz olarak motora direk bağlı tahrik sistemleri olarak bilinmektedir.

Asansör seçimleri (hidrolik veya halatlı) enerji sarfiyatını 3:1 oranında etkileyebilir ve aynı tahrik sistemi içinde en iyi performans gösteren asansörler, en düşük performanslı olana göre de %30-%40 daha az enerji kullanabilirler [3]. En etkin olarak bilinen regeneratif inverter-motor sistemlerinde yavaşlama sırasında motor jeneratör olarak kullanılarak elde edilen enerji şebekeye aktarılabilir ve daha etkin enerji tasarrufu sağlanabilir. 15 katlı bir ticarethanede ve 25 katlı bir binada yapılan simülasyonlarda regenerasyon enerji kullanımında %30 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır [3]. Fakat

bu sistemler pahalıdır (6,000\$ - 10,000\$) ve yüksek sayıda ve sık yoğunluklu kullanımlara uygundur.

İnverter kullanan tahrik sistemlerinde inverter-motor uyumluluğu aranırken, inverterlerin stand-by enerji sarfiyatları da göz önünde bulundurulmalıdır. Tablo 5 de 3, 4 ve 5 kişilik, MDA ve konvansiyonel halatlı (dişli, motor + vvvf) enerji-etkin tahrik sistemleri ile donatılmış asansörler göz önüne alınmıştır. Bu asansörlerin enerji-etkin şekilde çalışabilmeleri için günlük yapmaları gereken minimum **durak çevrim sayıları**, stand-by sarfiyatı olmayan bir hidrolik asansörle kıyaslanarak, değişik inverter ve UPS stand-by güçleri için Tablo 5 de belirlenmiştir. Burada bir çevrim, asansörün kata çıkıp inmesi olarak alınmış ve çevrim sayıları her bir durak için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Örnek olarak, 3 kişilik bir MDA (vvvf stand-by gücü 20W), eşdeğer bir konvansiyonel hidrolik asansör ile karşılaştırılmış ve MDA ün 4. durağa günde 32 çevrimden daha az çıkıp inmesi halinde harcayacağı toplam enerji miktarının, eşdeğer hidrolik asansörün kullanımı halinde harcanacak olan enerjiden daha fazla olacağı hesaplanmıştır. Bu değer 3. durak için 46 ve 2. durak için 73 dür (Bk. Tablo 5). Hesaplarda hızlanma ve yavaşlama zamanları 2.5s, seviyeleme 1.5s ve kalkış gecikmesi 1.5s olarak öngörülmüştür. Tahrik sistemlerinden dolayı her bir çevrim için enerji harcama oranları 2,57:1,46:1 (Konvansiyonel hidrolik : Konvansiyonel halatlı + vvvf : MDA) şeklinde kabul edilmiştir.

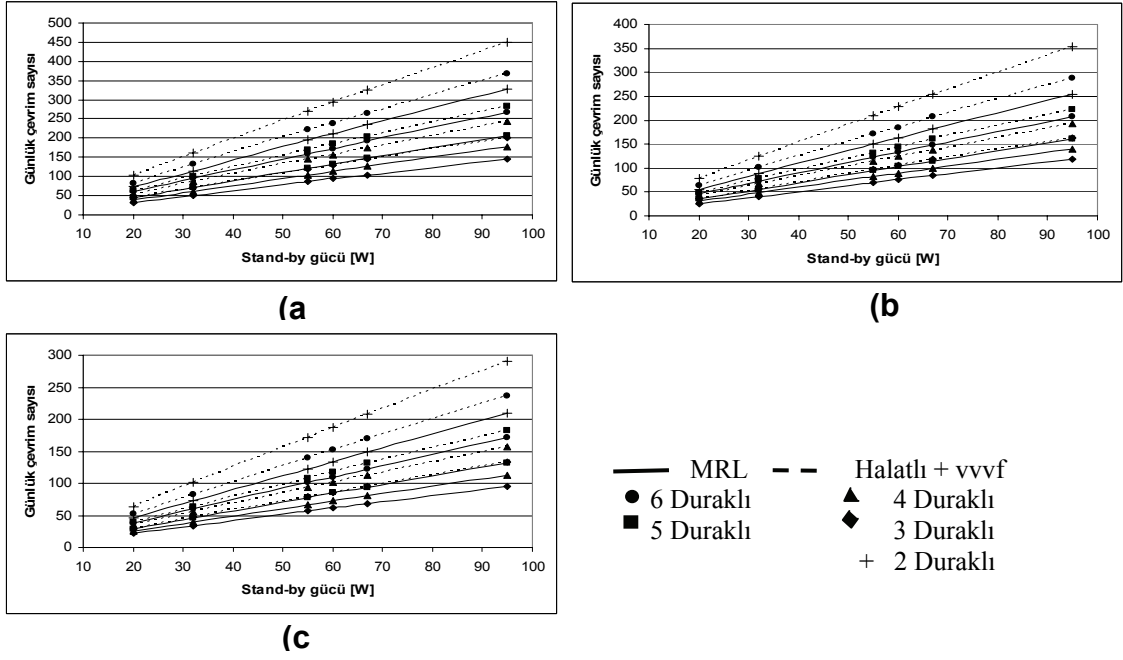
Tablo 5. Değişik kapasitelerdeki asansörlerin sürücü ve UPS stand-by güçlerine göre minimum durak çevrim sayıları.

Bu tablodan hareketle, bina durak sayısı, asansör kapasitesi ve her durağa yapılacak çevrimlerin yüzde oranları belirlenerek inverter içeren bir sistemin enerji-etkin hale

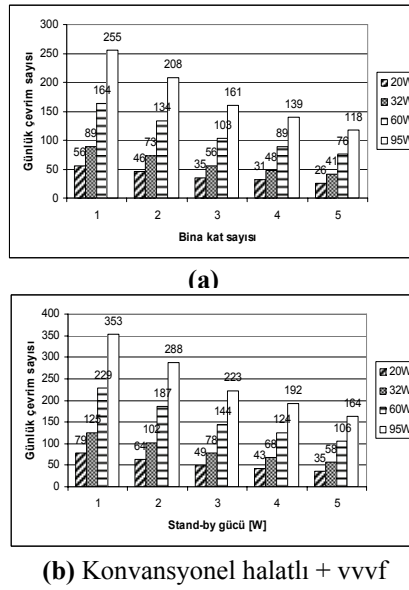
	Stand-by gücü [W]			3 kişilik					4 kişilik					5 kişilik				
	vvvf	UPS		Durak sayısı					Durak sayısı					Durak sayısı				
				2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Stand-by sarfiyatını karşılayan minimum durak çevrim sayısı	20	-	MDA	73	46	32	26	22	56	35	26	21	17	46	29	21	17	14
			Halatlı	102	63	44	35	30	79	49	36	29	24	64	40	29	23	20
	32	-	MDA	115	72	51	41	34	89	56	40	33	27	73	46	33	26	22
			Halatlı	161	101	71	57	48	125	78	57	46	38	102	64	46	37	31
	60	-	MDA	212	133	94	76	63	164	103	75	60	50	134	85	60	49	41
			Halatlı	294	184	130	105	88	229	144	104	84	70	187	118	84	68	57
	20	35	MDA	194	122	86	70	58	151	95	69	55	46	123	78	55	45	37
			Halatlı	271	170	120	97	81	210	132	96	77	65	172	108	77	62	52
	32	35	MDA	236	148	104	84	70	183	115	83	67	56	149	94	67	54	45
			Halatlı	325	205	145	117	98	254	160	115	93	78	208	131	93	75	63
	60	35	MDA	327	146	146	117	98	255	161	116	94	79	209	132	94	76	64
			Halatlı	450	284	201	162	136	353	223	161	130	109	290	183	131	105	88

gelebilmesi için gerekli minimum **günlük asansör çevrim sayısı** belirlenebilir. Gün içinde her durağa direk yapılan durak çevrim sayılarının eşit olduğu kabulüyle Tablo 5 den çıkarılan sonuçlar 2, 3, 4, 5 ve 6 duraklı binalar için değerlendirilmiş ve sonuçlar Şekil 5 de verilmiştir.





Şekil 5. Asansörlerin her durağa eşit sayıda seyahat yaptıkları kabulüyle (a) 3 kişilik, (b) 4 kişilik ve (c) 5 kişilik asansörlerde günlük minimum asansör çevrim sayısının stand-by gücü ile değişimi.



Şekil 6. 4 kişilik enerji-etkin asansör sisteminde minimum asansör çevrim sayıları.

Şekil 6 da 4 kişilik bir asansörde MDA ve konvansyonel halatlı + vvvf kullanıldığında minimum günlük asansör çevrim sonuçları kat sayılarına göre verilmiştir. Şekil 5 ve 6 dan görüldüğü üzere, stand-by enerji sarfiyatı arttıkça bu asansörlerin enerji-etkin şekilde çalışabilmeleri için günlük kullanım oranları önemi hale gelmektedir. Örnek olarak, stand-by ihtiyacı 60W olan 4 kişilik, 4 duraklı bir MDA ün günlük çevrim sayısı yaklaşık olarak 103 ün altına düşmelidir. Aksi takdirde alternatif olarak kullanılacak bir

konvansyonel hidrolik asansörden daha fazla enerji sarfedecektir. Inverter kullanan dişli makinalarda, dişlilerde oluşan kayıplar nedeniyle minimum günlük çevrim sayısı MDA lara kıyasla %35 ila %40 oranında artmakta ve örnek verilen durum için günlük çevrim sayısı 144 olmaktadır. MDA lerde sıklıkla kullanılan kesintisiz güç kaynaklarının (UPS) veya kurtarma modülleri stand-by güçlerini 1.2 ila 2 kat arttırmaktadırlar. Stand-by gücü 35W olan bir UPS kullanıldığında günlük minimum çevrim sayıları MDA için 161 e, konvansyonel halatlı + vvvf için 223 e çıkarmaktadır. Kullanılan elektronik kumandaların stand-by durumunda harcadıkları güçler enerji-etkin asansör tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer bir unsurdur.

Alçak katlı konut tipi binalarda günlük asansör kullanım sayılarının ortalama 110 civarında olduğu ve bu rakamın villa tipi evler için 20 nin altına düştüğü, çok daireli apartmanlarda 160 civarına çıktığı düşünülürse, enerji-etkin olarak sunulan asansörlerin bu tip binalarda kullanımı, stand-by sarfiyatları çok iyi irdelenerek karar verilmelidir.

Stand-by enerji sarfiyatını düşürülmesi için inverterlerin sık sık kapatılması, inverter iç yapısında yer alan kondansatörlerin kısa zamanda yıpranmalarına neden olacağından üreticiler tarafından önerilmemektedir. Yeni geliştirilen Matris konvertörler ile bu sorun aşılma ile birlikte maliyetlerin yüksek olması nedeniyle kullanılmamaktadır.

Halatlı asansör makinaları üzerinde bulunan ve hareket halinde enerjilendirilen fren solenoidlerinin güçleri (90 ila 110W) ve genellikle doğru tasarlanmamış hidrolik asansörlerde kullanılan soğutucu gücü, tahrik ünitelerinin enerji sarfiyatlarına etki ederler. Ancak alçak katlı binalarda günlük çalışma sürelerinin 1 saatten az olması nedeniyle (fren solenoidlerinin günlük çevrim sayısına katkısı %1 civarında kalmakta) ve hidrolik asansörlerde soğutucu ihtiyacı günde 4 saatin üzerinde servis yapan asansörlerde gerekli olabileceğinden bu değerler hesaba katılmamıştır.

#### 4. ASANSÖR MALİYETİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Asansör tipinin seçimine etki eden üç önemli maliyete vardır. Bunlar kurulum maliyeti, bakım-onarım maliyeti ve kullanım (enerji) maliyetleridir. Bunlardan kullanım maliyeti yukarıdaki başlıklar altında incelendiğinden aşağıda ilk ikisi ele alınmıştır.

##### 4.1. KURULUM MALİYETİ

MDA lerin pazardaki ana sıkıntıları kurulum maliyetlerinin hidrolik asansörlere göre %15 ila %30 arasında daha yüksek olmasıdır [9]. Enerji-etkin asansör sistemleriyle önemli miktarda enerji tasarrufu yapılsada, geri kazanç süreleri yüksek olduğunda, sadece enerji tasarrufu adına bu sistemlerin seçimi yapılan yatırımı karşılayamaz. Düşük katlı yapılarda vvvf sürücülü enerji-etkin asansörlerin konvansyonel hidrolik asansörlere göre %21 ile %24 oranında enerji tasarrufu sağladığı belirtilmiştir [9]. Bu değerlerden yola çıkarak yapılan hesaplamalarda yılda 60,000 ve 200,000 kalkış yapan 4 ve 6 duraklı iki asansör karşılaştırılmış ve enerji-etkin MDA lerin geri ödeme süreleri 194 ve 83 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değerlendirmedeki maliyet değerleri Türkiye şartlarını aksettirmemekle beraber elde edilen sonuç önemlidir. Türkiye şartlarında benzer bir analiz Tablo 6 da verilmiştir (Enerji sarfiyatı (1) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır).

Tablo 6. 4 ve 6 duraklı konut asansörlerinin maliyet açısından karşılaştırılması.

Asansör tipi 4 kişilik	Tahrik tipi	Enerji tasarrufu	+ Maliyet [€]	Yıllık tasarruf [€] 0.15€/kWh	Geri ödeme süresi [yıl]
4 duraklı konut, yılda 60,000 kalkış					
Hidrolik	2:1 hidrolik	%0	-	0	
MDA	vuvf	%24	2,500	28	89
6 duraklı konut yılda 200,000 kalkış					
Hidrolik	2:1 hidrolik	%0	-	0	
MDA	vuvf	%24	3,200	110	29

Tablodan da görüldüğü gibi MDA yatırımının geri ödeme süreleri bina ömrü ve asansör renovasyon sürelerinin üzerinde olmaktadır. Dolayısıyla düşük katlı yapılarda MDA lar aynı zamanda maliyet-etkin çözümler değildir.

#### 4.2. SERVİS MALİYETİ

Genel olarak hidrolik sistemler halatlı sistemlere nazaran daha az sayıda parça içerirler. Tahrik ünitesinin elemanlarının hidrolik yağ içerisinde çalışması nedeniyle parça yıpranması nadiren görülür ve hata oluşturma (kırılma) riskleri daha azdır. Bu nedenle daha güvenilirlerdir ve kurulumları daha kolaydır. En önemli özelliklerinden biri de yedek parçalarının asansör yan sanayinden kolayca ve uygun fiyatlarda temin edilebilir olmasıdır. Buna karşı MDA lerde parça sayısı arttırılmış, yer kazanmak için makina kuyu içerisine asılarak bakım-onarım işlemleri daha güç hale getirilmiştir. Yedek parça tedarikinde üretici firma bağımlılığı bu tip asansörlerde çok yüksek olduğundan, bakım-onarım maliyetleri konusunda MDA ler hidrolik asansörler kadar serbestlik sağlamazlar. Karşı-ağırlığın bulunması bu asansörlerde bakım onarım maliyetlerine artı bir yük getirir. MDA lerde en pahalı yedek parça asansör fiyatının yaklaşık %30 u kadar iken bu hidrolik asansörlerde %6 civarındadır.

Bucher Hydraulics tarafından yapılan bir değerlendirmede halatlı asansör bakımının yıllık daha fazla maliyet getirdiği belirtilmiştir [10]. Bu değerlendirmede, halatlı asansörlerde 10 yılda bir icra edilen halat ve ksnak değişimleri ile hidrolik asansörlerde 15 yılda bir yapılan hidrolik yağ ve keçe değişimleri, bu süreler içinde enerji sarfiyatları da göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Şekil 7 de bu değerlendirme Türkiye şartlarında maliyetler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, gene halatlı asansörlerin yıllık bakım maliyetlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Burada tahrik ünitesinden bağımsız bakım ve enerji sarfiyatları hesaplamalara katılmamıştır.

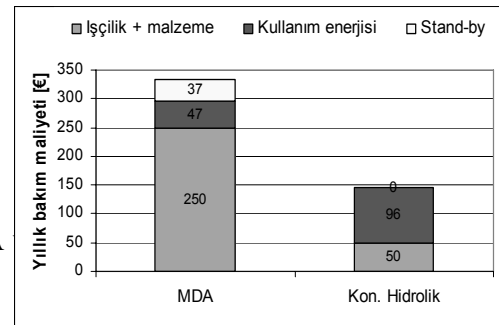
Yıllık çevrim sayısı:40,000

15 yılda bir hidrolik bakım maliyeti: 750€

10 yılda bir halat/ksnak değişim maliyeti: 2500€

Enerji maliyeti: 0.15€/kWh

Şekil 7. Bakım ve enerji sarfiyatları açısından MDA karşılaştırılması.



Enerji-etkin sistemlerde kullanılan inverterlerin yapılarında bulunan elektronik komponentlerden bir kısmı zaman içinde yıpranma gösterirler ve inverterin performansın düşmesine neden olurlar. Bu nedenle bu elemanların düzenli aralıklarla değiştirilmesi gerekmektedir. Bunlar; ömrü ortam sıcaklığına bağlı olarak 10,000 ile 35,000 saat olan soğutma fanları (2 ila 3 yıl), akımı düzgünleştirmek için kullanılan kapasitörler (5 yıl) ve inverterin yapısında yer alan rölelerdir. Bunun yanında, inverterlerin çalışma koşulları üreticiler tarafından detaylı olarak belirlenmiştir. Elektriksel gereksinimleri bir yana bırakacak olursak, inverterlerin -10 ile 40C arasındaki sıcaklıklarda çalışmaları öngörülmüş ve artan her 1°C da verimliliğin %1.7 azalacağı belirtilmiştir. Yoğuşmasız bir ortamda nemliliğin 20 – 90% RH arasında olması, titreşimlerin 0.6G yi aşmaması ve kapalı, yağ ve tozdan uzak alanlarda 1000 m nin altındaki yüksekliklerde kullanılması şart koşulmuştur.

Genel olarak halatlı asansörlerin %20 oranında daha fazla servis gerektirmelerine ek olarak, MDA sürücülerinin kuyu içine konularak bulunması gerekli çalışma şartlarından taviz verilmesi, doğal olarak servis ihtiyacının artması sonucunu doğurur. Olumsuz kuyu şartlarında sistemin güvenilirliğinin sürekliliği düzenli aralıklarla yapılacak olan bakımlara bağlıdır. Bu ise MDA lerde servis sayısını arttıran bir unsurdur. Her servisin yaklaşık 1,2kWh/km lik enerjiye eşdeğer bir ulaşım maliyeti getirdiği düşünülürse; 20 km lik bir mesafe ve yılda 3 ekstra servis için gerekli enerji miktarı 144kWh/yıl olacaktır. Bu durumda olan 10,000 asansör için rakam yılda 1440 MWh yapmaktadır. Buna işçilik ve yedek parça maliyetlerinin de eklenmesi gereklidir.

## 5. SONUÇLAR

Asansör sistemlerinde enerji sarfiyatının azaltılabileceği birçok alan bulunmaktadır. Elektronik kumanda sistemlerinde yapılacak yazılım ve donanım değişiklikleri ile %50 oranında enerji tasarruf edilebilmektedir.

Kullanım sayıları düşük olan enerji-etkin asansör sistemlerinde enerji kullanımını domine eden faktör stand-by enerji harcamasıdır. Bu nedenle, konvansyonel hidrolik asansörler bu gibi durumlarda enerji-etkin çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Genel olarak yıllık kullanımı 60,000 ve aşağı olan asansörlerde inverterli tahrik sistemleri tasarlanırken, stand-by kayıplarının asansör kullanım oranıyla birlikte değerlendirilmesi gereklidir.

Enerjiyi etkin kullanan asansör sistemleriyle önemli miktarda enerji kazancı elde edilirse, satın alma maliyetlerinin yüksek olması bunların geri-kazanç sürelerinin çok uzun olmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, asansör sistemlerinin müşteriye sundukları diğer özellikler tercihte daha aktif rol oynamaktadır.

Asansörlerin enerji sarfiyatı irdelenirken tahrik sisteminin güvenilirliği, servis ihtiyacı ve yedek parça maliyetleri de önemli unsurlar olarak değerlendirilmelidir.

Son olarak, müşteriler değişik tahrik sistemlerinin enerji sarfiyatları konusunda aydınlatılmalı ve kendilerine en uygun ve emniyetli olanı seçmelidirler.

## 6. KAYNAKLAR

1. L. Al-Sharif, 'Lift energy consumption: General overview (1974-2001)', Proceedings of Elevcon 2004, pp. 1-10.
2. L. Al-Sharif, 'Elevator energy simulation model', Proceedings of Elevcon 2004, pp. 11-20.
3. H. M. Sachs, 'Opportunities for elevator energy efficiency improvements', American Council for an Energy Efficient Economy, April 2005.
4. J. Nipkow, 'Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenziale bei Aufzügen', S.A.F.E., 2005, Zürich.
5. G. Lees, 'A study of the actual power relative to the theoretical power consumption of a variable frequency drive hydraulic system and how it benefits the user', Master dissertation, University College Northampton, April 2005.
6. [www.uppco.com](http://www.uppco.com), AC induction motors.
7. [www.kollmorgen.co.uk](http://www.kollmorgen.co.uk), Energy saving lift control systems.
8. Verein Deutscher Ingenieure, 'Aufzüge Energieeffizienz', VDI Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 5: Aufzugstechnik.
9. [www.uppco.com](http://www.uppco.com), Elevators.
10. [www.bucherhydraulics.com](http://www.bucherhydraulics.com), 'Hydraulics lifts are cheaper'.