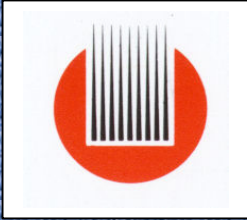


GENEL ARAŞTIRMALAR

FOTOVOLTAİK ENERJİ: GELİŞMEKTE OLAN DÜNYANIN KIRSAL ALANLARINDA UYGULAMALARI



**TÜRKİYE KALKINMA
BANKASI A.Ő.**

ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ

Aralık 2005

ANKARA

TÜRKİYE KALKINMA BANKASI A.Ş.

GELİŞMEKTE OLAN DÜNYANIN KIRSAL ALANLARINDA PV (GÜNEŞ IŞIĞINDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETEN SİSTEMLER) UYGULAMALARI

Yazan: Gerald Foley

Çeviren: Ahmet Kandemir

GA-05-09-22

WORLD BANK TECHNICAL PAPER No: 304

ENERGY SERIES

Washington, D. C., 1995

ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ

Aralık 2005

ANKARA

ISBN 975-7406-77-5

© Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.

Ahmet KANDEMİR
Araştırma Müdürü

Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.
Araştırma Müdürlüğü
İzmir Cad. No. 35 Kızılay/ANKARA
Tel: (0312) 417 92 00
Faks: (0312) 417 01 47

Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Matbaası'nda çoğaltılmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
Çevirenin Önsözü	1
Önsöz	2
Özet	4
Önsöz Yerine	5
Teşekkürler	7
Güneş Işığında Elektrik Enerjisi Üreten (Photovoltaic) Teknoloji	8
Güneş Enerjisinin Elde Edilebilirliği.....	8
PV Sistemini Oluşturan Parçalar.....	9
Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren PV Üniteleri (PV Cells).....	10
Akümülatörler.....	12
Sistemi Dengeleyen Diğer Unsurlar.....	15
Uygulama Alanında Randıman Oranları ve Elektrik Akımının Çıkış Gücü.....	17
PV Sistemlerine Değer Biçilmesi.....	18
PV Takımları ve Sistemler.....	19
Solar Ev sistemleri ve Solar Fenerler.....	19
PV Pompalama Sistemleri.....	22
Aşı Soğutma (Vaccine Refrigeration).....	23
Akü Şarj Eden Sistemler.....	26
Merkezileştirmiş PV sistemleri.....	27
Kırsal Alan Enerjisi İçin Açıklayıcı Bilgiler	29
Enerji Talep Merdiveni.....	29
Aydınlatma Taleplerinin Karşılanması.....	30
Radyo, Kaset Çalar, Video, TV ve Elektrikli Ev aletleri.....	34
Ticaret, Küçük Endüstri ve Toplumların Enerji Talepleri.....	35
Elektriğin Önemi.....	35
Küçük-Ölçekli Özel Elektrik Tedarik Seçenekleri.....	36
Kuru Pil Aküleri /Bataryaları.....	36
Araba-Aküsünün Yeniden Şarj Edilmesi.....	38
Özel Kişilere Ait Küçük Jeneratörler.....	40
Enerji ile ilgili Aile Harcamaları.....	42
Geleneksel Kırsal Alan Elektrifikasyonu	45
Uygulamada Kırsal Alan Elektrifikasyonu.....	45
Geleneksel Elektrik Şebekesine Dayalı Kırsal Alan.....	47
Elektrifikasyonunun Maliyetleri.....	47
Merkeziyetçi Olmayan Dizel Jeneratörle Üretilen Elektriğin Maliyetleri.....	50
Yük Yapılarının Önemi.....	52
Kırsal Alanda Yaşayan Hanehalkının Elektrik Tüketimi.....	52
Kırsal Alan Elektrifikasyonu İçin Kriterler.....	54
Geleneksel Kırsal Alan Elektrifikasyon Uygulamasının Yavaş Gidişi.....	56
Güneş Işığında Elektrik Enerjisi Üreten Sistemler için Uygun Yerin Belirlenmesi	59
PV'lere karşı Elektrik Şebekesi.....	59
Ön-Elektrifikasyon Kavramı.....	62

	Sayfa No:
PV Sistemleri Nerede Uygundur ?.....	64
Solar Ev Sistemleri (SHS)	64
PV Su Pompalama.....	67
Sağlık Klinikleri İçin PV'li Soğutucular	71
PV ile Akü Şarj Etme.....	72
Merkezleştirilmiş PV Enerji İstasyonları	72
PV Elektrifikasyonu İle İlgili Tecrübeler	74
PV Programlarına Yardım Yapan Kuruluşlar ve Hükümet Desteği	74
GTZ Programları	76
Endonezya Banpres Projesi	77
Sri Lanka Pansiyagama Projesi.....	79
Tuvalu Programı.....	80
Bağışçıların Finansman Desteği Verdiği SHS Programları Konusunda Özet Veri.....	81
PV Su Pompalama.....	82
PV ile Aşu Soğutma	83
Merkezleştirilmiş PV Sistemleri.....	85
Özel Sektör Tecrübesi.....	86
Kenya.....	87
Özel Sektörle İlgili Özet Veri.....	88
PV Promosyon Programlarında Yaşanan Deneyimden Çıkarılacak Dersler	89
Gerçekçi Finansal Masraflar.....	89
Uygulamaya Dönük Tasarım ve Montaj Problemleri.....	89
Tamir ve Bakım Anlaşmaları	90
Tüketiciler İçin Yeterli Bilgilendirme Gereksinimi	90
Yerel Organizasyonlarda Yeterli Yönetim Vasıflarına Sahip Olma Gereksinimi	90
Karşılaştırmalı Maliyetlerin Gerçekçi Değerlendirme Gereksinimi.....	91
Hükümetlerin ve Fon Sağlayan Ajansların Rolü.....	92
Ticari Piyasanın Teşvik Edilmesi ve Cesaretlendirilmesi	92
Kredi	92
Enformasyon ve Eğitim	94
Standartların Belirlenmesi	95
Yerel İmalât.....	95
Gümrük Resmi ve Vergiler	96
PV'lerin Gayrî Ticarî, Sübvansiyonlu Promosyonu ve Yayılması	97
Ne Tür Uygulama Ajansı?	98
Sübvansiyonların Sorunu	100
Kamu Hizmetleri.....	101
Ulusal İnceleme.....	102
KAYNAKLAR	104

TABLULAR

	Sayfa No:
Tablo 1.1 Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkelerde Kurulu Şekilde PV Sistemlerinin Fiyatları	21
Tablo 1.2 Örnek PV Sistemleri için Aylık Amortisman (Ödeme) Maliyetleri	21
Tablo 1.3 Tipik WHO/UNICEF-Onaylı Aşı Soğutma Sistemleri İçin İmalatçı Maliyetleri	25
Tablo 2.1 Muhtelif Aydınlatma Kaynakları Konusunda Yön Gösterici Veriler	33
Tablo 2.2. Kuru Pil Çeşitlerinin Kapasiteleri ve Fiyatları	38
Tablo 2.3. Senegal'in Elektriksiz Köylerinde Aylık Enerji Harcamaları	43
Tablo 2.4 Elektriksiz Alanlarda Yaşayan Tipik Kırsal Ailelerinin Aylık Enerji Harcamaları	44
Tablo 3.1. Pakistan ve Yemen'de Şebeke Bağlama Maliyetlerinin Analizi	49
Tablo 3.2. Pakistan ve Yemen'de Küçük Dizel Elektrik Sistemleri İçin Maliyetlerin Analizi	51
Tablo 3.3. Filipinlerde Gelir Grubu ve Nihai Kullanım İtibariyle Elektrik Tüketimi	54
Tablo 3.4 Kırsal Alan Elektrifikasyonu ve Nüfus Verisi (milyon)	57
Tablo 3.5 Seçilmiş Ülkelerde Elektrikli Olan Kırsalda Yaşayan Ailelerin Oranı	58
Tablo 4.1 PV Sistemlerinin Aylık Ödemesi ve Enerji konusunda "Tipik" Aile Harcamaları Arasında Karşılaştırma (ABD \$)	64
Tablo 5.1 Hükümet ve Bağışçıların Desteklediği Seçilmiş SHS Projeleri	82
Tablo 5.2 Seçilmiş Ülkelerde Özel Sektörün PV Satışları	88

Çevirenin Önsözü

Hızlı nüfus artışına paralel olarak artan enerji talebi özellikle gelişmekte olan bölgelerde kendini daha fazla hissettirmektedir. Bu ihtiyaç karar organlarını mevcut olanı optimal şekilde dağıtmak için uygun altyapı oluşturma ve yeni-yenilenebilir enerji kaynakları temin etme konusunda fazla mesai yapmalarını gerektirmektedir. Güneş kollektörleri sayesinde sıcak su ihtiyacının karşılanması sıkça kullanılan ve bilinen bir yöntemken, güneş ışığından yararlanarak elektrik enerjisi üretme (PV-Fotovoltaik) ve aydınlatma, küçük el aletlerini çalıştırma gibi günlük ihtiyaçların sağlanması amacıyla elde edilen bu elektriğin depolanması konusundaki çalışmalar da gün geçtikçe artmaktadır. Başlangıçta gelişmekte olan bölgelere, çeşitli fon destekleriyle, ulusal elektrik dağıtım sisteminin ulaştırılması için katlanması gereken alternatif maliyetle kıyaslanarak oluşturulan PV enerji sistemleri, günümüzde ulusal elektrik dağıtım sistemine destek olarak alternatif yeni elektrik enerjisi üretmenin ve depolamanın bir yöntemi olarak görülmektedir.

Çevirisini yapmış olduğumuz bu rapor; 90'lı yıllardaki PV enerji sistemlerinin ve bileşenlerinin tasarımı, finansmanı, organizasyonu ve uygulaması konusundaki birçok soru işaretine analitik bir çerçevede cevap vermeye çalışırken; aynı zamanda, kırsal alanların elektrikleştirilmesi konusunda karar mekanizmalarının ve fon sağlayan kuruluşların PV sistemlerini nasıl daha iyi geliştirerek uygulayabilecekleri konusunu da müzakere etmektedir. Dolayısıyla bu raporun, günümüzde yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak PV elektrik enerjisi üretim sistemlerinin büyük gökdelenlerde, iş merkezlerinde, sitelerde ve hatta alternatif maliyet karşılaştırması ve pratik uygulanabilirliği de dikkate alınarak günlük yaşam mekanlarında (konutlarda), ulusal elektrik dağıtım sistemini destekleyici veya müstakil olarak nasıl kullanılabileceği konusunda çalışmalar yapanlara büyük yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Önsöz

Güneş ışığından elektrik enerjisi üreten (**PV**: Photovoltaic), güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin maliyetlerinde son zamanlarda meydana gelen çarpıcı düşüşler gelişmekte olan dünyanın fakir, kırsal alanlarında ve kentsel alanların etrafındaki önemli enerji problemlerine bir cevap olarak PV'ler epey dikkat çekti. Tahammül edilmesi daha kolay ve esnek bir şekilde tasarlanmış PV sistemleri gittikçe büyüyen bir pazar buluyor: içme suyu ve sulama için suyun pompalanması; telekomünikasyon araçları ve lambalar, televizyonlar, videokaset aletleri, gibi halkın kullandığı aletlerin elektrik enerjisi ile beslenmesi; ve kırsal alandaki sağlık kliniklerinde aşı maddesi taşıyan hareketli soğutucular gibi. Günümüzde, kırsal alanlardaki konutlarda ve amme kullanımları için PV sistemlerini yaygınlaştırmayı amaçlayan çeşitli programlar birçok hükümet ve uluslararası kuruluş tarafından yürütülmekte veya planlanmaktadır.

Şimdiye kadar başarılı bir PV yaygınlaştırma programı veya projesinin tasarlanması için kusursuz bir reçetenin olmaması sorun teşkil etmektedir. Çeşitli ülkelerde yapılan saha çalışmalarının sonuçları bir araya toplanmıştır ve hiç kimse tasarım, finansman, organizasyon ve uygulama konusundaki birçok probleme verilecek cevapları bildiğini iddia edemez. Bu nedenle, bu çalışma gibi analitik çalışmalar önemli bir amaca hizmet eder.

Bu rapor teknoloji ve onun gelişmekte olan dünyadaki piyasa kesimi hakkında çok faydalı veri ve bilgi sağlar. Rapor, önce PV bileşenlerini ve sistemlerini yeniden gözden geçirerek işe başlamakta, kırsal alan enerji meselelerini özetlemekte ve sorulara verilmesi mümkün cevapları içermesinden dolayı, hem PV'leri hem de geleneksel kırsal alanın elektrikleştirilmesini müzakere etmektedir. Bu rapor PV'ler için en uygun piyasa kesimlerine dikkat çekerek, muhtelif PV programlarının uygulanmasında yaşanan tecrübelerden çıkarılan dersleri yeniden incelemektedir. Rapor, hükümetlerin ve fon sağlayan kuruluşların rolü ve bunların PV programlarını en iyi nasıl geliştirebilecekleri ve uygulayabilecekleri konusunda bir müzakere ile son bulmaktadır. Bilgi sağlamanın dışında, bu rapor kırsal alan enerji planlamasıyla ilişkili olarak PV sistemleri konusunda bir planlamacının bakış açısını vermektedir. Bu raporun yazarı bir teknoloji uzmanı veya bir iktisatçı olarak yenilenebilir enerji alanında büyük deneyime sahip olması yanında kalkınma gündeminin sebep sonuç ilişkilerini araştıran bir gözlemcidir ve bu rapor yazarın bakış açısını yansıtmaktadır.

Dünya Bankası'nın Güneşle İlgili İnisiyatifi (The World Bank's Solar Initiative), çevresel gerçeklerin yanında ekonomik ve sosyal yararları nedeniyle, yatırım projelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin ciddi bir şekilde dikkate alınma zamanının geldiğine inanmaktadır. Bu düşünce, ümit verici teknolojilerin faziletleri ve kusurları konusunda proje tasarımcılarının ve planlamacılarının en iyi bilgiye sahip olmasının temin edilmesi sorumluluğunu getirir. Enerji Sektörü Yönetimine Yardım Programı (ESMAP) tarafından kısmen finanse edilen bu rapor, piyasa PV'lerinin en iyi nasıl olacağı konusundaki bilmecenin bir parçası olarak görülmelidir; şu sıralarda basılmakta olan diğer çalışmalar bilmecenin diğer parçalarını ortaya çıkaracaktır.

Richard Stern
Endüstri ve Enerji Bölümü
Müdürü

Özet

PV sistemlerinin maliyeti düşmeye devam ediyor. Aynı zamanda, gelişmekte olan dünyada onların pratik kullanımından hızla tecrübe kazanılıyor. Gelişmekte olan birçok ülkenin kırsal alanlarında ve kentsel alanlarının etrafındaki bölgelerde elektrik hizmetlerinin sağlanmasında PV sistemlerinin önemli bir rol oynayacağı aşikârdır. Ancak teknolojinin kısıtları ve problemleri de mutlaka kabul edilmelidir. PV'ler gelişmekte olan dünyanın her yerinde evrensel olarak uygulanabilecek bir çözüm değildir. PV sistemlerini yaygınlaştırma programlarının ekonomik ve teknik realiteye sıkı bir şekilde dayandırılması gerekir.

Bu rapor kırsal alan enerji koşullarına mutlaka uygun olması gereken PV programlarını incelemektedir. **Birinci bölüm** mevcut PV teknolojisinin durumunu yeniden incelemekte ve gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarındaki kullanımlar için ticari olarak piyasada bulunan takımları ve sistemleri kısaca tanımlamaktadır. **İkinci bölüm** geleneksel kırsal alanı elektrikleştirme programları tarafından ulaşılmamış biçimde olduğu gibi duran, gelişmekte olan dünyanın muazzam alanları içinde insanların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için nasıl tedbirler aldığını tanımlayarak, kırsal alanı elektrikleştirme konusunun anlaşılması için gerekli bilgileri sorgulamaktadır. **Bir sonraki bölüm** geleneksel kırsal alanı elektrikleştirme programları, onların faziletleri ve onların kaçınılmaz kısıtlı faaliyet alanlarını müzakere etmektedir. **Dördüncü bölüm** PV'ler için potansiyel piyasa alanlarını incelemekte ve onların maliyet ve hizmet düzeyi açısından nasıl üstünlükleri olduğunu göstermektedir. PV uygulamalarından elde edilen önemli bulguları ve öğrenilen dersleri ortaya koymak için kısa bir değerlendirme **beşinci bölümde** verilmektedir ve **son bölüm** hükümetlerin ve PV sistemlerini finanse eden kuruluşların rolünü incelemektedir.

PV teknolojisinin süratle değişen dünyasında, enerji planlamacıları ve program tasarımcıları için hâlâ standart olarak tespit edilen kural, prensip veya hazır kılavuzlar yoktur. Bu rapor konunun anlaşılması için gerekli bilgileri ortaya koymakta ve gelişmekte olan dünyada, PV uygulamaları üzerinde kafa yorulduğu zaman mutlaka yapılması gereken hesaplamalara ve mutlaka sorulması gereken sorulara dikkat çekilmektedir.

Önsöz Yerine

Gelişmekte olan dünyada hükümetler birbiriyle çelişki halinde olan finansal ve sosyal baskılara maruz kalmaktadır. İyileştirilmiş hizmetler için kamu hizmeti talebi her zaman mutlaka bütçeleri dengede tutma ihtiyacı ve ulusal borç yüklerini yönetilebilir sınırlarda tutma doğrultusunda tayin edilmelidir. Bu çelişkiler hiçbir yerde kırsal alan elektrikleştirilmesinde olduğu kadar daha açık değildir. Bir elektrik arzi kırsal alanda yaşayan halkın daha fazla yararlanmasına sebep olur ve kırsal alanın elektrikleştirilmesine dönük baskı daha fazladır ve birçok ülkede bu baskı giderek artmaktadır. Bununla birlikte, kırsal alanın elektrikleştirilmesi oldukça maliyetlidir ve ulusal enerji hizmeti veren kurumların programları uygulama kapasitesi sınırlıdır. Son zamanlardaki gelişme seviyesi ile, kırsal alanda yaşayan ailelerin yüz milyonlarcasının hayatları boyunca geleneksel elektrik enerjisinden faydalanmaları konusunda hiç ümidi yoktur.

Asgari düzeyde bir kırsal alanı elektrikleştirme hizmeti (*ara sıra tanımlandığı gibi, ön-elektrikleştirme*) vermek için PV (Photovoltaic) teknolojisinin kullanılması, kırsal alanı elektrikleştirme sorununu çözmeye yardım etmenin bir yolu olarak, geçen on yıl içinde ortaya çıkmıştır. Muntazam güneş ışığı olan yerlere PV sistemleri bir elektrik enerjisi verebilir. PV sistemleri yakıt istemez ve çoğunlukla uzak köylerde bu sistemleri yerleştirmek uzak bir elektrik şebekesinden bir elektrik hattı almaktan çok daha ucuzdur.

Avantajlarıyla beraber, PV sistemleri önemli kısıtları paylaşır. Tipik konut PV tesisatlarının elektrik miktarı bir şebekeden alınan elektrik enerjisi ile kıyaslandığında son derece küçüktür, bu yüzden hanehalklarının elektrikli aletlerinin kullanımında büyük ölçüde eli kolu bağlanmaktadır. PV tesisatları aynı zamanda görece olarak yüksek başlangıç maliyetlerine sahiptir ve artan arzın marjinal maliyeti de hemen hemen yüksektir. Elektrik tüketiminde önemli artışlara yol açmak ve geleneksel ev aletleri ve donanımının azami ölçüde kullanımında kademeli bir ilerleme sağlamadan ziyade, PV'ler bir çıkmaza dönüşebilir. Bu yüzden verilen bir durumda kırsal alanın elektrikleştirilmesi için PV'lerin en iyi teknik ve ekonomik çözümü temsil edip etmediği konusundaki kararlar çoğu kez küçük farklılıklar gösterir.

Zaman zaman herhangi bir yeni teknolojide olduğu gibi, PV'ler bazen büyük heyecanlarla kurulmuştur, bu durumda maliyetinin elverişli olması, güvenilirliği ve

verilen hizmetin seviyesi ekseriyetle göz ardı edilmiştir. Ancak, PV'ler için evvelce bu başlangıç aşaması diye kabul edilmiştir ve şimdi teknolojinin teknik ve ekonomik değerlerine göre daha fazla değerlendirilebileceği ortaya çıkmaktadır. İnsanlar neyin yararlı olup olmayacağını bilmektedir. Üstelik, teknik gelişmeler ve ölçek ekonomileri vesilesiyle maliyetlerde daha fazla düşüşler beklense de, imalât kapasitesi yaratıldıkça maliyetler istikrar kazanmaya başlıyor.

Şimdi az sayıda inan, gelişmekte olan dünyanın kırsal kesimlerine elektrik hizmetlerinin getirilmesinde, PV'lerin önemli ve giderek artan bir rolü olduğu konusunda kuşku duymaktadır ve çok sayıda insan ise; birçok ailenin geleneksel elektrik enerjisinden faydalanma konusunda çok az umudunun olduğu gelişmekte olan birçok ülkenin kenar mahalle ve kentlerinin etrafındaki alanlarda, PV'lerin potansiyel uygulamalara sahip olduğunun farkına varmaktadır.

PV sistemlerinin uygulanabilirliğini ve ekonomik faydasını tayin etmek için, bu sistemlerin kabul görmesinin giderek artması ve dikkatli ayrımlar veri iken, gelişmekte olan dünyada PV'lerin potansiyel rolünü genel bir değerlendirmeye tabi tutmanın şimdi tam zamanıdır. Böyle bir değerlendirme için oldukça önemli olabilecek sorular aşağıda sıralanmıştır: Ticari olarak işe yarar bir PV teknolojisinin bugünkü durumu nedir? PV'ler hangi hizmeti hangi maliyetle verebilir? Bu sistemler hangi kesimlerde görev yapmaya uygun olur? Alternatifleri ile nasıl rekabet edebilirler? Hükümetler ve PV sistemlerini finanse eden kuruluşlar ne yapmalıdır?

Bu raporun kapsamı, kasten gelişmekte olan dünyada enerji arzının bugünkü ve gerçekçi meseleleri ile sınırlı tutulmuştur. Öngörüldüğü gibi, fiyatlar bugünkü seviyenin yarısına veya daha altına düştüğü zaman orta vadeden uzun vadeye kadar PV'lerin muhtemelen nerelerde yaygınlaşabileceğini bu rapor tahmin etmeye çalışmamaktadır. Bu raporun amacı, daha ziyade finansör kuruluşlar ve hükümetlerin ön ayak olduğu programlarda, rekabet edebilen bir enerji kaynağı veya kendileri için küçük ölçekli elektrik enerjisi temin etmek isteyen özel kişiler için bir seçenek olarak PV'lerin mevcut durumunu değerlendirmektir.

Bu rapor zorunlu olarak geçerli ve son durumu yansıtan maliyet verisini kullanmaktadır. Ancak, bu maliyet rakamları PV'lerin belirli uygulamalara uymaz veya her yerde savunulabilir olduğunu "kanıtlamak" düşüncesiyle verilmemektedir. Konuyla ilgili eserlerin üstün körü taranması bile her durumun gerektirdiği koşullara

bağlı olarak, sistemleri yerleştirme maliyetlerinin iki ve üçün katları ile değiştiğini göstermektedir. Bu yüzden, güvenilir veriyi taklit ederek vermekten ziyade, bu rapor her durumda sorulması gereken soruların türünü örneklerle açıklamaya çalışmaktadır.

Teşekkürler

Bu raporun başlangıç noktası Philippe Durand, Willem Floor ve Robert van der Plas'ın desteğiyle Bernard Meunier tarafından hazırlanan bir ESMAP çalışma raporu (Meunier 1993) olup, adı geçen herkese minnettarlıkla teşekkür ederim. Bu raporun yazılmasında cesaretlendirmesi ve tavsiyesi nedeniyle Willem Floor'a tekrar teşekkür ederim.

Bu raporun ilk hali üzerinde ayrıntılı, faydalı ve yumuşak eleştirileri ve sağladıkları çok miktardaki bilgi için dünya Bankası'nda Asya Alternatif Enerji Birimi (ASTAE) üyeleri Peter Ahm, Douglas Barnes, Dick Dosik, David Hancock, Dolf Noppen, Robert van der Plas, Ernesto Terrado, Loretta Schaeffer, Mac Cosgrove-Davies, Anil Cabraal ve Frans Niewenhout'a da çok teşekkür ederim.

Bu raporun basımını Paul Wolman yönetti; Caroline McEuen ilk kopyanın düzeltmelerini yaptı; ve Carole-Sue Castronuovo sözcük-işleme görevlerini yürüttü.

Güneş Işığından Elektrik Enerjisi Üreten (Photovoltaic) Teknoloji

PV teknolojisi geçen yirmi yıl içinde hızlı bir şekilde gelişti – ABD uzay programına hizmet veren küçük-ölçekli uzman bir endüstriden kabaca yıllık getirisi yaklaşık 800 milyon ABD\$ ve yıllık üretimi yaklaşık 60 milyon optimum watt (MWp) (Barlow, Derrick ve Gregory 1994) gücüne ulaştı. Geçtiğimiz birkaç yıl içinde endüstride önemli bir ticari silkinme ve konsolidasyon/birleşme görüldü. Birleşmelerin ve satın almaların bir değişikliği yaşandı ve bazı tanınmış isimler ortadan kayboldu veya artık bağımsız değil. Örneğin, ARCO Solar'ı Siemens ele geçirdi.

Parçaları için uluslararası olarak kabul edilmiş standartları ve şartları ile, PV teknolojisi şimdi olgun bir seviyede mütalâa edilebilmektedir. Devam eden araştırma ve geliştirme çalışmaları sürekli teknik ilerleme ve imalât maliyetlerinde düşüşler sağlayacaktır. Ancak, endüstrinin büyüklüğü ve üretim fabrikasında hali hazırda yapılan yatırımların ölçeği ürün piyasasında daha fazla atalete veya durağanlığa neden oldu. Firmalar yeterli bir getiriyi görmeden önce üretim fabrikasında yaptıkları büyük yatırımları kâr-zarar hesabına geçirmede isteksizdir. Piyasa düzeyinde PV teknolojinin belli başlı ana hatları şimdi on yılın geriye kalan zaman diliminde daha kesin olarak çıkarılır.

Güneş Enerjisinin Elde Edilebilirliği

Her yerde, gelişmekte olan dünyaya güneş enerjisi oldukça güzel bahşedilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin pek çoğu tropikal kuşağın sınırları içindedir veya tropikal kuşağa çok yakındır ve büyük güneş enerjisi alma imkânına (toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarı) sahiptirler. Ayrıca, onlar en iyi ve en kötü aylar arasında %25'lik zaman diliminde toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarı açısından sadece küçük mevsimsel değişimleri yaşarlar, hatta yağışlı mevsimde bile, tropikal ülkelerde günlerin büyük çoğunluğunda bir hayli parlak güneş ışığı vardır. Bu durum kuzeyin endüstrileşmiş ülkeleri ile bariz bir şekilde tezat teşkil eder. Söz konusu ülkelerde güneş enerjisinde yaz-kış değişmesi ekonomik bir şekilde güneş enerjisinden yararlanmayı engelleyen en önemli engellerden biridir.

Bununla beraber, açık-gökyüzü koşullarında bile, değişkenlik güneş enerjisinin en önemli özelliğidir. Bilinen herhangi bir noktada, toprağa ulaşan günlük toplam

güneş enerjisi miktarı şafak sökerken sifıra yakın bir miktardan başlayarak öğle vakti en yüksek seviyeye ulaşır ve daha sonra yine gün batışında sifıra yakın azalır. Genellikle, tropikal kuşakta açık-gökyüzü koşulları altında yatay bir yüzey üzerindeki en fazla güneş enerjisi yoğunluğu metrekare başına **1 kilovattır (kW/m²)**. Bunun yerini tutan günlük toplam enerji miktarı metrekare başına yaklaşık **5 kilovat saattir (kWh/ m²)**. Havanın fevkalade açık olduğu yerlerde (örneğin, Namibya gibi bir çöl ülkesinde) bu miktar yaklaşık 7 kWh/ m²'ye kadar çıkar; biraz sisli veya tozlu koşullar altında, toplam enerji yoğunluğu muhtemelen 4 kWh/ m² civarında olacaktır.

Gelişmekte olan dünyada güneş enerjisinin genel bolluğuna rağmen, önerilen her PV yerinde kabul edilen toplam güneş enerjisi miktarının koşullarını her zaman kontrol etmek gereklidir. Örneğin, Pakistan'da ortalama günlük toplam enerji miktarı genellikle 5-6 kWh/m² aralığındadır. Benzer şekilde, Kenya'nın hemen hemen birbirinden sadece birkaç yüz kilometre (km) uzaklıkta olan iki bölgesinde, Nyeri ve Lokori Turkana, toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarı neredeyse iki kat farklılık gösterir – Nyeri'de 4.09 kWh/m² iken Lokori Turkana'da 7.56 kWh/m²'dir.

Yine, işe yarar güneş enerjisi çok önemli kısa-dönemli dalgalanmaların da etkisi altında olabilir. Yağışlı mevsimde ortaya çıkan aşırı bulutlu hava toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi seviyesini en yüksek miktarın küçük bir parçasına düşürebilir. Aynı şekilde, Güney Afrika'da Harmattan kasırgasının en tozlu zamanında yapılan ölçümler işe yarar güneş enerjisinde %70 azalmaların olduğunu ortaya çıkarmıştır. Mevcut yerleşim ortamındaki faktörlerin de hesaba katılması gerekir. Bir bina, bir ağaç veya bir dağ günün büyük bir bölümünde bir sistem üzerinde doğrudan yayılan güneş ışığının önemli bir kısmını kesebilir.

Her ne kadar toprağa ulaşan en yüksek günlük güneş enerjisi değerleri güneş enerjisinden yararlanma durumunu artırsa da, birçok PV tesisatının tasarımında can alıcı parametre maksimumdan ziyade minimum güneş enerjisi değerlerinin olduğu periyottur. Bu parametre tesisatın PV bileşenlerinin büyüklüğünü ve enerji talebini karşılamak için ihtiyaç duyulan enerji depolama miktarını belirler. Bu yüzden bir yıl boyunca toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarının incelenmesi bütün güneşe dayalı enerji sistemleri için gerekli bir tasarım aşamasıdır.

PV Sistemini Oluşturan Parçalar

Tüm PV sistemleri, PV güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelere dayanır. İmalât aşamasında, PV güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren

üniteler kapsüllerin (modules) içine monte edilir ki, bunlar da sırasıyla yerleştirilecek alandaki destekler üzerine dikilen düzen içinde monte edilir.

Nihâî bir kullanım için elektrik vermek üzere tamamlanmış bir PV sistemi, onun PV dizisine ek olarak onu oluşturan parçaların bir karışımına sahiptir. Bunlar çoğu kez toplu bir şekilde sistemi dengeleyici (BOS) parçalar olarak kabul edilir. Sisteme bağlı olarak, BOS parçaları/bileşenleri bir depolama akümülatörü (akü); bir şarj regülatörü (yine bir yük regülatörü veya şarj regülatörü olarak zikredilmektedir); bir çevirici; kapsül payandaları; ve kabloların, klipslerin, bağlantı elemanları, devre anahtarları, bağlantı kutuları (buat) ve diğer küçük elemanların bir karışımını içerebilir. Bir PV sisteminde BOS parçaları genellikle bir tesisin toplam maliyetinin %40-50'sini teşkil etmesine rağmen, BOS parçaları PV kapsülleri kadar aynı dikkati çekmez. Ayrıca, bu parçalar sistemin başarılı işlemesi için hayati önem arz eder. Tesisat hatalarının PV kapsüllerindekilerden daha çok öbür BOS parçalarındaki bozuklukların bir sonucu olarak ortaya çıkması muhtemeldir.

Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren PV Üniteleri (PV Cells)

Her ne kadar malzemelerin bir karışımı esas itibarıyla PV güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin yapımında kullanılabilse de, bugün ticari olarak üretilen tüm güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler için silikon/silisyum hemen hemen temel malzemedir. Üç tür silikon güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler üretilmektedir: kristalli, çok kristalli ve şekilsiz. İki kristalli türler toplam dünya üretiminin yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturmaktadır; şekilsiz güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler geriye kalan kısmı teşkil etmektedir.

Tek kristalli güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin imalatında, tek parça geniş bir silikon kristali, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin yapımında ihtiyaç duyulan ince silikon (*üzerinde çok kısımlı elektronik devre bulunan silikon parçası*) parçaları halinde kesilir. Bu işlem yavaş, maliyetli ve savurgan bir yöntemdir, fakat onun faydası fazlasıyla kanıtlanmıştır. Tek kristalli silikondan yapılmış deneysel güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler %23'e kadar randımanlıdır (Green ve Emery 1994), oysa piyasada satılanların randımanı yaklaşık %15 civarındadır. Çok kristalli güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler bir maden ergitme kabında (pota) soğutulmuş olan bir silikon bloğundan veya külçesinden kesilir. Bu teknoloji de zaman içinde kendisini

kanıtlamıştır. Ticari olarak satılan güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler belirgin bir biçimde %12-13 arasında randımanlı olmasına rağmen, deneysel güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler yaklaşık %17 randımana sahiptir.

a-Si olarak da anılan, şekilsiz (amorf) silikon 1980'lerin ortalarında büyük ölçüde kullanım alanına girdi. Üretim teknolojisi kristalli güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler imalatında kullanılan kesme yönteminden daha ucuz ve daha az savurgandır. a-Si güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteleri üretmek için muhtelif teknolojiler kullanılmaktadır. Bazı teknolojilerde, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin malzemesi döküm silikondan bir şerit olarak alınmaktadır; bazı teknolojilerde de, doğrudan doğruya camdan bir arkalığın üzerine konulmaktadır. Bununla birlikte, deneysel değerleri %12-13 aralığında olmasına rağmen, a-Si güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler kristalli türlere göre daha az randımanlıdır. Ayrıca, a-Si güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler parlak güneş ışığı altında bazı fiziksel özelliklerini kaybetme (veya ayrışma) konusunda son derece hassastır ve umumiyetle istikrar kazanmış randımanları sadece %4-5'dir. Bu güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin en önemli kullanım alanı, güneş-enerjili elektronik hesap makinaları, kol saatleri ve diğer benzeri aletleri çalıştırmak için ihtiyaç duyulan küçük miktarda elektrik akımının tedarik edilmesindedir.

Bir kere üzerinde çok kısımlı elektronik devre bulunan silikon parçası yapıldıktan sonra, onlar bir sürü işleme tabi tutulur ve en sonunda bizzat PV güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin içinde monte edilmiş olarak imâl edilirler. Çok sayıda güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler yumuşak plastik içine gömülür ve sert plastikten bir arkalığı ve bir kapsül (*modül*) oluşturmak için takviyeli bir cam kapağı olan bir alüminyum çerçeve içine oturtulur. Kapsülün elektrik akımı çıkış gücü standart laboratuvar koşulları altında (25 °C'lik bir çevre sıcaklığında yatay bir yüzey üzerinde 1 kW/m²'lik elektrik akımı üreten güneş enerjisi miktarı) watt olarak (Wp) azami çıkış gücü cinsinden ifade edilir ve ekseriyetle 5-50 Wp aralığındadır.

Tek kristalli ve çok kristalli güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler PV endüstrisinin beygirleri olarak tasvir edilmiştir ve bu günlerde onlar dışarıda yapılan hemen hemen tüm PV uygulamalarını oluşturmaktadır. Her ne kadar gelecek dört veya beş yıl içinde ucuz, randımanlı ve kabul edilebilir bir şekilde sağlam

amorf/şekilsiz silikon güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin piyasaya çıkacağı çok muhtemel olsa da, gelecek on yıl içinde onların büyük ölçüde dışarıda yapılan uygulamalarda kullanılan kristalli güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin yerini alması mümkün değildir.

1980'li yılların ortalarından evvel, PV güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteleri ve kapsülleri (modül) bazı dayanıklılık problemleri göstermiş olmalarına rağmen, bu sıkıntılar genellikle aşılmıştır ve bunların büyük çoğunluğu şimdi memnun edici bir şekilde görevini yapmaktadır. İtibarlı üreticiler ürettikleri kapsüllerin şimdi 1-20 yıl ömürlü olmalarına güvenebilmektedir. Birçok üretici en az on yıllık bir garanti vermektedir. Buna karşın, amorf güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler için garanti genellikle 2-3 yıl arasındadır.

Silikon güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler ilk piyasaya çıktığında, 1970'lerdeki son derece yüksek seviyede olan, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin fiyatları sürekli aşağıya düşmüştür. Şu anda, oldukça büyük kristalli silikon kapsülleri siparişleri için fabrika dışı fiyat yaklaşık 4.00 – 5.00 ABD\$/Wp'dir. Donatıların monte edilmiş (kurulu) fiyatları taşıma ve işçilik maliyetleri, kâr hadleri, siparişin büyüklüğü ve bir sürü diğer faktörlere bağlıdır ve 7.00 – 8.00 ABD\$/Wp'dan aşağı olması mümkün değildir. Gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanlarından gelen küçük siparişler için, fiyatlar muhtemelen 10.00 ABD\$/Wp'ın üzerinde ayarlanacaktır.

Donatıların bakım ihtiyaçları basittir. Yapılması gereken temel bakım, yüzeyi temiz tutmak olacaktır. Yüzeyin çok az tozlanması bile toplam elektrik akımının azami çıkış gücünü önemli ölçüde azaltabilir. Ayrıca, donatıların üzerine düşebilen kuş pislikleri ve yaprak gibi küçük nesnelere ortadan kaldırılması da önemlidir. Söz konusu nesnelere sadece bazı güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteleri gölgelemekle kalmaz, aynı zamanda üniteler diğer güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin sağladığı enerji ile aşırı ısınmış hale gelebilir ve bu durum her zaman için zarar verebilir (Burton 1992). Yine donatının tamamen bir şeylerle karartılmamış olduğundan emin olmak esastır; Küçük bir karartılmış alan bile elektrik akımının azami çıkış gücünü %50'ye kadar azaltabilir.

Akümülatörler

Enerji taleplerinin (üretilene göre) azlığı güneşin tam olarak işe yarar durumda olmasının sonucudur; bu sebepten, PV sistemleri tarafından üretilen elektrik akımı

genellikle istendiği zaman kullanmak için depolanmalıdır. İhtiyaç duyulan depolamanın kesin miktarı kullanıcı için arzın sürekliliğinin önemine bağlıdır. Örneğin, bir ev sahibi bulutlu havalarda lambaların ve TV'nin kullanımı için elektrik akımının kesilmesini göze alabilmesine rağmen, bir telekomünikasyon röle istasyonu veya bir sağlık ocağında PV ile çalışan bir soğutucu gibi çok önemli bir uygulamada güneş ışığının az geldiği muhtemel dönemlerde veya bir PV sisteminde geçici bir kesilmenin tamamını karşılayacak şekilde yeterli miktarda elektrik akımı mutlaka depo edilmelidir. Bir sistemin herhangi bir güneş enerjisi girdisi olmadan çalışmasının tasarlandığı genellikle gün cinsinden ölçülen bu zaman uzunluğuna onun *kendi kendini idare etme dönemi* denilmektedir.

PV sistemleri genellikle 12 voltluk kurşun-asit akümülatörleri kullanır. Daha fazla pahalı, yeniden şarj edilebilir nikel kadmiyum akümülatörleri çoğu kez yeniden şarj edilebilir lambalar gibi sadece küçük uygulamalarda kullanılır. Standart oto akümülatörleri (aküleri) çok sık kullanılmaktadır, ancak onların zayıf tarafları mutlaka akılda tutulmalıdır ve sistemin tasarımında bağdaştırılmalıdır. Bazı üreticiler popüler adıyla güneş enerjisine dayalı aküler (*solar batteries*) satmaktadır; bu aküler de kurşun-asit tipindedir fakat onların tasarımında yapılan bazı tadilatlar onları güneş enerjisine dayalı bir tesisattaki çalışma koşullarına daha uygun hale getirmektedir.

Oto akülerini PV sistemlerinde kullanmada ortaya çıkan sorun, onların güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV sistemlerinde kullanmaya göre tasarlanmamış olmalarıdır. Bu aküler bir araçta normal kullanımda, marşa basıldığı zaman akü az miktarda elektrik akımı boşaltır ve motor bir kere çalıştıktan sonra akünün şarjı çabuk eski haline gelir. Böyle durumlarda, kurşun-asitli oto aküleri üç veya dört yıl veya daha fazla dayanabilir. Ancak aynı akü düzenli olarak yüksek boşalmaya maruz kalırsa, onun ömrü büyük ölçüde azalır (%75'lik düzenli boşalma ile ömür yaklaşık beşte bir olup, periyodik boşalma olduğu zaman ise %10'dur). Bunun dışında, eğer akü tamamen bitinceye kadar boşaltılırsa, ciddi ve vahim hasar verilir. Kapalı veya "bakım istemez" aküler özellikle ciddi boşalmalardan zarar görebilir ve onlar aynı zamanda büyük sıcaklık değişmelerinden zarar görme olasılığı yüksektir; bu nedenle birçok PV sistem tasarımcısı sıcak ülkelerdeki PV uygulamalarında onların kullanımı aleyhinde tavsiyede bulunmaktadır. Netice itibariyle, her ne kadar oto aküleri PV tesisatlarında tatmin edici bir şekilde çalışabilseler de, sistem tasarımında ve çalıştırılmasında büyük dikkat gereklidir.

“Solar” aküler, oto akülerinin bazı zayıf taraflarını bertaraf etmek için tasarlanmıştır. Solar aküleri oto akülerinden daha fazla miktarda bir asit çözeltisini bir arada bulundurur ve ilaveten daha fazla miktarda aktif madde içerir. Bu durum onların normal PV uygulamalarının şarj olma ve boşalma devrelerinde daha dayanıklı olmalarını sağlar. Eğer bu aküler yavaş yavaş boşaltılırsa, önemli miktarda ekstra kapasite yaratırlar. Kısaca C100 olarak adlandırılan, 100-saat üzerinde bir kullanım (boşalma) kapasitesi, C8 veya C10 olarak bilinen 8-saatlik veya 10 saatlik kullanım kapasitesinin genellikle iki katıdır. 8-saatlik veya 10-saatlik kullanım kapasiteleri mutlaka eve ait PV sistemlerinin tasarımında kullanılmalıdır, fakat 100-saatlik kapasite maksimum emniyet tedbirlerinin gerekli olduğu bir telekomünikasyon uygulamasında uygun olabilir ve akünün depolama kapasitesi PV sisteminin ihtiyacını bir hafta karşılamaya mutlaka yeterli olmalıdır.

Akü ömrü ve akünün depolama büyüklüğü arasında faktörlerin bir dengesi vardır. Sağlanan daha büyük miktarda depolama kapasitesi, daha düşük seviyede boşalma ve daha uzun ömürlü bir akü demektir, fakat daha yüksek bir başlangıç maliyeti anlamına gelir. Genellikle, bir eve ait PV teçizatında akü kapasitesi ev sahibinin günlük elektrik tüketiminin yaklaşık beş katı olmalıdır. Normal toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarı koşullarında, bu durum boşalmayı yaklaşık %20'ye kadar sınırlar (yani akünün en fazla %20'si boşalır). Bununla birlikte, satıcılar ve alıcılar her zaman bir PV tesisatının başlangıç maliyetini azaltmak için aküyü normalden daha küçük kullanmaya özenirler. Kullanıcılar da uygun biçimde tasarlanmış bir sistemdeki aküyü değiştirme zamanı geldiğinde daha küçük boyutlusunu monte etmeye masrafları kısmaya özenirler.

Akülerin bakım ihtiyaçları zahmetli değildir, fakat bakım mutlaka yapılmalıdır. Akü mutlaka damıtık (saf) su ile dolu tutulmalıdır ve nem oranı düşük olan sıcak alanlarda kurulan PV tesisatlarında bunun yapılması özel önem taşır. Mutlaka damıtık su kullanılmalıdır, çünkü saflığı bozan maddeler aküye zarar verebilir; gelişmekte olan dünyanın uzak kırsal alanlarında damıtık/saf su bulma güçlüğü küçümsenmemelidir. Akünün kutup başları temiz tutulmalıdır ve altı ayda bir veya yılda bir vazelin sürülmelidir. 30 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda akünün ömrü ve performansının önemli ölçüde düşmesi nedeniyle, akü her zaman serin ve çok iyi havalandırılmış bir yere yerleştirilmelidir.

Akülerin ömürleri büyük ölçüde bakım durumlarına bağlı olarak değişir. Bir sistem için tasarlanan ve çok iyi bakılan bir durumda, bir oto aküsü 4–5 yıl dayanabilir, fakat umumiyetle 1-2 yıllık bir ömrü vardır. Dikkatli bakımla ve boşalma seviyeleri yaklaşık %15'i geçirilmediği takdirde, “solar” aküleri için 8-10 yıllık bir dayanma ömrü beklentisi gerçekleşebilir, fakat gelişmekte olan dünyada normal çalışma koşullarında yaklaşık beş yıllık bir ortalama ömür daha gerçekçidir.

Akü kapasiteleri amper saat (Ah)¹ cinsinden ölçülür ve PV uygulamalarında kullanılan aküler yaklaşık 15-300 Ah arasında değişmektedir. Akü maliyetleri akünün kapasitesi yanında kullanılan malzemenin kalitesi ve yapım kalitesine bağlıdır. Değişen işçilik ve malzeme maliyetleri veya piyasadaki rekabetin dereceleri nedeniyle, ülkeler arasında önemli farklar bulunabilir. Oto aküleri genellikle yaklaşık 1.00 \$/Ah'e mal olmaktadır, fakat önemli değişimler vardır. İyi kalite solar aküleri galiba yaklaşık en fazla 2.00 \$/Ah'e mal olmaktadır.

Sistemi Dengeleyen Diğer Unsurlar

Aküyü aşırı şarjdan ve cereyan boşalmasından korumak için **elektronik bir şarj regülatörü** kullanılır. Evlerdeki PV sistemlerinde kullanılan elektronik şarj regülatörleri şarj seviyesine bağlı olarak akünün voltajının düştüğünün veya yükseldiğinin tespitinde iş görmektedir. Voltaj tamamen şarjlı akü seviyesinin üzerine çıktığı zaman, regülatör PV donatısından voltajı keser; yine voltaj kabul edilebilir boşalma seviyesinin altına düştüğü zaman regülatör yükü keser.

Şarj regülatörlerinin gelişmişlik seviyesi ve buna bağlı olarak onların sağladığı koruma oldukça değişme gösterir. Ucuz modeller ekseriyetle aşırı yükten korumak için yükün kesilmesi gerektiği zaman kararı kullanıcıya bırakarak, sadece aşırı yükten koruma özelliğine sahiptir. Eğer yeterli büyüklükte bir akü kullanılıyorsa ve sistem yönetiminde tedbir alınıyorsa bu bir sorun yaratmaz, aksi halde akünün ömrünün kışalmasına yol açması mümkündür. Bazı şarj regülatörlerine sıcaklık algılayıcıları takılmış olup, eğer akünün sıcaklığı 30 °C'yi geçerse, şarj olan voltajın azaltılmasına izin vermektedir ve böylece akünün zarar görmesine karşı ek bir koruma tedbiri sağlamaktadır.

Şarj regülatörlerinin maliyetleri genellikle özelliklerine, imalât yerine göre değişir. Endüstriyel dünyada üretilen gelişmiş özelliklere sahip regülatörlerin fiyatları 100 \$ ve

¹ Watt-saat cinsinden kapasite amper saat cinsinden kapasitenin voltajla çarpılması ile elde edilir. Örneğin, 100-Ah 12-voltluk akü tam olarak şarj edilmiş 1.200 Wh'lik kapasiteye sahiptir.

üstündedir, oysa gelişmekte olan dünyada üretilen ve sadece aşırı yüke karşı koruma sağlayan modeller 10 \$ kadar bir paraya bulunabilmektedir. şarj regülatörlerini çoğu kez daha ucuz PV tesisatlarına monte etmekten kaçınılmaktadır.

PV sistemleri çoğunlukla 12 voltluk bir doğru akım üretmek için tasarlanır. 220 voltluk bir dalgalı akımın gerekli olduğu durumda, bu bir elektronik adaptörle (çevirici) sağlanabilir. Bir elektronik adaptör kullanılması ile %15'e kadar varan önemli bir güç kaybı meydana gelebilir, ancak bu tür bir akım standart ev aletlerinin kullanılmasına imkân vermektedir. Bununla birlikte, PV sistemleri ile standart ev aletlerini kullanmanın önemli sıkıntılarında birisi, birçok ev aletinin enerji randımanı dikkate alınarak tasarlanmamış olmasıdır. Bu durum ana elektrik şebekesine bağlı tüketiciler için önemli bir problem değildir. Buradaki tek etkisi aylık faturaya ekstra bir miktar kilovat saat ilavedir. Enerji düşüklüğünün ihtiyaç duyulan kapsüllerin alanını ve sistemin toplam maliyetini önemli ölçüde artırması durumunda, onun bir PV sistemine önemli bir etkisi vardır.

Sistemi dengeleyici diğer unsurlar; kablolar, bağlantı elemanları, devre anahtarları (şalterler), bağlantı kutuları (buatlar), elektrik sigortaları ve diğer küçük kalemlerden oluşur. Bunlardan birçoğu açık alanda monte edilmiştir ve bu yüzden sert hava koşullarına maruz kalır; eğer sistemin iyi çalışması isteniyorsa, bu elemanların mutlaka iyi kaliteli ve dikkatli bir şekilde yerleştirilmiş olması gerekir. Çürük veya hasarlı bağlantılar sisteme verilebilecek elektrik miktarını azaltır ve sistemin bütünüyle işlemez hale gelmesine neden olabilir. şimşekli, yıldırım fırtınaların yaygın olduğu yerlerde, sistemler için paratoner görevi gören iletkenlere gereksinim duyulabilir.

Teçhizat için payandalar sisteminin doğru biçimde tasarlandığından ve inşa edildiğinden emin olmak da önemlidir. PV donatısı bir binanın çatısına kurulacağı zaman, hava dolaşımına imkân vermek ve aşırı sıcaklık oluşmasını önlemek için (PV donatısı) çatı yüzeyinden kısa bir mesafe yukarıya kaldırılarak kurulmalıdır. Ayrıca, PV donatıları, alanı etkilemesi muhtemel en güçlü rüzgarların uçurma/yukarı kaldırma etkilerine mukavemet etmeye yetecek kadar mutlaka sıkı bir şekilde bağlanmalıdır. Bazı Asya ve Pasifik ülkelerinde, bu durum sistemin mutlaka kasırga gücündeki rüzgarlara dayanacak şekilde tasarlanmasını ifade eder. Düzenli temizleme işlemleri kesinlikle yapılmalıdır. Donatıların yere monte edildiği durumlarda, onlar mutlaka

ekseriyetle betondan olmak üzere sağlam temeller üzerine inşa edilmeli ve onları insanlardan ve hayvanlardan korumak için muhafazalı bir parmaklık içine alınmalıdır.

Uygulama Alanında Randıman Oranları ve Elektrik Akımının Çıkış Gücü

PV sistemlerinin uygulama alanındaki toplam randıman oranları (verim oranları) kapsüller (modül) için laboratuvarda belirlenen randıman oranlarından oldukça düşüktür. Örneğin, standart laboratuvar test sıcaklığı olan 25 °C'nin üzerindeki her 1°C artış için güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin randıman oranı yaklaşık %0.5 düşer. Bu durum öğle sıcaklığının sık sık 30 °C'yi geçtiği ve kapsüllerin çoğunlukla 60 °C ve daha yüksek sıcaklığa sahip olduğu bir çok tropik ülkede gerçekten önemli olabilir. Toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarının azami olduğu koşullarda, söz konusu aşırı sıcaklık güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren üniteler randıman oranında %20'ye kadar bir düşüşe yol açabilir.

Ticari olarak piyasada bulunan tüm güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ünitelerin teknoloji ve alet itibarıyla belirli bir zamanda ulaşılan en üst gelişme düzeyinde randıman vermediğini hatırlatmakta fayda vardır. Bu özellikle piyasadaki daha ucuz ürünler için söz konusudur. Birçok ucuz fiyatlı kapsüller, daha yüksek-kaliteli ürünlere geçiş yapan üreticiler tarafından indirimli fiyatlarla eski stoktan verilen ürünlerden oluşmaktadır. Ayrıca kablolardan, devre anahtarlarından, elektrik yükü regülatörlerinden ve diğer elemanlardan da kayıplar olur. Bu nedenle kablo uzantıları mümkün olduğu kadar kısa ve kablo çapları uygun ebatta tutulur; uzun, ince ve ucuz kabloların kullanılması önemli kayıplara neden olabilir. Gevşek veya paslanmış bağlantılar da bu kayıpları artırır. Tozlar ve gölge yapan pislikler de sistemin performansını onun nazarî maksimum değerinin altına indirir.

Kapsüllerin elektrik akımı çıkış gücü için kabul edilen toplam %10'luk bir kayıp, çoğunlukla başlangıçta sistemin enerji verim gücünün hesaplanmasında biraz iyimser bir varsayım olarak alınmaktadır. Cereyanı şarj etme-boşaltma devresinin genel toplam randımanı (verimliliği) yaklaşık %80'dir, ancak akü eskidikçe kayıplar önemli ölçüde daha büyük hale gelebilir. Bu yüzden, üreticiye verilebilir nihai elektrik akımı çıkışı kapsülün kabul edilen çıktısından türetilen değer yaklaşık %70'idir. Bu kayıpların etkisi metre kareye 1.000 wtlık (W/m^2) öğle güneşinin düştüğü ve günlük ortalaması 5 kWh/m² olan bir alanı dikkate alarak görülebilir. Bu koşullar altında 100 Wp'lik bir kapsülün günlük nazarî elektrik akımı çıkışı 500 vat saattir (Wh). Donatı ve tel kayıpları için %10 ayırırsak, bu miktar akü depolamasından önce 450 Wh'ye

düŖer. Akünün dolmasından sonra, aydınlatma ve elektrikli aletler için verilebilecek net miktar günlük yaklaşık 360 Wh'dir.

PV Sistemlerine Değer Biçilmesi

PV sistemlerine değer biçilmesi teknik analiz sonucu verilecek bir karardır. Emniyet ve güvenilirlik para harcamayı gerektirmektedir. Daha yüksek güvenilirlikte ve daha geliştirilmiş ürün görüntüsünde, daha yüksek tasarım standartlarının yararları her zaman mutlaka sistemler için artan maliyet ve daralan piyasa karşısında dengeli olmalıdır. PV sistemlerinin daha geniş kullanımı için temel engelin başlangıç maliyetleri olması nedeniyle PV sistemlerinin satıcıları ve teşvikçileri sistemdeki marjları azaltarak söz konusu maliyetleri asgari seviyede tutmaya özendirilmektedir. Normalden daha küçük bir donatısı, ucuz bir oto aküsü olan ve şarj regülatörü olmayan sistemler, daha yüksek bir seviyede performans ve güvenilirlik sağlamak için tasarlanmış sistemlerden daha ucuza satılabilir.

PV sistemlerinin başlangıç değerinin biçilmesi için altı-aşamalı basit bir tasarım yöntemi South Pacific Institute for Renewable Energy (Güney Pasifik Yenilenebilir Enerji Enstitüsü) tarafından Pacific Energy Development Programme (Pasifik Enerji Geliştirme Programı) ile işbirliği içinde geliştirilmiştir. (Liebenthal, Mathur ve Wade 1994'te yer verilmiştir). Teknik 1987'den beri başarılı bir şekilde kullanılmıştır ve oldukça muhafazakar bir değer biçme metodolojisi vermektedir. Hesaplama yöntemi, herhangi bir yerde toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisi miktarının kullanılabilir elektrik akımına dönüştürülmesinde belirgin biçimde ortaya çıkan tüm kayıpları hesaba katan, bir *üretim katsayısına (a generation coefficient)* güvenir. Üretim katsayısı bir yerde veya benzer yerlerde gerçek performans ölçümlerine dayanır ve donatının belirlenen her bir azami vat değeri için günlük vat saat cinsinden ifade edilir. Başka bir ifade ile, üretim katsayısı çalışır durumda olan gerçek sistemlerin performansını etkileyen tüm faktörleri hesaba katan tecrübeye dayalı sebep-sonuç ilişkisi araştıran (pragmatic) bir ölçüdür. Küçük Pasifik adaları için, üretim katsayısı 3.43'dür; 100-Wp'lik bir panel bu nedenle tipik bir solar ev sisteminde günde 343 Wh'lik kullanılabilir elektrik akımı üretir.

Eninde sonunda, sistemin tam fonksiyonel olarak düzenlenmesi ile ilgili karar tasarımcı veya satıcının elinde olacaktır. Piyasa tecrübesi ile, müşteriler er geç teçhizatın performansı konusunda kararları verebilecek duruma gelecekler ve motorlu araçların ve diğer tüketim mallarının olması durumunda da maliyet ve

performans arasındaki dengeleyici faktörleri dikkate alacaklardır. Bununla birlikte, şu anda ister özel şahıs olsun, ister destek veren yardım kuruluşları olsun veya hükümetler olsun PV teçhizatını satın alıcı olarak almakta oldukları sistemin gereğinden fazla veya eksik tasarlanmış veya uygun şekilde fiyatlandırılmış olup olmadığını tespit etmeleri son derece zordur.

PV Takımları ve Sistemler

Bir PV sistemini tamamlayan parçalar niyet edilen uygulamaya bağlı olarak muhtelif şekillerde monte edilebilir. Bu monte edilecek parçalar veya takımlar dört genel kategoriye ayrılabilir. Bunlar; çoğunlukla konuta dönük solar sistemler (SHS) için önerilen ev içi kullanım amacıyla tasarlanan aydınlatma ve az güçle çalışan takımlar; su pompalama sistemleri; aşı soğutucuları ve küçük portatif lambalar veya fenerlerdir. Çok sayıda ülkede araba aküsü kullanmak için PV aküsünü şarj eden sistemler de monte edilmiştir. Dünyanın farklı bölgelerinde tanıtım projeleri olarak, az sayıda merkezi, köy düzeyinde PV tesisleri de inşa edilmiş bulunmaktadır.

Solar Ev sistemleri ve Solar Fenerler

Solar ev sistem takımları bir kapsül (modül), elektrik yükü regülatörü, bir veya birkaç lamba ve bir elektrik prizinden müteşekkildir. Çok temel bir SHS takımı (kiti) 10-Wp'lik bir kapsüle ve 8-Wp'lik bir lambaya sahiptir ve her akşam yaklaşık 4 saatlik bir aydınlatma sağlayacaktır. Makul şekilde güneşten faydalanma koşulları altında, yine 20-Wp'lik bir takım (kit) bir elektrik prizi içerir ve daha öncekinin iki katı, 70-80 Wh elektrik enerjisi verecektir. Bu takım iki lambaya veya bir lamba ve bir radyo-kaset çalara yaklaşık dört saat yetecek kadar elektrik sağlayacaktır.

Orta-büyükte tipik bir SHS takımı 50-Wp'lik bir kapsüle sahip olup, günlük olarak yaklaşık ortalama 180 Wh elektrik enerjisi sağlar. Bu durum hanehalkı için seçenekleri epeyce artırır. Örneğin, bu takım üç veya dört lamba ve bir radyo kaset çalar için dört veya beş saat yeterlidir. Aydınlatmada kullanılan elektrik miktarını azaltarak, ev sahibi birkaç saat küçük bir siyah-beyaz televizyonu kullanabilir. SHS takımlarının üst sınırına doğru, iki tane 50-Wp'lik kapsülü olan bir takım günlük 360 Wh'ye kadar elektrik enerjisi verecektir ve hanehalkına önemli ölçüde esneklik sağlar. Bu durumda, küçük bir renkli televizyonun kullanılması bile söz konusu olabilir.

Her ne kadar bazı şarj edilebilir PV fenerleri (lantern) bir kurşun-asitli aküye sahip olsa da, şarj edilebilir PV fenerleri çoğunlukla bir nikel-kadmiyum aküye sahiptir; 2.5-Wp'den 10-Wp'ye kadar değişen bir kapsül; ve 5-vattan 10-vata kadar değişen bir

flüoresans lambadan oluşur. Bunlar normal gün ışığında yeniden şarj olur – daha parlak olan daha iyidir – ve iki saatten dört saate kadar ışık verir. Bazı tiplerin kendi PV kapsülü (modülü) yoktur fakat 10-Wp'den 25-Wp'ye kadar değişen sabit bir modülden yeniden şarj olabilir şekilde dizayn edilmektedir.

Geçtiğimiz birkaç yıl içinde SHS'lerin fiyatları önemli miktarda düşmüştür. Tablo 1.1 örnek olarak seçilen gelişmekte olan ülkelerde, bir dizi SHS'nin son zamanlardaki kurulu şeklindeki fiyatlarını göstermektedir. Görüleceği üzere, ülkeler arasındaki değişme miktarları büyüktür – örneğin, Kenya'da veya Sri Lanka'da 53-Wp'lik bir sistemin fiyatı Endonezya'daki fiyatın yaklaşık üç katıdır. Ancak ürünün kalitesi; verilen akünün depolama kapasitesi; elektrik yükü regülatörünün türü, olsa bile; konusundaki genel bilgi eksikliği; ve diğer ilgili enformasyon eksikliği nedeniyle, böyle bir veriden az sayıda firma konusunda sonuç çıkarılabilir ve bu yüzden performans açısından sistemlerin karşılaştırılması mümkün değildir. Ülkeler arasında büyük fiyat değişmelerinin diğer nedenleri arasında vergi rejimleri, işçilik maliyetleri, kâr marjları ve piyasadaki rekabetin derecesi sayılabilir. Örneğin, Hindistan kendi yerli PV endüstrisini korumak için ithalata yüksek gümrük vergisi uygulamakta ve aynı zamanda perakende fiyatları yüksek tutmaktadır. Rekabetin olmadığı ülkelerde, özellikle yardım veren ülkenin imalâtçıları tarafından verilen teçhizatın olduğu yardıma bağlı programlarda bilhassa enflasyona yol açabilir.

Gelişmekte olan dünyada PV sistemlerinin uygulanabilme potansiyelini müzakere ederken böyle bir fiyat listesinin tümü bu nedenle mutlaka ihtiyatla kullanılmalıdır. Teçhizatın performans ve güvenilirliğini herhangi bir şekilde göz önüne almanın tamamen dışında, bir ülkedeki düşük fiyatlar başka bir ülkede yinelenmeyebilir. PV analizi hâlâ ayrı bir sanattır. PV sistemlerinin maliyet değerlendirmeleri ve alternatifleriyle karşılaştırmalar her zaman mutlaka onların kullanılacağı ülkelerdeki koşullara ve geçerli fiyatlara dayandırılmalıdır.

SHS'lerin taksitler halinde ödenmiş maliyeti, sistemi oluşturan elemanların başlangıç maliyeti ve ömrüne bağlıdır. Yine teçhizatın kalitesine ve onun montajına bağlı olarak, maliyetlerdeki değişmeler büyüktür. PV kapsülleri (modülleri) ortalama olarak 15 yıl gitmelidir. Şarj regülatörleri geçmişte sık görülen problemlerin bir kaynağı olmuştur, fakat şimdi iyi kaliteli olanlar yaklaşık on yıl dayanmaktadır. En büyük belirsizlik aküdür.

Tablo 1.1 Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkelerde Kurulu Şekilde PV Sistemlerinin Fiyatları

<i>Veri kaynağı (yıl)</i>	<i>Sistemin Tipi</i>	<i>PV sisteminin gücü (Wp)</i>	<i>Kurulu fiyat (US\$)</i>	<i>Vat başına fiyat (US\$)</i>
Kenya (1993)	SHS	53	1.378	26.00
Endonezya (1994)	SHS	50	420	8.40
Sri Lanka (1993)	SHS	20	300	15.00
	SHS	35	500	14.28
	SHS	53	1500	28.30
Filipinler (1993)	SHS	48	640	13.33
	SHS	53	900	16.98
Çin (1994)	SHS	20	160 -280	8.00 – 14.00
	SHS	10	93	9.30
Gambiya (1994)	SHS	15	560	37.00
	SHS	53	1.094	20.65
Meksika (1994)	SHS	50	700	14.00
Kyocera	Fener	3.6	70	19.45

Not: Tüm fiyatlara vergiler ve gümrük rüsumu dahildir. SHS = solar ev sistemi.

Kaynaklar: ASTAE (1995); World Bank/ESMAP (1994).

Tablo 1.2., aşağı yukarı orta-seviye fiyatları olan bir dizi takım için aylık taksit ödeme rakamlarını (amortisman) (Tablo 1.1’de verilen örneklere dayalı olarak) göstermektedir.

Tablo 1.2 Örnek PV Sistemleri için Aylık Amortisman (Ödeme) Maliyetleri

<i>Sistem tipi/gücü</i>	<i>Başlangıç maliyeti (US\$)</i>	<i>Ömür (yıl)</i>	<i>Akü maliyeti (US\$)</i>	<i>Aylık Amortisman (US\$)</i>
Fener (Işıldak)	70	5	BY	1.49
Kit @ 20 Wp	300	12	60	4.42
Kit @ 50 Wp	750	12	120	11.64
Kit @ 100 Wp	1.300	12	240	20.65

Not: BY=Bilgi Yok

Kaynak: Tablo 1.1

Kullanılan iskonto oranı %10'dur; fener (ışıldak) için 5 yıllık bir ömür ve diğer takımlar için 12 yıllık bir ömür kabul edilmiştir. Akü değiştirmelerinin her 4 yılda bir olacağı varsayılmıştır. Bu kabataslak ödeme rakamlarına dayalı olarak, tüketiciye verilen her kilovat saat için ortalama maliyet yaklaşık 2.00 \$'dır.

PV Pompalama Sistemleri

Esas itibariyle, bir PV pompalama sisteminin kurulması basittir. Bir PV pompalama sistemi, elektrik akımı üretmek için bir PV donatısı (komple bir ünite oluşturan elemanların bir grubu: array) ve bir su pompasından müteşekkildir. Uygulamada, ayrıntılı tasarım kararları mutlaka su kaynağına ve karşılanacak talebe uygun olacak şekilde verilmelidir.

Yedi metreye kadar olan derinlikler için, genellikle doğrudan doğruya PV donatısından güç alan, yüzeye kurulu, tek-aşamalı santrifüj bir pompa kullanılır. 20-40 metre derinlikler için ve günde 30 m³'den az miktarda su tedariki için, suya batırılmış karşılıklı hareket ederek tamamen birbirinin yerine geçen bir pompa alışıldığı şekilde kullanılır ve çoğunlukla jekpompa (jackpomp) diye anılır. Daha fazla miktarda su veya daha fazla pompalama derinliği için, genellikle suya daldırılmış bir motor ve pompa kullanılır; bu sistem çoğunlukla dalgalı akıma (alternating current) dayalı olarak çalışır ve ünitenin bir parçası olarak faz değiştirici şalter (inverter) gereklidir.

Aküler bazen PV pompalama sistemlerine dahil edilir. Aküler, güneşin en fazla geldiği dönemde pompalama kapasitesi kuyunun su verim miktarını aştığı zaman, elektriği depolayarak elektrik yükünü eşitler ve gün içinde daha erken ve daha geç vakitte depo edilen elektriğin kullanılmasına imkân sağlar. Bununla birlikte, aküler sisteme karmaşıklık ve maliyet getirirler.

Pompalamanın enerji ihtiyacı pompalanan suyun miktarına ve çıkarılacağı toplam yüksekliğe (*hidrolik zirve olarak bilinir*) bağlıdır. Günlük enerji ihtiyacını hesaplama formülü (herhangi bir sürtünme veya diğer kayıpları hesaba katmadan önce), E , aşağıda verilmektedir:

$$E = 2,725 HV$$

Burada H metre cinsinden hidrolik zirveyi, V metre küp (m³) cinsinden günlük su hacmini ve E vat saat cinsinden günlük enerji ihtiyacını göstermektedir. (Burada dikkat edilecek nokta bir m³ = 1.000 litre. Yukarıdaki denklemde yükseklik ve hacim

çarpımı bazen m^4 cinsinden ifade edilir ve bilinen bir yüksekliğe kadar bilinen bir miktarda su vermek için gerek duyulan toplam pompalama kuvvetinin bir ölçüsünü verir.)

Motor ve pompa sistemini çalıştırma randımanı kullanılan teçhizatın türüne bağlı olarak değişir. Ayrıca bir PV sisteminde çalıştırma randımanı toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviyesi (insolation level) ile de değişir. Genellikle çalıştırma randımanı %15-45 aralığındadır; bazen %30'luk bir ortalama ön tasarım amacıyla kullanılır (bir modül/kapsül randımanını %10 kabul edersek, toplam sistem randımanı yaklaşık %3'dür). Başka bir ifade ile, PV sisteminin asgari günlük verimi gerek duyulan teorik pompalama enerjisinin yaklaşık üç katını gerektirir. Şüphesiz, ayrıntılı sistem tasarımı kullanılacak teçhizata ve her yerin kendine özgü ihtiyaçlarına dayandırılmalıdır.

PV pompalama sisteminin kurulma maliyeti genellikle sistemin gücüne, kurulduğu yere ve diğer faktörlerin çeşitliliğine göre değişir. Bir PV pompalama sisteminin kurulu şekilde maliyeti yaygın olarak yaklaşık 8.000–10.000 \$/kWp arasında olmalıdır. Siparişlerin az olduğu, kurulma maliyetlerinin yüksek olduğu veya imalâtçıların ve satıcıların kâr marjlarının rekabet nedeniyle sınırlanmadığı yerlerde daha yüksek maliyetler görülür. Kurulu şekildeki maliyeti 9.000 \$ ve 15 yıllık çalışma ömrü olan 1.000-Wp'lik bir sistemden elektrik almanın maliyeti yaklaşık 1.06 \$/kWh'dir, burada yıllık bakım-onarım gideri %5 ve %10'luk bir iskonto oranı olarak kabul edilmektedir.

Aşı Soğutma (Vaccine Refrigeration)

1974 yılında başlayan Dünya Sağlık Örgütü (**WHO**) ve Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuklara Yardım Fonu (United Nations International Children's Emergency Fund – **UNICEF**) ortaklığında Genişletilmiş Aşı Programı (Expanded Programme of Immunisation –**EPI**) dünyanın en geniş tek temel sağlık programıdır. Programın çok hayati ihtiyaçlarından biri kırsal alandaki sağlık kliniklerinde aşıların soğutulmasıdır. 1980'lerin ortasında, EPI ekonomik ve teknik olarak uygun olan yerlerde PV ile çalışan soğutucuları kullanmaya karar verdi. Yaklaşık 3.000 PV soğutucu şimdi gelişmekte olan dünyanın her tarafına yerleştirilmiştir ve bunların yaklaşık yarısı Afrika'dadır.

PV soğutucularının çalışma usulleri, 12 voltluk veya 24 voltluk doğru akımla çalışanlar hariç tutulursa, evlerde kullanılan 220 voltluk dalgalı akımla çalışan normal

soğutucu modellerine benzemektedir. Kullandıkları enerjiyi azaltmak için PV soğutucuları diğer ev soğutucularına kıyasla daha fazla izolasyona sahiptir. Soğutucunun büyüklüğü, çalışma koşulları ve bir dondurucu bölmesi içerip içermediğine bağlı olarak, günlük enerji tüketim rakamları 0.15 kWh ile 1.0 kWh arasında değişir. Etraftaki ortalama sıcaklık 32 °C olduğu zaman, oldukça örnek teşkil edebilir bir rakam, günlük 0.3 kWh'dır.

Aşı soğutucusu için şartlar çok sıkıdır. Hemen hemen tüm soğutucular istenen faydayı sağlaması için mutlaka 0 ile 8 °C arasında bir sıcaklıkta tutulmalıdır. Bir aşığı dondurmak onu yüksek sıcaklık altında tutmak kadar zararlı olabilir; her iki durumda da, aşı etkisini kaybedebilir ve hatta daha kötü olabilir, eğer uygulanırsa koruma aracının hatası doğar. Bu nedenle, aşı saklamada kullanılan soğutucular mutlaka makûl bir emniyet payı olan performans koşullarını yerine getirmelidir.

Güneş enerjisinden elde edilen elektrikle çalışan soğutucu sistemler için, WHO/UNICEF bir dizi performans koşulu ortaya koydu. Diğer koşullar arasında, akü seti tam olarak şarj edildiği ve PV donatısının (array) bağlantısı kesildiği zaman PV soğutucu sistemleri asgari beş gün mutlaka çalışabilmelidir; bu süre zarfında dışarıda 43 °C'lik bir sıcaklık varken, iç sıcaklık mutlaka 0 ile 8 °C arasında kalmalıdır. İmalâtçılar solar donatısı için 10 yılda, aküler için beş yılda ve diğer elemanlar için iki yılda bir değiştirme garantisi vermekle mecbur tutulmaktadır. Eğer aydınlatma gibi diğer yükler sisteme dahil edilirse, şartname bunların mutlaka ayrı bir akü setinden enerji almasını, soğutucuya enerji sağlayan aküden almamasını belirtmektedir. Onları diğer yükler için değiştirmeden önce, şarj regülatörü önceliği soğutucu akülerinin yeniden şarj edilmesine vermelidir.

1993-94 WHO/UNICEF onaylı yedek parça ve sistem imalâtçıları için detayları Tablo 1.3'de verilmektedir. En uygun sistem fiyatları imalâtçıya ve sistemin gücüne göre değişmektedir ve FOB olarak 4.000 ile 10.000 \$ aralığındadır. Nakliye ve montaj için ek maliyetler yere göre farklılık gösterir, fakat kurulu şekildeki sistemin maliyeti FOB rakamının iki katına kolayca çıkabilir. Her ne kadar çoğunlukla dikkatler PV donatısının maliyetinin üzerinde odaklanıyorsa da, o genellikle çok pahalı eleman değildir. Örnek teşkil edebilecek bir PV soğutucusunun 1991'de kuruluşundaki maliyetlerin toplam içindeki payları şu şekildeydi: PV donatısı %28; soğutucu %37; aküler %24; ve yardımcı ekipmanlar %11 (Technet 1991).

Tablo 1.3 Tipik WHO/UNICEF-Onaylı Aşı Soğutma Sistemleri İçin İmalatçı Maliyetleri

Sistem sunucular	Aşı depolama kapasitesi (litre)	Modüller / Kapsüller	Aküler	Regülatör	Sistem maliyeti (US\$)
BP Solar	38	BP	BP Solar (6P363)	BP	5.000-5.500
Deutsche Aerospace	14	Deutsche Aerospace MQ36D	Varta bloc Hoppecke OP2S	D.A. (BCR)	4.500-5.500
"	56	"	"	"	7.800-9.500
Dulas Engineering	56	Siemens	Lucas VYA SA	Dulas	9.105-10.075
FNMA	27	Photowatt Siemens	Steco Chloride	Photowatt SCI	5.700-6.500
"	"	"	Varta bloc	"	8.540-9.480
Naps	30-35	Siemens Kyocera	Tudor Sonnak	Naps	5.000-5.800
Photocomm	17,5	Kyocera (LA361S1)	IBE	Photocomm PCVI	3.000-4.000
"	80	"	"	"	4.500-6.000
"	30	"	"	"	6.000-7.000
Polar Products	80	Siemens	IBE	Polar Products	5.200-5.900
R&S International	14	R&S RSM 45	Anker bloc	R&S	4.000-4.500

Not: Solar soğutma sistemlerinin yedek parçaları nitelikli sistem sunucularından tedarik edilmiştir. Maliyetler tipik FOB tüm-sistem maliyetleridir.

Kaynak: Ürün Enformasyon Tabloları 1993/94, WHO/UNICEF

EPI programlarından elde edilen tecrübelerin gösterdiğine göre, yaygın iddia şudur ki; PV soğutucularının daha yüksek sermaye (yatırım) maliyeti, uygulamada teyit edilmesi belli olmayan daha düşük işletme maliyetleri yüzünden daha ağır gelmektedir. Tamir ve bakım-onarım maliyetleri genellikle PV soğutucularının hayat devresi maliyetlerinin yaklaşık %35'ini teşkil etmektedir ve WHO'nun şu yorumu yapmasına yol açmaktadır: "birçok insanın genel kanısı olan, 'solar sistemin hemen hemen önemsiz pahada olacağı' konusunda mücadele edilmelidir" (WHO 1991). Her soğutucu başına örnek teşkil edebilecek yıllık bazda hesaplanmış maliyetler 800-1.000 \$ arasında idi.

Uzmanlaşmış tecrübeleri olan tamir ve bakım onarım teknisyenlerini istihdam etme gereği ve yedek parça değiştirme maliyeti bu yüksek işletme maliyetlerinin temel nedenleri idi. Aşı soğutucuları ile ilgili EPI tecrübelerinin yeniden incelenmesi aşağıdaki yorumu yaptırmaktadır:

Çok sayıda teknisyen veya elinden her iş gelen işçilerin çok iyi bildiği gaz veya gazyağı soğutucuları ile kıyaslandığında, solar

soğutucular daha fazla teferruatlı teçhizatlardır ve gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında pek az bulunan elektrik ve elektronik ustalığı gerektirir. (Zaffran 1992:4)

PV soğutucularının aşısı depolama/saklamanın sıkı koşullarını yerine getirmesi istenmeyen yerlerde, önemli tasarruflar yapmak mümkündür. Önceden tedarik edilen akü depolama miktarı büyük ölçüde azalabilir ve müsaade edilebilir sıcaklık aralığının aşısı saklamaya kıyasla eczane için daha da genişleyebilmesi nedeniyle, izolasyon ev buzdolaplarına sağlanan düzeye kadar azaltılabilir. Ancak, bu tür soğutucuların tıbbî malzemelerin depolanmasında kullanılmadığından emin olmak önemlidir.

Akü Şarj Eden Sistemler

Bir araba aküsü kullanan aileler için PV sistemleri akü-şarj etme hizmeti vermede kullanılabilir. Kullanma yöntemi tıpkı diğer PV tesisatlarındaki bir akünün şarj edilmesine benzer. Ancak, her akünün uygun şekilde şarj edildiğini emniyete almak için yük kontrol sisteminin daha teferruatlı olması lâzımdır. Sistemin, ayrıca elektriği depolaması için, kendi aküsünün bağlı olmasını gerektirir, aksi halde sistemin tam şarj etme kapasitesi kullanılmadığı zaman elektrik boşa gider.

Şarj edilen akü sayısına, kullanıldığı bölgede toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviyesine ve kullanılan tasarıma bağlı olarak sistemin maliyetleri önemli ölçüde değişecektir. Kutu 1.1'de her biri ortalama 40 Ah şarj gerektiren akülerden günde en fazla sekiz akü şarj etmeyi amaçlayan bir sistemin maliyet masrafını hesaplama örneği gösterilmektedir. Oldukça ayrıntılı bir yük (elektrik) kontrol sistemi elektriğin fazlasını israf etmeden akülerin her birine ayrı ayrı şarj ayarlaması yapar. Toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviyesi yüksek olduğu veya şarj edilecek akü sayısı maksimum sayının altında olduğu zamanlarda elektriğin bir kısmını depolamak için bir akü önceden tedarik edilir. Belirtilen varsayımlarla, her şarj etmenin ortalama maliyeti 1.92 \$'dır.

Kutu 1.1 Bir PV Akü Şarj Etme Sisteminin Yön Gösterici Maliyetleri

Her gün maksimum 8 akünün şarj edileceğini farzedelim .

Gerek duyulan elektrik enerjisi = 320 Ah

Tüm sisteme %70 randımanda verilecek günlük voltaj = 457 Ah = 5.500 Wh.

En kötü ayda 4.5 kWh/m² varsayımıyla, ihtiyaç duyulan 50-Wp'lik panel sayısı = 25

Kalemler	Maliyet (\$)
50-Wp'lik panel, 25 tane	12.500
240-Ah akü	300
Yük (elektrik) kontrol sistemi	1.500
PV payanda inşaatı, elektrik teli tertibatı, şarj etme bölmesi, parmaklık ve diğerleri	2.500
Montaj	2.000
TOPLAM (1)	18.800
Tamir, bakım-onarım ve servis (1)'in %10'u	1.880
Bütün sistemin ekonomik ömrünü 10 yıl farzedelim	
%10 amortisman oranından aylık (ödeme) amortisman	165
Tamir, bakım-onarım, servis (1.880/12)	<u>156</u>
TOPLAM AYLIK MALİYETLER	345
Sistemin %75 kapasite kullanım oranıyla kullanılması durumunda şarj edilen toplam akü sayısı, 180	
Şarj başına maliyet	1.92 \$

Kaynak: Yazarın tahminleri

Merkezileştirmiş PV sistemleri

Evlerde ayrı PV takımları (kits) yerine, merkezileştirilmiş PV elektrifikasyon sistemleri veya "elektrik santralleri" gelişmekte olan dünyanın farklı bölgelerindeki çok sayıda köyde kurulmuştur. Bu merkezileştirilmiş sistemler genellikle 10 ile 30 kWp arasında elektrik enerjisine sahiptir. Bu sistemler çoğunlukla bir köy elektrik dağıtım şebekesi vasıtasıyla 220-volt'luk dalgalı elektrik akımı vermek üzere tasarlanır. Elektrik santralının kendisi PV modüllerinin yer aldığı geniş bir saha; elektronik yük regülatörleri, faz değiştirici şalterler (inverters) ve şalter takımını içinde barındıran bir kontrol odası; bir akü ambarı; ve bir yedek dizel jeneratörden oluşmaktadır.

Ölçekten yararlanmalara neden olmaktan ziyade, tafsilatlı yük-kontrol ve faz değiştirici şalter teçhizatı, geniş akü ambarı ve merkezi bir elektrik santral sistemi için ihtiyaç duyulan yedek dizel jeneratör nedeniyle, bu tür merkezileştirilmiş PV sistemleri iç ve dış etkenlerle verimliliğin düşmesine ve maliyetlerin artmasına neden olabilmektedir. Bir köye bir dağıtım sisteminin inşa edilmesi, bireysel hanehalkı

takımları kullanılmadığı zaman gerekli değildir, ilave bir maliyettir ve onları daha pahalı yapar.

Uygulamada, bu projelerin yatırım maliyetleri aşırı derecede yüksek olmuştur. Senegal'da Notto'nun bir köyünde 1987 yılında ismarlanan 9-kWp'lik bir elektrik santrali 250.000 \$'a mal oldu, Fransız Guyanası'nda, Kaw'da 35-kWp'lik bir santral yaklaşık 800.000 \$'a mal oldu ve Marshall Adaları'nda Utirik Adası üzerinde kurulan 8-kWp'lik bir santral 280.000 \$'lık bir maliyetle kullanıma açıldı.

Bu merkezleştirilmiş santrallerin maliyetleri PV teknolojisindeki sürekli ilerleme ile birlikte muhtemelen azalacak olmasına rağmen, yatırım maliyetleri benzer miktarda elektrik enerjisi sağlayan bir dizel jeneratörün (ne olursa olsun, dizel jeneratör yedek olarak gereklidir) yaklaşık 10 katıdır. Bu merkezleştirilmiş santrallerin tamir ve bakım-onarım koşulları dizel sistemler için gerekli olandan daha fazla uzmanlık gerektirir. Ayrıca, bunların esnek olmayışı ve artan kapasitenin yüksek marjinal maliyeti de önemli problemlerdir.

Söz konusu merkezleştirilmiş PV sistemleri geleneksel elektrifikasyon (elektrik uygulama) sistemlerine yakından benzer fakat nakledebildikleri elektrik enerjisi açısından çok daha kısıtlıdır ve ayrıca bu sisteme bağlı insanlar için önemli bir hoşnutsuzluk kaynağı olmuştur. Özellikle söz konusu sisteme bağlı insanlar elektrik ihtiyaçları için önemli miktarlarda para ödüyorlarsa bu hoşnutsuzluk daha da artmaktadır. Geleneksel bir elektrik şebekesinde, elektrik dağıtım sistemine yakın benzerliği nedeniyle, tüketiciler elbette halen sahip olabildiklerinden daha çok elektrikli ev aletleri ve teçhizatı seçme hususunda daha fazla bir serbestliğe sahip olabileceklerini düşünmektedirler.

Kırsal Alan Enerjisi İçin Açıklayıcı Bilgiler

Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında yaklaşık 2.5 milyar insan yaşamaktadır ve belki de bunlardan ancak 800 milyonu bir ulusal elektrik şebekesinden elektrik alabilmektedir. Geriye kalan 1.7 milyar insanın önemli bir kısmı gelecek on yıl içinde veya daha sonraki yıllarda bir elektrik şebekesine bağlanma konusunda oldukça çok az umudu vardır. Bununla birlikte, bir kimsenin farz edebileceğinin tam aksine, elektrik şebekesi menzilin dışındaki dünya bir hayli tepkisiz enerji yoksuludur. Başka bir ifade ile, bu durum enerji talebinin zaman, ekonomik kalkınma, moda ve artan isteklerle karmaşık ve dinamik gelişmesi ile tanımlanır. Bu talepler yerel müteşebbisler ve tacirler tarafından karşılanır ve bu kişiler ekseriya enerji piyasasında meydana gelen değişikliklere büyük yaratıcılık ve girişkenlik yeteneği ile karşılık verirler.

Bu bölüm elektrik enerjisinden yoksun olan gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında enerji taleplerinin ve arz sistemlerinin birlikte gelişme sürecini kısaca tarif etmektedir. Konunun anlaşılmasına yardımcı olacak bu açıklayıcı bilgilere dayalı olarak, PV sistemlerinin kullanılmasını desteklemeye veya geleneksel kırsal alan elektrifikasyon programlarını uygulamaya dönük müdahalelerin esası hakkında mutlaka fikir edinip karar verilmelidir.

Enerji Talep Merdiveni

Enerji talebi kendi sağladığı veya mümkün kıldığı hizmetlerden ortaya çıkar. Çok temel yaşam düzeyinde, enerjinin ihtiyaç duyulduğu yer yemek pişirme ve ısınma içindir. Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında bu enerji ihtiyacı neredeyse mütemadiyen katı yakıt biçiminde, genellikle yakın çevrelerden herhangi bir para ödmeden toplanan odunla karşılanır. Ancak bir ailenin ekonomik koşulları iyileşmeye başladıkça ve onlar mevcut yaşam biçiminden kurtuldukça ek ve daha çeşitlenmiş enerji talepleri su yüzüne çıkmaya başlar ve bu talepler en iyi şekilde ticari enerji kaynakları ile karşılanabilir.

Ailelerin harcanabilir gelirleri artarken en öncelikli konulardan biri, bir meydan ateşinin sağlayabildiğinden daha iyi aydınlanmaktır. İyileştirilmiş bir aydınlanma çalışma günü süresinin uzamasına, okuma ve boş zaman faaliyetleri ve

yukarıdakilere ilâveten çocukların ev ödevi için fırsatlar yaratır. Umulan odur ki, eğitim seviyesinde, gelişmekte olan dünyanın birçok bölgesinde kırsal alanda yaşayan ailelerin çocukları ebeveynlerinin ulaştığından daha iyi bir hayat standardı elde edebileceklerdir.

Harcanabilir gelir artmaya devam ederken, radyo, radyo-kaset çalar ve küçük siyah-beyaz TV'ler gibi elektrikle çalışan aletler için talepler ortaya çıkar. Gelir seviyesinin daha yükseklerle çıkmasıyla da, elektrikli ütüler, küçük voltajla çalışan araçlar ve çaydanlıklar, buzdolapları ve diğer elektrikli ev aletlerinin talebi oluşur.

Toplumlar da enerji taleplerinin evriminde benzer bir gidişat sergiler. Ekonomik gelişme meydana gelirken veya beklentiler diğer alanlarla yapılan karşılaştırmalarla canlandırılırsa, yerel talepler sokak lambaları, okulların, bir bölgede oturanların meselelerini çözmek veya eğlenmek için toplandıkları yerlerin ve dini binaların aydınlatılması, içme suyunun pompalanması ve sağlık kliniklerinde aşular ve ilâçların soğutulması için yerel talepler ortaya çıkar. Dükkanların, barların, lokantaların, atölyelerin ve diğer ticari girişimlerin enerji talepleri de onların giderek büyüyen faaliyetlerinin teferruatını ve karşılaştıkları müşteri taleplerini yansıtmak için değişir.

Aydınlatma Taleplerinin Karşılanması

Kırsal alanda yaşayan aileler arasında ev içi aydınlatmada muhtemelen küçük fitilli gazyağı lambaları çok yaygın olarak kullanılır. Lambanın bez dokumadan bir fitili ile küçük metal haznesi veya cam şişesi vardır; fitilli gaz lambası zayıf kalitede ışık verir, ayarlamak mümkün olsa da çok azdır, çoğunlukla is ve koku çıkarır ve sabit bir ateş tehlikesi vardır. Böyle bir lambanın gazyağı tüketimi fitilin genişliğine bağlıdır fakat genel olarak düşüktür; küçük bir lambada bir litre gazyağı 50 saat veya daha fazla dayanabilir.

Küçük fitilli gazyağı lambası gibi mumlar da aşağı yukarı uygun bir yere konur. Mumlar gelişmekte olan dünyanın hemen hemen her yerinde kullanılır. Küçük fitilli gazyağı lambasına benzer şekilde, onların ışığı düşüktür. Ayrıca, mumlar da is çıkarır, titreşim ve parlak ışık verir, kolayca üfleterek söndürülür ve önemli bir ateş tehlikesi yaratırlar. Tipik mamul bir mum 0.05-0.10 \$ arasında bir paraya alınabilir ve 6-8 saat dayanır.

Aydınlatma ölçeğine dayalı bir üst basamak bir cam bacası/şişesi olan ayarlanabilir-fitilli gazyağı lambasıdır ve bu lambanın camı çıkan alevi çekimlerden

korur. Bu lambalar ucuz, küçük ve basitten geniş, teferruatlı ve pahalı çeşitlere kadar değişir. Bu lambaların verdiği ışık ve gazyağı tüketimi seçilen ışık seviyesine ve genişliğine göre değişir. Küçük-orta büyüklükteki lambalarda bir litre gazyağı 20-30 saatlik aydınlatma sağlayabilir.

Gazyağı veya benzin tazyikli lamba, çoğunlukla Lüks diye bilinir (Petromax) ve yüksek derecede ısı ile akkor hale gelen gömleğe (lüks gömleği) sahip olup, gaz lambasına kıyasla daha iyi aydınlatma performansı sağlar. Lüksün aslında bir de pompası ve üst tarafında yuvarlak siperliği vardır. Pompalama ile gazyağı veya benzin deposunda sıkıştırılır. Ayar düğmesinden açılarak yavaşça yakılır, gömlek akkor haline gelince uygun bir yere konur, basınç azaldığı zaman pompalama ile takviye yapılır. Bununla birlikte, bu tür bir lambayı yakmak zordur ve gazyağı içindeki su veya pislığe karşı son derece duyarlıdır. Ayrıca, lüksü kullanmak tehlikeli de olabilir. Yakıt tüketimi büyük ölçüde lambanın haznesinin büyüklüğüne ve seçilen aydınlatma seviyesine göre değişir, örnek olabilecek bir rakam yaklaşık 10 saatte bir litredir. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ile çalışan tüp lamba, yakıtını bir LPG tüpünden çeker, aynı prensibe göre çalışır ve aşağı yukarı benzer bir aydınlatma performansına sahiptir, fakat gelişmekte olan dünyada az sayıda kullanılmaktadır.

El fenerleri, çoğunlukla iki tane R20 numara (yaygın olarak D numara da denir) kuru pille çalışır ve genellikle kırsal alanda yaşayan insanlar evin dışında dolaşırken veya evin içinde arada sırada kesilmelerle kullanırlar. Ucuz satılan çinko-karbonlu pillerin ekseriyetle kırsal alanlarda kullanılması ile el fenerleri sadece 2 veya 3 saat sürekli ışık verir, fakat “uzun ömürlü” piller kullanılırsa el fenerleri 15 saate kadar ışık verebilir. Maliyetleri nedeniyle, “uzun ömürlü” piller ev içindeki faaliyetler için temel bir aydınlatma kaynağı olarak kullanışsızdır, fakat taşınabilir olması yüzünden kullanılmakta olan diğer herhangi aydınlatma araçları için değerli bir tamamlayıcıdır.

220-voltluk elektrik enerjisinin mevcut olduğu yerlerde, çok yaygın olarak kullanılan aydınlatma biçimi tungsten-telli lambadır. Bu lamba diğer aydınlatma kaynaklarının ölçülebileceği kullanışlı bir teknik standart sağlar. Tavandan asılmış, 60-vatlık bir lamba teknik olarak tanımlanan aydınlatma anlamında 1,5 metre altında yatay bir yüzey üzerinde 75 lükslük (ışık ölçüsü birimi) bir aydınlatma seviyesi verir.

Flüoresans (fluorescent) lambalar tungsten-telli lambaya bir alternatif teşkil eder. Bu tür lambalardan muhtelif şekillerde ve tasarımlarda mevcuttur. Lambanın

alışması için elektronik bir rezistans tüpü (ballast tube, baretter, resistance bulb) gereklidir. Flüoresans lambanın enerji verimliliği tungsten-telli bir lambanın verdiğinin 4-5 katıdır ve bu suretle 16-vatlık bir flüoresans lambanın ışığı 60-vatlık bir tungsten lambanın ışığına aşağı yukarı denktir.

12-voltluk doğru akımla çalışabilen flüoresans lambalar da yaygın olarak piyasada vardır. Bu lambalar çoğunlukla 8-20 vat arasındadır ve kullanılmaları için onlara has tasarlanmış elektronik rezistans tüpü gereklidir. Flüoresans lambalar sanayileşmiş ülkelerde, örneğin karavanlarda, boş zaman faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu lambalar araba motorundan şarj olan 12-voltluk bir aküden enerji almaktadır. Gelişmekte olan dünyada, bu lambalar çoğunlukla bir araba aküsü ile kullanılmakta ve ak bittiği zaman yeniden şarj etmek için ticari bir yeniden şarj etme merkezine götürülmektedir. Düşük-voltajlı elektrik lambaları da vardır ve bir araba aküsünden çalıştırılabilir; bu lambaların yüksek voltajlı çeşitlerinde olduğu gibi, flüoresans lambalara göre bu lambaların verimliliği (randımanı) ok daha düşüktür.

Tablo 2.1 farklı aydınlatma kaynaklarının performans ve maliyetleri konusunda mukayeseli verileri ortaya koymaktadır. Aydınlık akısı için değerler her araçtan dışarı verilen ışık oranını verir ve bu nedenle o aydınlatma aracının parlaklığının bir ölçüsüdür. Bununla beraber, her bir lamba türünden elde edilen faydalı aydınlatma parlaklığı ile birlikte ışığın nasıl dağıldığına bağlıdır. Elektrik lambalarının önemli avantajlarından biri onların ışığı bir kitabın veya çalışılan yüzeyin üzerine doğru yneltilenebilir olmasıdır. Bunun aksine gazyağı ve LPG lambalarından elde edilen ışık esas itibariyle yukarı doğru ve yataydır; yakıt deposu lambanın altında bir gölge yaratarak, aşağı doğru gelen ışığı engeller. Bu suretle, aynı aydınlığı verseler bile, bu lambalar okumak veya çalışmak için iyi bir ışık sağlamada daha az etkindir.

Ayrıca, Tablo 2.1 aydınlatma kaynaklarının her biri için örnek teşkil edebilecek kullanım maliyetlerini de sıralamaktadır. Muhtelif lambaların gücü ve performansında olduğu kadar, yakıt ve lamba maliyetlerindeki değişmeler hem ülkeler arasında hem de ülkelerin içinde ve hatta komşu aileler arasında aşırı derecede büyüktür. Bilinen bir kırsal alanda, hem mutlak maliyet rakamları hem de çeşitli kaynakların maliyet sıralaması bu nedenle Tabloda yer alanlardan muhtemelen önemli ölçüde farklı olacaktır.

Tablo 2.1 Muhtelif Aydınlatma Kaynakları Konusunda Yön Gösterici Veriler

<i>Aydınlatma Yöntemi</i>	<i>Aydınlık akısı (lümen)</i>	<i>Saatte yakıt tüketimi</i>	<i>Yakıt fiyatı (US\$)</i>	<i>Lamba maliyeti (US\$)</i>	<i>Lamba ömrü (saat)</i>	<i>Saat başına maliyet (US\$)</i>
Mum	12	--	--	0.10	5	0.02
Fitilli gazyağı lambası	40	0.03 litre	0.50/litre	5	5.000	0.02
Basıncılı lambası- lüks	400	0.1 litre	0.50/litre	25	5.000	0.06
60-vatlık elektrik lambası	730	60 Wh	0.15/kWh	0.5	1.000	0.01
8-vatlık flüoresans lambası	400	10 Wh ^a	--	5.0	8.000	0.04
İle 60-Ah'lik araba aküsü			1.00/y.şarj	60.0 ^b	2.500 ^c	
El feneri (2 tane R20 pil)	15	2 pil/2 saat	0.15/pil ^d	1.0	1.000	0.15

^a Rezistans tüpünün elektrik tüketimi dahildir.

^b Araba aküsünün fiyatı.

^c her biri 50 saatlik kullanmaya dayanan 50 yenden şarjı kapsar.

^d kuru pil akülerin müzakeresi için aşağıya bakınız.

Kaynak: van der Plas (1988).

Firma maliyeti ve aydınlatma randıman sıralaması mevcut olsa bile, farklı aydınlatma kaynakları arasında anlamlı ekonomik veya finansal karşılaştırmalar yapmak zordur. Sorun her kaynaktan sağlanan aydınlatma hizmetinin doğasından ortaya çıkmaktadır ve bu yüzden farklıdır. Örneğin, hiç kimse tek bir odada 60 mum veya 18 fitilli gazyağı lambası kullanarak 60-vatlık elektrik ampulünün 730 lümenlik ışık ölçüsünü karşılaştırmaya kalkışamaz. Benzer şekilde, 60-vatlık elektrik ampulü (lambası) ile sağlanan ışık cep fenerinden elde edilen lümen başına ışığa göre daha ucuzdur, fakat elektrik ampulü cebe konamaz ve ev dışında kullanılamaz.

Uygulama ile ilgili gerçeklerin gösterdiğine göre, insanlar kendilerine olan maliyeti ve mevcut kaynakların teknik kısıtları ile tutarlı olan bir aydınlatma seviyesini kabul etmektedir. Daha etkin aydınlatma kaynakları piyasaya çıktıkça ve bütçeleri müsait olduğu ölçüde, insanlar yeni kaynakları benimsemekte ve genellikle aydınlanma seviyelerini artırmaktadır. Bu yüzden, bir elektrik nakil şebekesi mevcut olduğu zaman, daha önceden tek bir fitilli gaz lambası kullanan aileler evlerinin içinde 3 veya 4 elektrik lambasına ve belki evlerinin dışında da birkaç elektrik lambasına sahip olmayı seçebilir (bakınız, örneğin, Peskin ve Barnes 1994). Elektrik şebekesi onlara daha düşük bir maliyetle bilinen bir aydınlatma seviyesini elde etme imkânı tanınmasına rağmen, aileler aydınlatma ile harcamalarını gerçekten artırabilirler.

Radyo, Kaset Çalar, Video, TV ve Elektrikli Ev aletleri

Görsel-işitsel aletlerin ve diğer elektrikle çalışan ev aletlerinin durmadan genişleyen türleri gelişmekte olan dünyanın her yerinde piyasada yer almaya başlıyor. Çin gibi düşük maliyetle üretim yapan ülkelere yapılan ihracatlar gelişirken ve ticari rekabet yoğunlaşırken, düşen fiyatlar bu mallar için piyasanın genişlemeye devam edeceğine güvence veriyor.

Küçük akü/pille çalışan transistörlü radyolar şimdi gelişmekte olan dünyanın neredeyse her yerinde bulunmaktadır. Bir vattın küçük bir birimi kadar bir enerji tüketimi ile, bu aletler memnun edici bir şekilde ve ucuzca AA tipi kuru pil bataryaları ile çalışır. Radyo-kaset çalarların enerji gereksinimleri oldukça büyüktür; daha büyük modeller dört, altı veya hatta sekiz R20 (D) pillerine ihtiyaç duyarlar. Günlük kullanılan piller, aletin kullanılan zaman boyutu ve kullanılan pillerin kalitesine bağlı olarak, haftada bir kere değiştirilmesi gerekebilir.

Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında TV programlarının yayın alanı içinde olan insan sayısı, ülkeler karasal ağlarını (networks) genişlettiği ve uzaya gönderilen yayın uydularının sayısını artırdığından dolayı, durmadan büyümektedir. 12-voltluk doğru akımla çalıştırılmaya uygun, küçük siyah-beyaz TV setleri şimdi kolayca piyasada bulunmaktadır ve bir TV'ye sahip olmak kırsal alanda yaşayan aileler ve toplumlar için giderek artan bir öncelik haline geliyor. Enerji tüketimi çoğunlukla 15-20 vat aralığında olup, bir araba aküsünden temin edilebilmektedir. Renkli TV'lerin enerji gereksinimleri oldukça yüksektir ve kullanışlı olarak bir araba aküsünden temin edilemez. Küçük bir renkli set bile 50 vat enerji gerektirir; daha büyük bir model 150 vata kadar enerji kullanabilir.

Diğer elektrikli ev aletlerinin birçoğu daha fazla tüketime sahiptir ve her ne kadar 10-15 vattık bir enerji tüketimi olan küçük masa üstü fanların 12-voltluk sürümleri bulunabilse de, yüksek enerji tüketimi sadece 220-voltluk dalgalı akımla çalışan sürümlerde vardır. Elektrikli bir kızartma tavası, elektrikli bir ütü 1 kW enerji tüketir, elektrikli bir güğüm 2-3 kW'lik enerji tüketir. Küçük bir elektrik gücüyle çalışan aletler aşağı yukarı 500 vat tüketir, orta büyüklükte bir ev buzdolabı 100-150 vat, bir dondurucu da 250 vata kadar elektrik tüketir.

Renkli TV'lerin, daha fazla teferruatı bulunan elektronik aletlerin, buzdolaplarının ve diğer elektrikli ev aletlerinin fiyatları genellikle kırsal alanda yaşayan ailelerin birçoğunun bütçe sınırlarının çok ötesindedir. Ancak, bu durum onları elde etmek için

muhakkak aşılmaz bir engel değildir. Bu aletler ailenin şehirlerde veya yurtdışında yaşayan üyeleri tarafından kırsal alanda yaşayan ailesine hediye olarak verilmektedir. Netice itibariyle, renkli TV'ler, vantilatörler, ütüler ve soğutucular çoğu kez çok fakir evlerde bile, bir kere elektrik şebekesine bağlandıklarında şaşırtıcı bir hızla ortaya çıkar.

Ticaret, Küçük Endüstri ve Toplumların Enerji Talepleri

Ticari sektörün, küçük endüstrinin ve kırsal alanda yaşayan toplumların enerji talepleri, ekonomik faaliyetler artmakta iken aşağı yukarı hanehalklarında meydana gelen benzer gelişimi izler. Gerçekten, birçok zanaatkârın ve küçük ticari işletmelerin faaliyetleri insanların evlerinde gerçekleştirilmektedir. Küçük işyeri sektöründe, iyileştirilmiş aydınlatma mütemadiyen birinci önceliğe sahiptir. Bar ve lokanta sahipleri çoğunlukla radyo-kaset çalar, TV, Video çalar ve vantilatörleri (fan) müşterileri cezbetmek için kullanmaya isteklidir. Soğutucular serin içeceklerin satılmasını mümkün kılar. Hububat öğütme, metal işleme ve tarımsal ürün işleme gibi diğer büyük ölçekli enerji kullanımları, sözü edilen sektörlerin üretimi için piyasa geliştikçe ortaya çıkar.

Halkın gözünde, sokak aydınlatması birinci önceliğe sahiptir. Ayrıca, video ve TV için toplumsal hizmetlerin hazırlanması da oldukça popülerdir. Birçok köy halkı büyük binaları, okulları ve dini binaların aydınlatılmasını sağlamak için yollar aramaktadır. Daha büyük köyler/kasabalar pompalanan su hizmetlerinde yatırıma hazırlanabilir. Sağlık merkezi hizmetleri genişlediği müddetçe, soğutma ve yüksek-kaliteli aydınlatmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Elektriğin Önemi

Kırsal alanlarda enerji taleplerinin gelişimini incelediğimizde, elektriğin rolü ve öneminin oldukça dikkate değer olduğu görülmektedir. Geçimlik düzeyin biraz üstünde, en düşük ekonomik seviyelerde bile, radyolar ve el fenerleri yaşam standartlarında önemli iyileşmeler yapabilir ve geniş bir kullanım alanı bulur. Gereken enerji çok küçüktür, fakat tümüyle zorunludur.

Refah seviyesinin yükselmesinde elektriğe, insanların ihtiyaçlarını karşılayacak hizmetlerin verilmesi için, gittikçe artan bir seviyede gerek duyulmaktadır. Bu artan elektrik taleplerinin farklı ve daha etkin araçlarla karşılanması, kırsal alanların kalkınma/gelişme sürecinde oldukça önemli bir özelliktir.

Küçük-Ölçekli Özel Elektrik Tedarik Seçenekleri

Bir kamu hizmet kurumunun olmadığı alanlarda üç tür küçük-ölçekli özel tedarik seçeneği elektrik taleplerinin karşılanmasında kullanılır. Bunlar bitince atılan veya yeniden şarj edilebilen kuru piller; yeniden şarj etme merkezi kullanan araba aküleri; ve insanların kendi kullanımı veya küçük ticari dağıtım sistemleri vasıtasıyla satmak amacıyla elektrik üretmek için dizel veya benzinli jeneratörlerdir.

Kuru Pil Aküleri/Bataryaları

Kuru pil aküsü imalatı dünyada yaygın bir endüstridir. Endüstriyel dünyada yıllık toplam kuru pil üretiminin yaklaşık 12 milyar civarında olduğu tahmin edilmektedir ve tek başına Çin 1992'de toplam 3.8 milyar adet üretim yaptığını bildirmiştir (Batteries International 1993). Belirli bir amaç için tasarlanmış (purpose-designed) yeniden şarj edilebilir piller yıllardır satılmaktadır ve son zamanlarda yeniden şarj etme aletlerinin hemen hemen tümü ortak özelliklere sahip türler olup, piyasaya çıkmıştır.

Kuru piller muhtelif ebatlarda ve voltajlarda yaygın olarak bulunmaktadır. AA ve R20 (veya D) numaralı olanlar gelişmekte olan dünyada çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar 1,5 voltluk elektrik akımı verir ve daha yüksek voltajları elde etmek için seri olarak bağlanabilir. Bu piller el fenerleri, radyolar, kaset çalarlar ve diğer benzeri aletlere elektrik gücü vermek için kullanılır.

Pillerin dört temel türü vardır. En ucuz ve en düşük kapasiteli olanlar çinko-karbonlu olanlardır ve yirminci yüzyılın başından beri üretilmektedir. Her ne kadar çoğunlukla son derece ucuz olsalar da, diğer çeşitlere göre çok düşük bir kapasiteye sahiptir. Bu pillerle ilgili önemli bir problem boşaldığında sızdırmaya eğilimli olmalarıdır, sızdırma yaptıklarında teçhizat veya aletlere zarar verebilirler. Sanayileşmiş ülkelerde çinko-karbonlu pil bataryaları genellikle mevcut özellikleri yerine başka özellikler konularak iptal edilmiştir, ancak bunlar gelişmekte olan dünyada hâlâ yaygın olarak üretilip satılmaktadır.

Çinko-kloridli piller çinko-karbonlu pillerin üç veya dört katı kapasiteye sahiptir. Bu piller hemen hemen hiç sızdırma yapmazlar, fakat oldukça pahalıya mal olmaktadır. Alkalik-manganez piller çinko-kloridli pillerin kapasitesinin iki veya üç katına sahiptir ve yine çok pahalıdır. Alkalik-manganez piller için yaygın bir reklâmın iddiasına göre, çinko-karbon esaslı pillerle karşılaştırıldığında “altı kat daha uzun süre” dayanıklıdırlar.

Böyle özelliğe sahip olarak satılan yeniden şarj edilebilir piller nikel kadmiyumludur. Onların tam şarjlı kapasitesi büyük ölçüde değişmektedir ve çinko-karbon esaslı olan tipler kadar düşük kapasiteli olabilir. Tatmin edici performansı elde etmek için nikel kadmiyumlu piller dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır. Eğer bu tür piller tamamen boşaltılır veya şiddetli bir şekilde boşaltılmış halde bırakılırsa, değiştirilmesi mümkün olmayan kimyasal değişimler meydana gelir. Bu pillerin kendi kendine boşalmaya meyilli olması bir problemdir; kullanılmadıkları zaman bir ayda kapasitesinin %30'una kadar kaybedebilirler. Küçük radyolar gibi düşük voltaj kullanımları veya ara sıra kesilen aralıklarla kullanımlar için bu tür piller özellikle uygun değildir, onların yenisiyle değiştirilmesi her iki-üç ayda bir yapılmalıdır. İlke olarak, bu piller birkaç yüz kere yeniden şarj edilebilir; ancak uygulamada pil içindeki kimyasal değişimler nedeniyle, performanslarının düşmeye başlamasından önce 15-35 sınırları arasında şarj yapılması imkân dahilindedir (Batteries International 1993). Bu durum yine de kullanılıp atılan pillere göre önemli bir tasarruf yapıldığını ifade edebilir.

Çok yakın zamanlarda, alışılmış alkalik-manganez ve çinko-kloridli pilleri yeniden şarj eden aletler yaklaşık 50 \$'a piyasaya çıkmıştır. Her ne kadar başlangıçta bazı önemli kuru pil imalatçıları tarafından tehlikeli veya faydasız, kullanılamaz diye hüküm verilse de, söz konusu aletlerin memnun edici bir şekilde çalıştığı görülmektedir. Fakat bu aletler tamamen boşalmış veya uzun bir süre şiddetli bir şekilde boşaltılmış vaziyette bırakılan pilleri yeniden şarj edemeyebilir. Belirli bir amaç için tasarlanmış yeniden şarj edilebilen piller gibi, yeniden şarj edilmiş piller de yüksek bir kendi kendine boşalma özelliğine sahiptir ve bu yüzden bir an önce yeniden kullanılmaları gerekir.

İlk bakışta, ticari olarak yeniden pil şarj edilmesi – örneğin, PV sistemleri ile – kırsal alanda yaşayan aileler için cazip bir seçenek gibi görünür, fakat uygulama ile ilgili ciddi güçlükleri vardır. Pillerin yeniden şarj edilmeleri ve bir an evvel tekrar kullanılmaları gereklidir, başka bir ifade ile kullanıcılar yeniden şarj etme merkezine gitmeden önce birkaç pil biriktirinceye kadar bekleyemez. Ayrıca, yeniden şarj edilen piller ihtiyaç duyulduğunda kullanılıncaya kadar stoklanamaz. Yeniden şarj edilme zamanı gelmiş pillerin doldurulmasından kaçınılamaz. Piller bir tam günlük yeniden şarj edilmeyi gerektirmesi nedeniyle, yeni pil fiyatlarıyla rekabet edebilir elden geçirme maliyetlerine erişmek zor olabilir.

Yeniden şarj edilebilir bataryalar/aküler için ideal uygulama yoğun kullanıldığı yerlerde çabuk şarj edilebilmeleri ve değiştirilebilmeleridir. Şarj edici aleti çalıştıracak elektrik enerjisi olan hanehalkları için yeniden şarj edilebilir aküler çok uygundur, burada onların sağladığı esas fayda çok sayıda radyo-kaset çaları veya çok yoğun kullanılan portatif elektrikli aletleri kullanma maliyetini bir hayli azaltmasıdır. Özel kullanımlar için PV ile çalışan küçük şarj aletleri piyasada mevcuttur fakat ana elektrik şebekesinin olduğu yerlerde gereksizdir ve 20-30 \$'lık fiyatları nedeniyle kırsal alanlarda çok az ilgi çekmektedir.

Tablo 2.2 farklı pil tiplerinin kapasiteleri konusunda belli başlı karşılaştırmalı veri sağlamaktadır, fakat bu tür bilgilere ihtiyatla bakılmalıdır. İmalâtçılar arasında büyük farklılıklar bulunabilir, özellikle piyasanın ucuz kesiminde; üretim maliyetleri ve satış fiyatları pil içinde daha az aktif malzeme kullanılarak kolayca aşağıya çekilebilir. Stoklandığı zamanın uzunluğu ve depolandığı ortamın sıcaklığı da pillerin performansı üzerinde önemli bir etki yapabilir.

Tablo 2.2. Kuru Pil Çeşitlerinin Kapasiteleri ve Fiyatları

(Ah: amper saat ve Fiyat: ABD \$)

Pil numarası	Çinko-karbon		Çinko-klorid		Alkalik-manganez		Çinko-kadmiyum (Şarj edilebilir)	
	Ah	\$	Ah	\$	Ah	\$	Ah	\$
R20 (D)	1.3	0.20	4.0	0.75	9.0	1.75	1.5	3.50
AA	0.2	0.10	0.80	0.30	1.8	0.60	0.6	2.00

Kaynak: Batteries International (1993); muhtelif

Tablo 2.2'de örnek olarak fiyatlar da verilmektedir, fakat pilin tipi, imal edildiği ülke ve gümrük vergilerinin seviyesine bağlı olarak Tabloda verilenlerden önemli değişimler olması muhtemeldir. Çinko-karbonlu R20 pilleri perakende olarak yaklaşık 0.20 \$'a satılması halinde, sağlanan elektriğin maliyeti 100 \$/kWh'dir. Tabloda verilen fiyatlarda, diğer pil çeşitlerinden elde edilen elektriğin maliyeti 120 \$ - 130 \$/kWh sınırları arasındadır; daha yüksek kapasiteleri olan pillerin fiyatı daha yüksektir ve ucuz çinko-karbonlu piller en iyi değeri temsil edebilir. AA tipi pillerin kullanılması durumunda, elektriğin fiyatı iki üç kat daha büyüktür.

Araba-Aküsünün Yeniden Şarj Edilmesi

Gelişmekte olan dünyanın her yerinde kırsal alanda yaşayan aileler tarafından aydınlatma, radyolar, kaset çalarlar ve küçük siyah-beyaz televizyonlara enerji sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik enerjisini bir elektrik nakil şebekesinden veya dizel bir jeneratörden alan bir merkezde, araba-aküleri bir ücret

karşılığında yeniden şarj edilmektedir. Yeniden şarj etme merkezleri LPG tüplerinde kullanılan sisteme benzer şekilde, şarj edilmişle boş aküyü değiştiren bir uygulamayı da sunabilirler.

Aküler standart 12-voltluk araba aküleri olup, kapasiteleri 60~120 Ah arasındadır. Birçoğu ikinci el ve kötü durumdadır. Daha önce değinildiği gibi, araba aküleri evlerde kullanıldığı zaman evrensel yeniden şarj dönemleri olacak şekilde ve şiddetli boşalma için tasarlanmamıştır. Aküleri aşırı şekilde boşaltarak kullanmak akü kapasitesinin tedricen zayıflamasına yol açar ve verimli kullanım ömrünün yaklaşık 50 kere yeniden şarj etmeden fazla olması mümkün değildir, bu da ayda üç kere yeniden şarj edilirse yaklaşık 18 aydır. Sürekli bir şekilde akülerden iyi performans almak aşırı boşaltmalardan özenle kaçınarak sağlanabilir. Bazı aileler iki akü kullanmaktadır ki bu durumda biri sürekli şarjlı dururken, diğeri şarj edilmektedir.

Zimbabweli bir akü üreticisi aşırı akü boşalması ve kısalan ömür sorunlarına hitabeden bir şarj etme hizmeti vermektedir. Kullanıcılar amaca göre tasarlanmış 14-Ah'lik bir aküyü, boşalmış akülerini tamamen şarjlı bir akü ile değiş tokuş etme koşuluyla, yeniden şarj etme ücretine dayalı olarak satın alabilirler. Akülere, kabul edilebilir seviyelerde şarjlı olduğunu gösteren, yeşil ışıklı bir müşir sistemi takılmıştır. Şarj, tehlike seviyesine ulaştığı zaman, kırmızı uyarı ışığı yanmakta, eğer yükün bağlantısı hemen kesilirse tekrar yeşil ışık yanmaktadır. Sürekli kırmızı ışık yandığında akü bağlantısının kesilmesinden doğan bozulma, yeniden şarj etme anlaşmasının iptal edilmesiyle sonuçlanır.

Aküyü yeniden şarj etme merkezlerinde ödenen ücret oldukça değişiktir fakat yaklaşık 1.00 \$ civarındadır. Gelişmekte olan 10 ülkeyi kapsayan bir araştırmada 100-Ah'lik bir akünün yeniden şarj edilmesi için yaklaşık 1.25 \$ ödendiğini ortaya koymuştur (Meunier 1993). Benzer şekilde, kalite ve imal edilen ülkeye bağlı olarak, araba aküsü fiyatlarında da büyük oynamalar görülebilir. Genel bir kural olarak, Maliyetler 1.00 \$/Ah olarak tahmin edilebilir. Gerçek ortalama kapasitesi 45 Ah ve haftada bir kere 1.00 \$'a şarj ettirilerek ekonomik ömrü bir yıl olan 60-Ah'lik bir akünün 60 \$'lık bir fiyatla alındığını kabul edersek, sağlanan elektriğin maliyeti 4.17 \$/kWh'dir.

Evlerdeki elektrik ihtiyaçları için araba akülerinin yaygın olarak kullanıldığı konusunda çok az istatistik vardır, fakat uygulamanın yaygın olduğu aşikardır. Sri

Lanka'da, Prashakthi Ünitesi olarak bilinen özel amaçla tasarlanmış bir sistem National Engineering and Research Centre tarafından geliştirilmiştir ve 50 \$'a satılan bu sistemlerin yaklaşık 100,000'inin 1987 yılında kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir (Fernando 1988); son zamanlarda yapılan bir tahmin de evlerdeki elektrik ihtiyacı için 400.000 ailenin araba aküsü kullanmakta olduğu yönündedir (Gunaratne 1994). Senegal'da yapılan araştırmaların bulgularına göre, bir bölgede yaşayan köylülerin %2'si ve başka bir bölgede yaşayanların %32'si araba aküsü kullanmaktadır; Peru'da yapılan bir araştırmada araştırmancının yapıldığı kırsal alanda yaşayan ailelerin %10'unun araba aküsü kullandığını göstermiştir (Meunier 1993). Dünya Bankası'nın Kuzey Yemen'de yaptığı bir inceleme yaklaşık 120.000 ailenin veya kırsal nüfusun yaklaşık %10'unun araba aküsü kullandığını ortaya koymuştur (ESMAP 1991). Başka bir Dünya Bankası çalışması da Kenya'da söz konusu akülerin yaygın kullanıldığını belirtmiştir (Hankins ve Best 1994).

Özel Kişilere Ait Küçük Jeneratörler

Gelişmekte olan dünyanın her yerinde, özel kişilere ait milyonlarca jeneratör dizel, benzin veya LPG ile çalıştırılmaktadır. Bu jeneratörler evler, küçük fabrikalar ve atölyeler, işyerleri, barlar, lokantalar, oteller, okullar, hastaneler, sağlık klinikleri, pompalama istasyonları ve diğer birçok kullanıcı için elektrik sağlamakta kullanılmaktadır. Bu jeneratörler genellikle 220-voltluk dalgalı elektrik akımı verir ve aydınlatmalar, TV'ler, motorlu aygıtlara, elektrikli ev aletlerine, pompalara, un değirmenlerine ve diğer birçok uygulama alanı için elektrik üretirler.

Jeneratör güçleri 20-30 vatlıktan yukarı doğru yükselerek yüzlerce kilovata kadar çıkabilir, fakat burada söz konusu olanlar gücü 0.5~7.5 kW arasında olanlardır. Bahis konusu olan ülkeye, jeneratörün teknik özelliklerine, yapım kalitesine ve verilen aksesuarlara bağlı olarak fiyatlar büyük ölçüde değişir, fakat genel olarak dizel üniteleri için kilovat başına 400–600 \$ arasındadır ve benzinli üniteler için maliyetler biraz daha azdır.

Daha küçük jeneratörlerin enerji verimlilikleri yaklaşık %15-20 civarında olup, üretilen elektriğin yakıt tüketimi 0.5-0.6 litre/kWh'dir. Jeneratörlerin ekonomik ömürleri ünitenin kalitesine ve bakımının iyi yapılıp yapılmadığına bağlıdır, fakat daha küçük benzinli ünitelerin ekonomik ömrü genellikle 2.000 saat civarında iken, 5-10 kW'lık dizel ünitelerin ekonomik ömrü 5.000–10.000 saat olmalıdır. Amortisman dahil, elektrik maliyetleri 0.30 ile 0.60 \$ sınırları arasında olma eğilimindedir, fakat yakıt

maliyetlerine, jeneratörün ekonomik ömrüne verdiği elektrik yükünün seviyesine ve düzenliliğine oldukça duyarlıdır. Belirli bir tesisin muhtemel maliyetlerinin gerçeğe uygun bir analizi mutlaka yöreye özgü doğru veriye dayanmalıdır.

Birçok köyde ve küçük kasabalarda, yerel girişimciler yerel bir mini-şebeke vasıtasıyla yakın komşu ailelere ve bazen atölyelere veya işyerlerine nominal 220 voltluk dalgalı elektrik enerjisi vermektedir. Elektrik servisi günün her saatinde verilebilir veya akşamlara özgüdür. Hizmetin kalitesi ve güvenilirliği genellikle düşüktür - bazen çok düşüktür. Her tüketici için yatırım maliyetleri 100 \$'dan 400 \$'a kadar değişmektedir (Meunier 1993).

Asya, Kuzey Afrika ve Orta Doğuda bu sistemlere çok sık rastlanır. Ailelere sadece akşamleyin hizmet verilen yerlerde, sayaçla ölçme yapılmaz ve tüketiciler kullanılan lamba sayısına dayalı olarak tek fiyat öder. Her ne kadar günlük ücret 0.10 ile 0.20 \$ arasında değişiyorsa da, elektrik için tüketici tarafından ödenen gerçek bedel 1.0 \$/kWh veya daha fazla olabilir.

Yemen'de bu tür hizmet özellikle yaygındır. Dünya Bankası'nın bulgularına göre, yaklaşık 460.000 aile veya başka bir ifade ile kırsal alanda yaşayan nüfusun yaklaşık %38'i elektriğini dizel jeneratörleri kullanarak köy düzeyinde hizmet veren kişilerden sağlamaktadır (ESMAP 1991). Ortalama jeneratör gücü yaklaşık 5 kW olup, elektrik hizmeti genellikle günde beş ile altı saat verilmekte ve ödenen bedel çoğunlukla lamba sayısına bağlı olmaktadır. Bununla birlikte, bazı durumlarda, 200 aileden daha fazla birime elektrik hizmeti verenlerde daha büyük güce sahip jeneratörlere rastlanmaktadır ve burada oldukça teferruatlı bir faturalama sistemi kullanılmıştır. Elektrik için uygulanan ortalama fiyat 0.60 \$/kWh idi. Ayrıca ortalama 32 kWh/ay'lık bir tüketimle, 85.000 aile kendilerine ait benzinli veya dizel jeneratörleri kullanmıştır.

Dünya Bankası'nın Endonezya ile ilgili bir kırsal alan elektrifikasyon incelemesine göre, köye elektrik hizmeti veren 17.000 civarında sistem vardır ve genellikle düşük kalitelidir (Dünya Bankası 1986). Raporun bulgularına göre "elektrik hizmetleri güvenilemez ve tehlikeli bir durum arzetymekte ...kesintiler sık sık olmakta ve tamir masrafları tüketicileri ek katkılar ödeme zorunda bırakmaktadır" (Dünya Bankası 1986). Yine onların yüksek ekonomik ve finansal maliyetlerine ve çoğunlukla kötü kalitesine rağmen, bu tür yerel elektrik hizmeti verenler açıkça yerel ihtiyaçları karşılıyor. Bununla beraber gelişmekte olan birçok ülkede bu tür elektrifikasyon

kanunen yasaktır. Çünkü ulusal kamu hizmeti yapan kurum elektrik dağıtımında bir tekeldir.

Enerji İle İlgili Aile Harcamaları

Enerji ile ilgili aile tüketim kalıpları ve harcamalar ülkeler arasında ve gelir grupları arasında alabildiğine değişir. Enerji tüketimlerini yerel fiyat ve yakıtların kolay bulunabilirliği yanında toplumsal gelenekler ve diğer faktörler çok etkiler.

Gazyağı tüketim rakamları bilhassa büyük ölçüde değişir. Gazyağı ile ilgili verinin toplanması ve kıyaslanması zordur, çünkü gazyağı bazı ülkelerde hem aydınlatmada hem de yemek pişirmede kullanılır; özellikle sübvansiyon yapılan ülkelerde, gazyağı aynı zamanda dizel yakıt incelticisi olarak da kullanılabilir. Temel aydınlatma yakıtı olarak kullanılan yerlerde, genel tüketim rakamları ayda aile başına 3 ile 7 litre arasında değişir. Kuru pil kullanımı da benzer değişimleri gösterir. Sadece küçük bir transistörlü radyosu olan fakir bir aile ayda iki veya üç tane AA tipi pil kullanabilir, fakat bir kaset çaları ve birkaç el feneri olan hali vakti yerinde olan bir aile ayda 10 veya daha fazla R20 tipi pil kullanabilir.

Tablo 2.3 Senegal'ın iki ayrı bölgesindeki köylerde yapılan anketlerden elde edilen veriyi göstermektedir. Tabloda aydınlatma, kuru pil bataryaları ve araba akülerinin yeniden şarj edilmesinin değişik biçimleri konusunda ortalama aylık harcamalar sıralanmaktadır. Daha fakir köyde toplam ortalama harcama ayda 8.35 \$ iken daha zengin köylerde bu rakam neredeyse iki kat fazladır. Zimbabwe'den elde edilen rakamlara göre; mum ve gazyağı kullanan düşük gelirli ailelerin yaklaşık 1 \$ olan aylık harcamaları, araba aküleri kullanan ailelerde aylık 5 \$'a yükselmektedir (Zimbabwe Energy Programme 1992). Dominik Cumhuriyeti'nden sağlanan veriler tüm gelir seviyelerinde daha yüksek aylık harcamaların olduğunu göstermektedir. Şöyle ki, düşük gelirli ailelerin harcamaları 2.5 - 5.25 \$, orta-gelirli ailelerin harcamaları 4.10-14.85 \$ arasında değişmekte ve üst-gelir grubunda yer alan ailelerin harcamaları 30 \$'a kadar çıkmaktadır (Dünya Bankası 1993).

Tablo 2.3. Senegal'in Elektriksiz Köylerinde Aylık Enerji Harcamaları

<i>Kullanılan araç</i>	<i>Fatick bölgesi köyleri</i>		<i>Dagana bölgesi köyleri</i>	
	<i>Araç kullanan aileler (%)</i>	<i>Aylık Harcama (US\$)</i>	<i>Araç kullanan aileler (%)</i>	<i>Aylık Harcama (US\$)</i>
Mumlar	8	3.50	2	2.80
Gazyağı lambası	99	3.94	97	6.80
LPG lambası	3	4.20	9	3.48
Jeneratör	1	12.0	2	10.00
Kuru pil aküleri	92	4.12	99	7.24
Araba aküleri	4	6.44	32	7.08
Radyolar ve radyo-kaset setleri	90	-	98	-
TV	2	-	32	-
Harcama/ay	-	8.35	-	15.70
Ortalama aylık aile geliri	-	65.77	-	148.03

Kaynak: Meunier (1993)

Yaklaşık bir düzine gelişmekte olan ülkeden sağlanan aylık hanehalkı harcamaları ile ilgili özet veriler Tablo 2.4'de verilmektedir. Rakamlar mum ve fitilli gaz lambası kullanan düşük gelirli ailelerin ortalama aylık harcamasının 2.30 \$ olduğunu göstermektedir. Bir sonraki gelir grubu, daha iyi fitilli gaz lambaları olanlar iki kat daha fazla gazyağı kullanmakta ve mum sayısı iki katına çıkmaktadır ve aylık harcama 3.80 \$'dır. Bir sonraki daha yüksek gelir grubu daha fazla gazyağı ve mum kullanmakta ve ilaveten kuru pil ve akülere harcama yapmakta, böylece aylık harcama toplamı 8.00 \$'a çıkmaktadır. Gazyağı, mum ve kuru pil harcamalarına ilave olarak araba aküsü kullanan en üst gelir grubu aylık 17.60 \$'lık bir harcamaya sahiptir.

Bu enerji harcama kalıplarına ve ilgili harcama rakamlarına sadece kabaca yön gösterici gözü ile bakılabilir; kesin yerel görüntü her bir durumda teyit edilmesini gerektirecektir. Yine de Tablo açıkça enerji talep merdiveni ve aile geliri arasındaki ilişkiyi tasvir etmektedir. Aile geliri arttığı zaman enerji kullanımını artmakta ve çeşitlenmektedir. Özellikle dikkate değer olan şudur: toplam harcama içinde elektrik gider kalemi mutlak anlamda arttığı gibi daha yüksek-gelirli grupların toplam harcamasının büyük bir oranını teşkil etmektedir. En yüksek-gelir grubunda, toplam elektrik harcamaları enerji harcamalarının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır.

Tablo 2.4 Elektriksiz Alanlarda Yaşayan Tipik Kırsal Ailelerinin Aylık Enerji Harcamaları

<i>Sosyoekonomik grup</i>	<i>Kullanılan araçlar</i>	<i>Aylık tüketim</i>	<i>Aylık maliyet (US\$)</i>
Düşük-gelirli	Fitilli gazyağı lambası	4 litre	1.70
	Mum	4 mum	<u>0.60</u>
Toplam			2.30
Düşük-orta gelirli	Fitilli gazyağı lambası	6 litre	2.80
	Mum	8 mum	<u>1.00</u>
Toplam			3.80
Orta-gelirli	Fitilli gazyağı lambası	9 litre	4.25
	Mum	10 mum	1.25
	Radyo-kaset çalar	8 R20 kuru pil aküsü	<u>2.50</u>
Toplam			8.00
Üst-gelirli	Fitilli gazyağı lambası	16.8 litre	7.90
	Mum	8 mum	1.00
	Radyo-kaset çalar	10 R20 kuru pil aküsü	3.10
	TV ve araba aküsü	2 yeniden şarj	2.50
		akü taksit ödemesi	<u>3.10</u>
Toplam			17.60

Kaynak: Meunier (1993)

Geleneksel Kırsal Alan Elektrifikasyonu

Kırsal alanda yaşayan ailelerin büyük çoğunluğu, eğer mevcut olsaydı ve almaya güçleri yetseydi, herhalde bir şebekeye dayalı elektrik enerjisini kullanmak isterlerdi. Hükümetler bu duyguların çok iyi farkında olup bu düşüncelerin azalmayacağını bilmektedirler. Geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu için sosyal ve politik baskılar oldukça çok olduğundan, hemen hemen tüm gelişmekte olan ülkeler, en azından, asgarî bir kırsal alan elektrifikasyon programına sahiptir.

Uygulamada Kırsal Alan Elektrifikasyonu

Ulusal enerji/elektrik kurumu birçok ülkede elektrifikasyondan sorumludur. Genellikle, prensip olarak takip edilen yol sanayileşmiş ülkelerde ulusal elektrifikasyon için belli bir başarı kazanmış yönteme dayanmaktadır: büyük talep merkezlerinden başlayıp, küçük merkezlere doğru kaymak. Daha doğrusu, getirileri en büyük ve yatırım maliyetleri en küçük olan geniş kentsel alanlar önce elektriklendirilir. Daha sonra elektrik arz ağları tedricen kentsel alanların etrafına, kasaba merkezlerine ve son olarak da kırsal alanlara doğru genişletilir.

Benzer şekilde, ulusal elektrifikasyon aşaması ilerledikçe kırsal alan elektrifikasyonunun tanımı da değişir. Aşağı-Sahralı birçok Afrika ülkesinde ve Asya'nın çok fakir ülkelerinde, *kırsal alan elektrifikasyonu* terimi elektrik hizmeti alacak ve neredeyse yerel nüfusun %10'unu teşkil eden büyük kasabalara elektrik hizmetinin getirilmesi anlamında hâlâ kullanılmaktadır. Ulusal elektrifikasyon seviyesi çok ilerlemiş olan Tayland veya Jamaika gibi ülkelerde, kırsal alan elektrifikasyonu küçük köylere veya hatta tek başına olan çiftlik evlerine bir elektrik hizmetinin getirilmesi anlamını ifade eder.

Kırsal alandaki bir talep merkezine bir şebeke bağlantısını uzatmanın maliyetleri fazla pahalı addedildiği zaman, elektrik ihtiyacını karşılamak için ayrı bir dizel jeneratör kullanılır. Küçük hidroelektrik jeneratörleri gibi diğer elektrik üreten kaynaklar da kullanılabilir, fakat, birçok durumda, bir dizel jeneratör tercih edilen bir çözümdür. Elektrik arzının emniyet tedbirleri açısından çok fazla önemli olmadığı yerlerde, sadece akşamleyin dört veya beş saat süreyle tek bir jeneratör kullanılabilir.

Jeneratör bakım veya tamir sebebiyle çalışmaz durumda olduğu zaman, tüketiciler tamamen elektriksiz kalır.

Elektrik arzının emniyet tedbirleri çok fazla önemli mütalâa ediliyorsa, bir grup jeneratör kullanılır. Bir jeneratör hizmetten çekildiği zaman diğer jeneratörler yedek kapasite yaratır. Ayrıca bilinen herhangi bir zamanda yedek elektrik üretim kapasitesi yakındaki şebeke sistemine bağlanarak elektrik verilmesine imkân sağlar. Bu durum işletmenin verimliliğini artırır ve yaratılan her birim elektrik için yakıt maliyetini azaltır. Talep arttığı zaman, bu yerel elektrik şebekeleri muhitteki alanlara doğru genişletilir. Toplam talep maliyeti karşılayacak bir seviyeye ulaştığı zaman, yardımcı şebeke ulusal elektrik şebekesine veya bölgesel şebekeye bağlanır.

Maksimum getirili ve minimum maliyetli kentsel alanlardan minimum getirili ve maksimum maliyetli uzak kırsal alanlara doğru bu ilerleme hem mali hem de mühendislik açısından makul olmaktadır. Elektriklendirilecek kırsal alanlara sıra geldiği zaman, kentli ve sanayici tüketicilerin büyük bir bölümü zaten elektrik faturalarını ödemektedir ve kırsal alanın elektrifikasyonunu finanse etmek için gerekli olan bir uçtan öbür uca sübvansiyonlar yaygın olarak dağıtılabılır ve böylece kabul edilebilir bir seviyede tutulur.

Geleneksel elektrifikasyonda nihaî hedef ülkeyi tek bir şebekede veya az sayıda entegre şebekelerde birleştirmektir. Bu durum elektrik üretiminde, dağıtımında ve sistemin yönetiminde ölçek ekonomilerini, başka bir ifade ile ölçekten yararlanmaları meydana getirir. Birbirine bağlı bir dizi enerji istasyonları ile elektriğin karşılanması nedeniyle, ulusal düzeyde elektrik arzının emniyeti artar. Bir kere ulusal elektrik şebekesi kurulur ve düzgün bir şekilde çalışırsa, bireysel tüketiciler taleplerini karşılayan gerçekten son derece esnek bir sisteme sahip olacaklardır, daha doğrusu, almaya güçlerinin yetebildiği herhangi bir elektrikli ev aletinin kullanımını kısıtlayan elektrik kesintisi olmayacaktır.

Şüphesiz, ulusal elektrifikasyon sürecinin tanımlaması bir ideali, mükemmeli ifade eder; elektrifikasyon her zaman uygulamada istendiği şekilde ilerlemez ve gelişmekte olan ülkelerde çoğunlukla bu durum tatmin edici olmaktan uzaktır. Özellikle, kırsal alan elektrifikasyonu aşikar bir biçimde belirli seçim bölgelerini kayırmaya çalışan politikacıların müdahalesine maruz kalmaktadır. Netice itibarıyla, şebeke genişletmeleri ve aile bağlantıları, bunu yapmak için çok az teknik ve ekonomik

nedenlerin olduğu birçok alanda yapılmaktadır. Ayrıca, elektrik kurumu tarafından verilen hizmet her zaman kabul edilebilir standartlara ulaşmaz. Her ne kadar gelişmekte olan dünyada birçok elektrik kurumu müşterilerine tatmin edici ve güvenilir elektrik enerjisi sağlayan işinin ehli organizasyonlar olsa da, diğer birçoğu, verdiği güvenilirliği olmayan kalitesiz elektrikle şebekeye bağlanmanın nazarı avantajlarını neredeyse geçersiz hale getirerek müşteriye zarar verici ve kötü bir şekilde çalışmaktadır.

Yine tek başına bırakılmış, ayrı dizel sistemleri kullanmada görünmeyen tehlikeler olduğunu yaşanan tecrübeler göstermektedir. Bu sistemlerden bazıları çok iyi bakımı yapılarak uygun şekilde çalışsa da, bazıları, özellikle eğitimsiz ve gereğinden az motive edilmiş işletme ve bakım personeline bağlı olduğu zaman bir daha ele geçmezcesine işlemez hale gelerek kısa ömürlü olmaktadır. Bütün yıl boyunca yeterli yakıt bulunamaması durumu da çoğunlukla hiç elektrik olmadan devam eden periyotlarla güvenilmez bir servise neden olabilir. Örneğin, Etiyopya ve Mozambik'te, ulusal elektrik kurumları dövize aşırı sıkışmış durumdadır ve bu yüzden bütçeye bağlı sebeplerle bağımsız dizel sistemlerin çalışması kısıtlanmalıdır.

Geleneksel Elektrik Şebekesine Dayalı Kırsal Alan Elektrifikasyonunun Maliyetleri

Hem ülkelerin içinde hem de ülkeler arasında geleneksel elektrik şebekesine dayalı kırsal alan elektrifikasyonunun maliyetleri alabildiğine değişir. Yerel malzemeler ve işçilik maliyetleri, arazi ve seçilen malzeme ve inşaat standartları toplam yapım ve bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etki yapabilir. Bu nedenle, tüm genellemeler mutlaka ihtiyatla yapılmalıdır ve uygulanacak politika kararları her zaman doğruluğu incelenerek kanıtlanmış maliyetlere dayandırılmalıdır.

Bir kırsal alan elektrifikasyon projesinin %80-90'ını umumiyetle hat yapımı (elektrik nakil hattı) teşkil eder. Orta ve düşük voltaj-hatlarının maliyeti, özellikle Aşağı-Sahralı Afrika ülkelerinde, kilometre başına 20.000 \$'a kadar çıkabilir, fakat başka yerlerde çok daha ucuz maliyetler raporlarda yer almaktadır. Söz konusu raporlardan biri Yemen'de kilometre başına 15-kilo voltluk (kV) bir hattın maliyetinin 6.600 \$ olduğunu aktarmaktadır (ESMAP 1991). Diğer taraftan, Brezilya'da kamu elektrik şirketi olan COPEL, 1980'lerin ortası rakamıyla 8-kV'lik tek-fazlı nakil hatlarının kilometre başına 3.500 \$ ve 20-kV'lik tek-telli toprak hattı dönüşlü hatların kilometre başına 1.500 \$'lık piyasa fiyatını bildirmiştir (Dingley 1988).

Bir kere hat yapım maliyetleri tespit edildikten sonra, tüketici başına bağlantı maliyetinin asıl tayin edicisi kilometre hat başına ortalama tüketici/kullanıcı sayısıdır. Düşük nüfus yoğunluğu olan alanlarda, kilometre başına, beş bağlantı olabilir. Bunun aksine, Bangladeş kırsal nüfus yoğunluğu dünyada en yüksek olan ülkeler arasındadır ve bir bölgeye kırsal elektrifikasyon hizmeti sağlamak için kriterlerden biri kilometre başına asgarî 75 tüketici olmasıdır. Elektrik idaresi yetkililerinin yakındaki evlere yan bağlantılar için izin vermesi nedeniyle, kilometre başına tüketici sayısı 150, hatta daha fazla olabilir.

Bağlantısı yapılan her tüketicinin ortalama maliyeti genellikle nüfus yoğunluğu fazla olan Asya ülkelerinde 400 - 600 \$ sınırları arasındadır. Kuzey Afrika'da, maliyetler çoğunlukla 1.000 – 1.200 \$ aralığındadır, fakat bu rakamlar epeyce daha yüksek olabilir; örneğin, Cezayir'de 1984 yılında yapılan bir çalışmada kırsal alanda yaşayan her tüketici başına maliyetin 1.675 \$ olduğu görülmüştür. Bazı yerlerde tüketici başına 3.000 \$ veya daha fazla maliyetlerin olduğu resmen bildiriliyor. Latin Amerika ve Aşağı-Sahralı Afrika'nın seyrek nüfuslu alanlarında mesafeler çok uzundur ve potansiyel tüketicilerin sayısı da düşüktür ki, bu yüzden geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu üst gelir grubunda yer alan ülkeler için bile yasak edilecek derecede maliyetlidir.

Tablo 3.1 tüketici sayısı 50 olan ve her biri ayda 25 kWh elektrik kullanan bir köye elektrik nakil şebekesi götürmenin iki örneğini göstermektedir. Fiilî değerler Pakistan ve Yemen'e aittir ve her bağlantı maliyetinin 1.060 \$ ve 1.325 \$ olduğunu göstermektedir. Farklı unsurlar/kalemler arasında maliyetlerin dağılımı aydınlatıcı ve önemlidir. Her iki durumda da, maliyetlerin yaklaşık %70'ini 11-kV'lik besleme hattı (çevre hattı) oluşturmaktadır. Bu nedenle, tüketici başına maliyet tüketicilerin sayısına son derecede duyarlıdır. Bir köye ana besleme hattının hizmet verecek durumda olmasıyla ve düşük bir marjinal maliyetle, bu sayı kolayca artırılabilir. Tüketicilerin sayısı arttığı zaman, elektrik hizmeti altyapısında gerek duyulan ek sermaye yatırımı sadece küçük bir transformatör (trafo) ve 25 tüketiciden oluşan her grup için gerekli dağıtım hatlarıdır. Belirtilen durumda her tüketici için bu yaklaşık 200 \$'a sonuçlanmaktadır. Tüketicilerin sayısında önemli artışların olacağı konusunda beklentilerin gerçekçi olup olmaması ve böyle herhangi bir kırsal alan elektrifikasyon projesinin değerlendirilmesinin kritik bir yanıdır.

Benzer şekilde, dağıtılan her kWh'nin Pakistan'da 0,58 \$ ve Yemen'de 0,76 \$ olan maliyetleri toplam tüketim seviyesine duyarlıdır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Pakistan ve Yemen'de Şebeke Bağlama Maliyetlerinin Analizi

<i>Varsayımlar/sistem elemanları</i>	<i>Pakistan</i>		<i>Yemen</i>	
	<i>Miktar</i>	<i>Birim maliyet</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim maliyet</i>
11-kW'lık hat	10 km	3.870 \$/km	7 km	6.600 \$
15-kVA'lık transformatör	2	925 \$	2	900 \$
Dağıtım hatları	-	4.620 \$/transformatör	-	4.000 \$/transformatör
Tüketici sayısı	50	-	50	-
Tüketim/tüketici	25 kWh/ay	-	25 kWh/ay	-
Yıllık bakım maliyeti	-	Yatırımın %2'si	-	Yatırımın %2'si
Elektriğin LRMC'i	-	0.087/kWh	0.10 \$	-
Tesisin ömrü	25 yıl	-	25 yıl	-
İndirgeme oranı	%10	-	%10	-
Toplam yatırım maliyeti	-	53.000 \$	-	66.250 \$
Tüketici başına bağlama maliyeti	-	1.060 \$	-	1.325 \$
Maliyet/kWh (aydınlatma ekipmanı hariç)	-	0.58 \$/kWh	-	0.76 \$/kWh
Sistemin yıllık bazda maliyeti	-	167 \$/tüketici	-	201\$/tüketici

Kaynak: Meunier (1993).

Yine burada, bir kere sistem yerleştirildikten sonra herhalde artan tüketim kısıtlanamaz. Uygulama amaçlarına uygun 11- kV'lık bir besleyici hat ve 240-voltluk bir ev bağlantısı köy veya bireysel hanehalkı düzeyinde tüketime dayalı herhangi bir arz kısıntısını ortadan kaldırabilir. Eğer her ailenin tüketimi onyıl boyunca başlangıçtaki bir aylık 25 kWh seviyesinin iki katına çıkarsa, (örneğin, birçok yerde gerçekten genel bir artışın olması muhtemeldir) kWh başına düşen maliyet her iki durumda da yaklaşık %40 düşer. Un değirmeni gibi küçük endüstriyel yüklerin başlaması ortalama kWh maliyeti üzerinde benzer şekilde önemli bir etki yapabilir.

Bireysel hanehalkı ve topluma sağlanan hizmete göre yapılan mütalâada, şebeke bağlantısı maksimum esneklik derecesi gösterir. Ev sahipleri arzu ettikleri kadar çok sayıda elektrik ampulü ve elektrikli ev aletleri kullanabilir; buradaki tek kısıt onları satın alabilme ve aylık faturalarını ödeyebilme güçleridir. Benzer şekilde, toplum

düzeyinde, yerel işyerlerinin, küçük endüstrilerin veya kamu hizmeti taleplerinin karşılanmasında hiç sorun çıkmaz.

Ancak belirli bir bölgeye elektrik nakil şebekelerinin yapımı için bir neden olarak böyle bir esnekliği örnek yada kanıt olarak zikretmeden önce, yük-artış projeksiyonlarının güvenilir olduğundan emin olmak önemlidir. Çok sayıda kırsal alan elektrifikasyon projesi aşırı iyimser yük projeksiyonları (tahminleri) ile haklı gösterilmiş, fakat gerçekleşmesi başarısız olmuştur. Tüketimde önemli artışların olma olasılığı az olan yerlerde, şebekenin sağladığı ek esnekliğin konu ile ilgisi yoktur. Gerçeğe uygun yük tahminlerinin yapılması şebekeye dayalı kırsal alan elektrifikasyonunun rasyonel planlaması için temeldir.

Merkeziyetçi Olmayan Dizel Jeneratörle Üretilen Elektrığın Maliyetleri

Elektriklendirilecek büyük bir kasaba veya büyük bir köy gibi bir yük merkezi ekonomik olarak hizmet verebilecek şebekeden oldukça uzak olan yerlerde, kamu hizmet kurumu genellikle bir dizel jeneratörle hizmet verecek yerel bir şebeke inşa eder. Bu tür şebekelerden sağlanan elektrığın maliyeti jeneratörün gücüne, tüketicilerin sayısına, tüketici başına tüketime, işletmenin verimliliğine ve diğer muhtelif faktörlere bağlı olarak büyük çapta değişir. Genel olarak, daha büyük bir elektrik üretim tesisi, daha çok tüketici sayısı ve onların daha büyük tüketimi, daha düşük üretim maliyeti demektir. Genel bir kural olarak, yakıt ve amortisman dahil, 0.20 \$/kWh'lık bir elektrik dağıtım maliyeti normal şartlar altında mümkündür. Uygulamada söz konusu rakam daha yüksektir ve çoğunlukla 0.40 \$/kWh'a veya daha yukarıya çıkar. Söz gelişi, Nijer'den alınan bir veri her biri 300 – 1.000 arasında tüketicisi olan yedi yerleşim merkezine hizmet veren ana şebekeden bağımsız sistemlerin yaklaşık ortalama 0.60 \$/kWh bir maliyeti olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.2. Pakistan ve Yemen'de küçük tesisler için ortalama maliyetlerin bir analizini göstermektedir. Görüleceği gibi, elektrik bağlanan her tüketici için maliyetler her iki ülkede de yaklaşık 300 \$'dır, Tablo 3.1'deki şebeke sistemlerinin yıllık maliyetleri ve kilovat saat başına maliyetlerden epeyce daha düşüktür (Meunier 1993). Ayrıca, her iki dizel sistemin, gösterilen koşullar altında, onların elektrik üretim kapasitesinin küçük bir yüzdesiyle çalıştığını belirtmekte fayda var. Gündüz yüklerin aynı olmaması ile birlikte akşamleyin ilâve tüketim ek yatırım maliyeti olmadan sağlanabilir. Örneğin, eğer tüketici başına ortalama tüketim iki katına çıksaydı, dağıtılan elektrik maliyetinin 0.25 – 0.30 \$/kWh'ya düşmesine neden olurdu.

Elektrik şebekesi bağlantısında olduğu gibi, bir dizel sistem tarafından sağlanan elektrik hizmeti hanehalkları ve toplum için yüksek seviyede bir esneklik sunar. Bireysel hanehalkı düzeyinde toplam aylık tüketime dayalı veya kullanılabilir elektrikli ev aletleri konusunda geçerli bir teknik kısıt yoktur.

Bununla birlikte, toplu olarak köy düzeyinde birikmiş bir yük, ek bir dizel elektrik üretim kapasitesi gerektirecektir. Bu durum ilâve jeneratörlerle veya mevcut tesisatın daha büyük güçteki ünitelerle değiştirilmesiyle ve eskileri başka yerlerde kullanarak sağlanabilir. Bu nedenle, sistemi genişletmenin marjinal maliyetleri şebekeden sağlanan bir bölgede olduğundan daha yüksektir. Bu yüzden ve şebekeye dayalı kilovat saat maliyetlerinin genellikle ana şebekeden bağımsız dizel sistemlerin ürettiği elektriğin kilovat saat maliyetlerinden daha düşük olması sebebiyle, sistem öyle bir noktaya gelir ki, yerel sistemi şebekeye bağlamak onu bağımsız bir ünite olarak genişletmekten daha ekonomik hale gelir.

Tablo 3.2. Pakistan ve Yemen’de Küçük Dizel Elektrik Sistemleri İçin Maliyetlerin Analizi

<i>Varsayımlar/sistem elemanları</i>	<i>Pakistan</i>		<i>Yemen</i>	
	<i>Miktar</i>	<i>Birim maliyet</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim maliyet</i>
Tüketicilerin sayısı	50	-	50	-
Aylık tüketim/tüketici oranı	25 kWh/ay	-	25 kWh/ay	-
Dizel jeneratör maliyeti	-	400 \$/kW + 160 \$	-	450 \$/kW + 200 \$
Yakıt maliyeti	-	0.173 \$/litre	-	0.22 \$/litre
İnşaat işleri	-	580 \$	-	1.000 \$
Dağıtım ağı	-	2.900 \$	-	2.500 \$
Tamir ve bakım-onarım	-	Yatırım maliyetinin %10'u / yıl	-	Yatırım maliyetinin %10'u / yıl
Yıllık işletme giderleri	-	700 \$	-	740 \$
Jeneratörün ömrü	8 yıl	-	4 yıl	-
Faiz oranı	%10	-	%10	-
Bağlantı maliyeti	-	52 \$/tüketici	-	52 \$/tüketici
Dizel jeneratörün gücü	-	20 kW	-	20 kW
Günlük çalıştırma süresi	-	6 saat	-	6 saat
Günlük elektrik üretimi	-	40 kWh/gün	-	40 kWh/gün
Yıllık yakıt tüketimi	-	7.116 litre	-	7.116 litre
Yatırım maliyeti	-	285 \$/tüketici	-	306 \$/tüketici
Maliyet / kWh	-	0.35 \$/kWh	-	0.51 \$/kWh
Sistemin yıllık bazda maliyeti	-	105 \$/tüketici	-	151 \$/tüketici

Kaynak: Meunier (1993).

Yük Yapılarının Önemi

Tüketici başına ortalama yüke ilâve olarak, elektrik talebinin yapısı hem ana şebekede hem de ana şebekeden bağımsız elektrik üretim sistemlerinde dağıtılan elektriğin maliyetlerini etkiler. İdeal bir durumda, arz ve dağıtım sistemine uygun yüksek seviyede bir kullanım sağlanarak, gündüz ve akşamleyin elektrik yükü aşağı yukarı tekdüzedir.

Bununla birlikte, birçok düşük-gelirli kırsal bölgelerde yük yapısı, gündüz ticari faaliyet en az seviyede olduğu için akşamları en fazla yük miktarına çıkar ve temel yük bu yüzden ev içi aydınlatmadır. Ön plana çıkan böyle bir yük yapısının sonucu, üretim ve dağıtım kapasitesinin önemli bir kısmı çoğu zaman boşa çalışır. Bu durum verilen her elektrik miktarının maliyetini artırır ve sistemdeki yatırımdan yeterli getiri sağlama şansını azaltır.

Dizel jeneratörlerin verimliliği de sunulan elektrik yükündeki değişimlerden etkilenir. Akşamları zirveye çıkan bir yük yapısı durumunda, jeneratörün verimliliği gündüz az yük verdiği zaman tam yükteki verimliliğin yarısına veya daha da altına düşer. Bu durum yine sistemin işletme maliyetlerini artırır. Bu yüzden birçok yerel şebeke sadece akşamları çalışır. Eğer günlük ticari yükler ortaya çıkmaya başlarsa, şebeke hizmetinin saatlerini uzatmak veya yeni yükü karşılamak için tüketicilerin kendi jeneratörlerini satın almalarına bel bağlamak arasında bir tercih yapmak zuhur eder.

Kırsal Alanda Yaşayan Hanehalkının Elektrik Tüketimi

Hanehalkının elektrik tüketimi, kırsal alandaki enerji kullanımının birçok özelliğinde şimdiki durumuyla olduğu gibi, büyük ölçüde yerel ve uluslararası değişimler gösterir. Bu değişimler büyük ölçüde gelirle ilişkilidir. Daha yüksek harcanabilir geliri olan aileler daha fazla elektrik tüketme eğilimindedir. Bir ailenin şebekeye bağlandığı zamandan itibaren geçen sürenin uzunluğu da tüketim üzerinde bir etkiye sahiptir – aile tüketimi çoğunlukla zamanla artar. Ayrıca, tüketim maliyetleri, iklim, kültür, sunulan elektriğin güvenilirliği ve diğer muhtelif faktörler de etki yapar. Örneğin, bazı ülkelerde, elektrik hizmetlerinin verildiği pahalı bina inşaatı ve ev elektrik tesisatı bağlama standartları gibi hizmet temayülleri bir kere bağlandıktan sonra birçok ev aletlerini kullanmaları muhtemel olacak orta-üst-gelirli ailelerle fiilen sınırlandırılır. Bu tür kısıtlamalar diğer bazı ülkelerde çok az uygulanmaktadır ve elektrik hizmetleri, bağlanma ücretini ödeme gücü olan herkese açıktır. Bu durum

birçok fakir ailenin tüketiminin muhtemelen aydınlatma ile sınırlı kalacağını ifade eder.

Elektriğin aydınlatmada büyük oranda kullanıldığı yerlerde, aylık tüketim 10 – 20 kWh sınırlarına yönelmektedir. İki tane 40 vatlık elektrik ampulünün her gece beş saat kullanılması halinde aylık tüketim 12 kWh'dir. Her ay 10-15 kWh ilâve bir tüketime mukabil her gün 10 saat bir radyo-kaset çalar ve küçük fan (vantilatör) kullanılabilir. Günde 6 saat küçük bir renkli TV'nin kullanılması halinde aylık 10 kWh'lık ek bir tüketim gelecektir. Bir aile tüm bunlara ilâveten bir elektrikli ütüü de 50-60 kWh'lık aylık bir tüketim aralığında sağlayabilir.

Daha fazla enerji ihtiyacı olan elektrikli ev aletlerinin kullanımı elektrik tüketimini epeyce yukarı iter. Bir buzdolabı aylık 50 kWh ve bir dondurucu yaklaşık 100 kWh'lik enerji kullanır. Kullanılan yöntem ve pişirilen yemeklerin tipine göre, (yemek pişirmede enerji tüketimi her ay 10 kWh'den 50 kWh'ye kadar değişir) değişen tutarlarda enerji kullanabilir. Yukarıdakilere ilâveten su ısıtma ve klima daha yüksek tüketim seviyelerine neden olur.

Tablo 3.3 nihaî kullanım ve gelir grubu itibariyle Filipinlerde kırsal alan elektrik tüketiminin ayrıntılı bir analizini vermektedir. Tablodaki bilgiler toplam 2.500 kırsal hane halkını kapsayan ESMAP(1992)'nin bir araştırmasına dayanmaktadır ve belirli ev aletleri olan tüketicilere uygun nihaî kullanım itibariyle tipik aylık tüketimleri sıralamaktadır. Ayrıca, söz konusu tablo beş gelir grubunun ortalama tüketiminin analizini vermektedir. Genel olarak, tablo her nihaî kullanıma mukabil, tüketimin gelirle arttığını göstermektedir. Ayrıca, tablo dondurucular, su ısıtma ve klima gibi bazı nihaî kullanımların tamamen üst-gelir gruplarıyla sınırlı olduğunu göstermektedir. Tablonun alt satırı en düşük gelir grubu için aylık 17 kWh'den en üst gelir grubu için aylık 69 kWh'e kadar her gelir grubu için ortalama tüketimin değiştiğini ortaya koymaktadır.

Her ne kadar diğer ülkelerdeki araştırmalar da toplam tüketim rakamlarındaki büyük yerel farkları ve onların gelir grupları arasında nasıl değiştiğini gözler önüne serse de, genel kalıplar muhtemelen benzer olacaktır. Elbette beklenen odur ki daha yüksek gelirli ailelerin daha fazla nihaî kullanımlara sahip olma ve daha fazla miktarda elektrik tüketme eğilimi tekrarlanır.

**Tablo 3.3. Filipinlerde Gelir Grubu ve Nihai Kullanım İtibariyle Elektrik Tüketimi
(kilovat saat)**

Nihai kullanım	Gelir grubu bölümleri itibariyle aylık tüketim					
	Birinci	İkinci	Üçüncü	Dördüncü	Beşinci	Tamamı
Aydınlatma	12	14	27	16	20	19
Sıradan buzdolabı	37	31	42	42	49	46
Dondurucu	n.a.	n.a.	n.a.	34	98	88
Siyah-beyaz TV	5	7	8	6	6	6
Renkli TV	8	2	8	8	10	9
Klima	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	233	233
Ütü	5	5	8	11	11	10
Fan	5	4	5	6	8	7
Yemek pişirme	n.a.	13	16	21	45	35
Su ısıtma	n.a.	n.a.	n.a.	13	20	19
Su pompalama	n.a.	n.a.	8	24	22	21
Çamaşır makinesi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16	16
Diğer	3	3	11	3	5	3
Tüm kullanımlar	17	19	45	36	69	44

n.a. = uygun değil, uygulanamaz (not applicable) anlamında kullanılmıştır.

Kaynak: ESMAP(1992).

Kırsal Alan Elektrifikasyonu İçin Kriterler

Kırsal alan elektrifikasyonu için bölgelerin seçimine dair kriterlerin ayrıntılı bir müzakeresi bu raporun kapsamı dışındadır. Yine de, elektrik hizmeti veren kurumların kırsal alan elektrifikasyon çabaları için çok büyük ümit vaat eden nitelikleri bulunan alanların ana hatlarını vermek faydalı olacaktır. İdeal koşullar altında, söz konusu alanlar bir elektrik şebekesinden büyük olasılıkla en fazla fayda sağlayacak alanlar olması ve hizmet götüren kuruma makul bir getiri sağlaması nedeniyle, bu alanlar öncelik taşımaktadır.

Çok iyi bilinen bir makalede, Dünya Bankası (1975) aşağıdaki göstergelerin kırsal alan elektrifikasyon programları için uygun alanların seçilmesinde bir yol gösterici olacağını öne sürmektedir. Sunulan liste hâlâ geçerlidir:

- Altyapının kalitesi, özellikle yolların kalitesi, oldukça iyidir.
- Tarımsal üretim artıyor.
- Eldeki kanıtlar çiftliklerde ve tarıma dayalı endüstrilerde giderek artan sayıda üretken kullanımları işaret ediyor.

- Bir bölge çok sayıda büyük köyü kapsıyor, köyler geniş bir alana fazla dağılmamış.
- Gelir ve hayat standartları iyileşiyor.
- Bölgenin gelişmesi için planlar hazırlanmaktadır.
- Bölge ana şebekeye epeyce yakın (eğer talep çok güçlüyse, uzak bölgeler de dikkate alınabilir).

Dünya Bankası'nın öne sürdüğüne göre, programların finansal hedefleri ilk üç veya dört yıl boyunca "gerçekten rahatça" işletme ve bakım-onarım maliyetlerini kapsayacak şekilde olmalıdır; bu noktadan onuncu yıla kadar, programın borcunu ödeyebilecek düzeyde olmalıdır; ve ondan sonra fazla vermeye başlamalı ki genişleme maliyetlerine artan bir katkı yapabilsin.

Tüm bu koşullar sağlandığı zaman, programlar çoğunlukla toplumsal açıdan başarıya ulaşacak olmasının yanında, biraz şansla birlikte, onların finansal hedefleri de karşılanacaktır. Başlangıçta, elektriklenen bölgede nüfusun epeyce yüksek bir oranı bir bağlantı yapacaktır. Programın tamamlanmasından sonraki yıllarda artan sayıda aileler bir elektrik bağlantısı yapacaklardır. Birçok tüketici elektrik kullanımı için yeni alanlar bulacak, böylece onların tüketimi artmaya devam edecektir. Ticari ve endüstriyel tüketiciler elektrikten yararlanabilme imkânlarına dayalı olarak yatırımlar yapacaklar ve elektrik kullanımına bel bağlayan yeni üretken teşebbüsler başlatılacaktır.

Her ülke haklılığı savunulabilir kırsal alan elektrifikasyonu yapılacak yerlerin saptanmasında kendi kriterlerini koyabilir. Ayrıca, her ülke programlara uygun asgari kabul edilebilir finansal ve ekonomik getiri oranının sınırlarını da belirleyebilir. Bu aşamalar elektrikleştirilecek alanlar arasında makul seçim yapmayı, kırsal alan elektrifikasyon planında önceliklerin tayin edilmesini ve her bir projenin doğruluğunun ispat edilebilir veya edilemez olduğu konusunda karar vermeyi mümkün kılar.

Örneğin, Filipinler'de, Ulusal Elektrifikasyon İdaresi (National Electrification Administration) yerel olarak kırsal elektrik kooperatifleri tarafından hazırlanan projelerin asgari %15 ekonomik iç kârlılık oranına sahip olması ve finansal olarak tutarlı olması, kredi geri ödemelerini ve işletme maliyetlerini hesaba katmış olmasında ısrar etmektedir. Göreli olarak yüksek tarife oranları, umumiyetle 0.12

\$'dan 15 \$/kWh'ye kadar, şebeke uzatmaların ve dağıtım sistemlerinin düşük maliyetleri ve çok sayıda tüketici bölgelerin elektrikleştirilmesini mümkün kılar ki, bu alanlarda yüklerin ekseriyeti 20 kWh/ay'dan daha azdır ve hâlâ bu kriterleri sağlar. Diğer ülkeler, özellikle Aşağı-Sahralı Afrika, daha düşük tarifelere, daha yüksek inşaat maliyetlerine ve düşük tüketici yoğunluklarına sahiptir. Bu koşullar altında, finansal açıdan savunulabilir programlar bulmak çok zordur.

Endonezya'da, elektrikleştirilecek köylerin seçiminde iki-aşamalı bir planlama yöntemi kullanılmaktadır. Köydeki ekonomik gelişme seviyesi, onun en yakın şebeke bağlantı noktasından uzaklığı, mevcut kurulu elektrik üretim kapasitesi ve yerleşim yapısı gibi faktörlere dayalı bir ilk eleme, elektrifikasyon için öncelik sırasına göre köylerin seçiminde ve sıraya dizilmesinde kullanılmaktadır. Daha sonra son eleme bölgesel hükümet yetkilileri ile yapılan müzakerede yapılmaktadır (ASTAE 1995).

Elektrik kurumunun genel finansal pozisyonu diğer önemli bir husustur. Daha zayıf bir finansal yapıya sahip kamu elektrik kurumunun makul bir finansal getiri elde edebileceği bölgelerde kırsal alan elektrifikasyon çabalarını yoğunlaştırması daha önemlidir. Eğer bu yapılırsa, elektrik ağı geliştiğinden ve kârlı tüketicilerin sayısı arttığından dolayı, sonunda sosyal ve hakkaniyet esasına dayalı elektrifikasyon kriterlerinin hafifletilmesi mümkün hale gelir ve finansal olarak karşılığını az veren bölgelere elektrik verilir. Diğer taraftan, eğer yeterli bir getiri oranının elde edilmesi imkânsız olan bölgelerde elektrik kurumunun kaynakları harcanırsa, finansal, idari ve iş yapma açısından elektrik kurumu devamlı olarak zayıflamış hale gelir ve kırsal alan elektrifikasyonunun tüm ilerlemesi tehlikeye atılır.

Geleneksel Kırsal Alan Elektrifikasyon Uygulamasının Yavaş Gidişi

Bir elektrik şebekesinin tüketiciye getirdiği faydaların yanında teknik faziletleri de meydandadır. Aynı derecede açık olan husus; yaklaşımın en büyük sınırlamasının mevcut hızda elektrifikasyon ikmalinin, mevcut nüfus artışı ile güçbela sürüyor olduğudur.

Tablo 3.4. gelişmekte olan dünyada 1970 ve 1990 arasında nüfus ve kırsal alan elektrifikasyonu konusunda Dünya Bankası rakamlarını göstermektedir. Tablodan kolayca görülebileceği gibi, elektrik enerjisi olan kırsal nüfusun oranı %18'den %33'e çıkmış olmakla beraber, elektrik enerjisinden yoksun toplam nüfus 1970'te olduğu gibi 1990'da da büyüktür. Bu yüzden, önemli kırsal alan elektrifikasyon çabalarına ve önemli ilerlemelere rağmen, kırsal alanda yaşayan yüz milyonlarca insan hala

gelecek on yıl veya daha fazla süre içinde elektrik enerjisini elde etmenin imkansızla yakın beklentisi içerisinde.

Bununla birlikte, bu küresel (global) toplamlar içinde önemli değişimler keşfedilebilir. Tablo 3.5 Malezya, Tayland, Filipinler ve Çin gibi birçok Asya ülkesinde kırsal alan elektrifikasyonunun ileri bir aşamaya ulaştığını göstermektedir. Tabloda yer alan diğer birçok ülke için, elektrik şebekesine bağlanan kırsal alanda yaşayan insanların oranı çok daha düşüktür. Örneğin, Hindistan'da yoğun kırsal alan elektrifikasyon yatırımları 1970'lerin başlarından beri yapılmasına ve köylerin yaklaşık %80'i şebekeye bağlanmış olmasına rağmen, elektriği olan hanehalklarının oranı sadece %22'dir². Yine, Bangladeş de kendi kırsal alan elektrifikasyon programında önemli yatırımlar yapmış olmasına rağmen, elektrik şebekesine bağlı hanehalklarının oranı hâlâ sadece %5 civarındadır (1988 yılı itibariyle kırsal alan elektrifikasyon programına yatırılan veya taahhüt edilen döviz miktarı yaklaşık 378 milyon \$'a ulaştı).

Yüksek seviyelerde kırsal elektrifikasyonu olan ülkelerde bile bir elektrik hizmeti alamayanların mutlak sayıları büyüktür. Örneğin, Tayland'da uzaklığı veya erişilmezliği nedeniyle, takriben 1.000-1.500 köy resmen ülkenin kırsal alan elektrifikasyon programının kapsamı dışında kabul edilmektedir. Filipinlerde, kırsal nüfusun %51'i elektriğe sahiptir, bu kırsal alanda ikâmet eden takriben 18 milyon kişinin elektriğe sahip olmadığı anlamını ifade eder. Çin'in batı eyaletlerinde, 100 milyonluk nüfusun yaklaşık 25 milyonunun uzun dönemde bile şebeke elektriğini alması beklenmemektedir.

Tablo 3.4 Kırsal Alan Elektrifikasyonu ve Nüfus Verisi (milyon)

<i>Nüfus</i>	<i>1970</i>	<i>1980</i>	<i>1990</i>
Dünya	3.635	4.428	5.267
Gelişmekte olan ülke	2.543	3.185	3.919
Gelişmekte olan ülke, kırsal	1.929	2.287	2.482
Elektriği olanların yüzdesi, kırsal	18	25	33
Elektriği olanların sayısı	340	573	807
Elektriği olmayanların sayısı	1.589	1.715	1.663

Kaynak: IENPD (1995)

² 1976-84 periyodunda, Dünya Bankası toplam 537 milyon \$ kırsal elektrifikasyon kredisi sağladı ve USAID da 189 milyon \$ sağladı.

Tablo 3.5 Seçilmiş Ülkelerde Elektriği Olan Kırsalda Yaşayan Ailelerin Oranı

Ülke	Yıl	Elektriği Olan Kırsal Nüfus (yüzde)
Asya		
Bangladeş	1988	5
Çin	1990	78
Hindistan	1988	22
Endonezya	1990	21
Malezya	1990	80
Filipinler	1993	51
Sri Lanka	1988	25
Tayland	1990	72
Latin Amerika		
Kosta Rika	1986	74
Kuzey Afrika		
Ürdün	1985	82
Fas	1987	14
Yemen	1986	5

Kaynak: Meunier (1993).

Aşağı-Sahralı Afrika'nın birçok ülkesinde, kırsal alan elektrifikasyonu ilk aşamalarda. Birçok ülkede ulusal elektrik kurumlarının kırsal alan elektrifikasyon çabaları neredeyse tamamen bağlanma oranları %10-15 arasında olan büyük kasabalara elektrik sağlama üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu ülkelerde küçük köylere veya kırsal alanda ikâmet eden ailelere elektrik verilmesi gözden bile geçirilmemektedir. Etiyopya'da hırslı ulusal kırsal alan elektrifikasyon programı, eğer gerçekleştirilirse, 2011 yılı itibariyle kırsal nüfusun yaklaşık %4'üne elektrik enerjisi getirecektir. Benzer şekilde, Mozambik, Tanzanya, Zambiya ve Zimbabve'de kırsal alan elektrifikasyonu konusunda yapılan bir seminer fonlama yetersizliği nedeniyle dört ülkede kırsal alan elektrifikasyonunun fiilen durma noktasında olduğunu ortaya çıkardı (SEI 1993). Bazı ülkeler hâlâ kötü durumda, örneğin, Gambiya'da, fonların yetersiz oluşu yüzünden, mevcut şebekenin genişlemesinden ziyade, mevcut kırsal alan elektrik sistemi kötüleşmektedir ve de fiilen daralmaktadır.

4

Güneş Işığından Elektrik Enerjisi Üreten Sistemler için Uygun Yerin Belirlenmesi

Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında *Güneş Işığından Elektrik Enerjisi Üreten Sistemlere (PV)* uygun potansiyel yer sade bir şekilde tanımlanabilir; tatmin edici elektrik şebekelerinin mevcut olmadığı ve gelecek 5-10 yıl içinde gelmesinin mümkün olmadığı yerlerdir. Uygun yerin kapsamı bu yüzden takriben 300-400 milyon hanehalkıdır. Ancak, bu tamamen teorik rakam olup, gerçek dünyanın problemlerini, tahditlerini ve önceliklerini hesaba katmamaktadır. PV'lere uygun bir uygulama alanının belirlenmesi; PV'lerin teknik olarak uygun, potansiyel kullanıcılarının parasal güçleri ve ilgili tüm alternatiflerle kıyaslandığında en az maliyet veren çözüm olarak görünen uygulamaların sınırlarının belirlenmesini ifade eder.³

PV'lere karşı Elektrik Şebekesi

Güneş Işığından Elektrik Enerjisi Üreten Sistemler (PV'ler) ve şebekeye dayalı elektrik enerjisi arasında yapılan finansal ve ekonomik kıyaslamalara büyük ilgi gösterilmiştir. Sayısız kereler açıklandığı gibi, aydınlatma için bir köye 10 kilometrelik mesafeden 11-kV'lik bir hattın işletilmesi aynı yükün PV ev sistemleri ile sağlanmasına göre, harcanan para ile üretilen maddî faydalar hesabıyla çok daha az ekonomiktir. Ancak, buradan mutlaka PV çözüm yolunun doğruluğunun kanıtlanmakta olduğu, kullanışlı olduğu, PV sistemlerine para verilebilir veya potansiyel kullanıcılar için cazip olduğu sonucu çıkmaz.

PV'lerden sağlanan hizmet şebeke elektriğine göre çok kısıtlıdır, çünkü kaset-çalar veya akşamleyin birkaç saat kullanılan küçük bir TV gibi düşük yük çeken birkaç ilâve kullanımla beraber, PV'ler esasen aydınlatmaya hasredilir. Başka bir tesisata bağlı olmamaları nedeniyle PV'ler burada uygundur; tüketici yoğunluğu çok yüksek olmadıkça, bu tür küçük yükler için uzun bir şebeke uzatma ne ekonomik ne de teknik olarak makul değildir. Eğer nüfus yoğunluğu az olan yerlere bir elektrik şebekesi uzatılırsa, elektriğin maliyeti yerel olarak uygun tarifelerle telâfi edilebilecek maliyeti çok aşacaktır ve şebekenin uzatılması ekonomik olarak doğru olamaz. Aynı argümanlar dizel jeneratörlerle elektrik üretimi yapılan bağımsız şebekeler için de

³ Telekomünikasyonlar, uzaktan sinyal gönderme ve diğer birçok uygulama için elektrik gücü sağlamada, PV'ler kanıtlanmış çeşitli kullanım alanlarına sahiptir.

geçerlidir; eğer elektrik yükleri PV sistemleri ile yeterli derecede lâyıkıyla sağlanabilirse, dizel jeneratörle elektrik arzı neredeyse kesin olarak ekonomik olarak geçerli değildir.

Bununla birlikte, gerçekten önemli bir yük artışı beklentisinin mevcut olduğu yerlerde, elektrik sağlamak için şebeke bağlantısı teknik olarak ideal yoldur. Bir kere ana besleme hattı tam yerindeyse, bağlanabilecek tüketicilerin sayısı üzerinde veya onların sisteme getirebileceği yüklerle ilgili herhangi bir kısıtlama kalmaz. Bu nedenle, şebeke bağlantısı düşük marjinal maliyetlerle hanehalkı, ticari ve küçük sanayi elektrik tüketiminde önemli artış imkânını artırır. Bu nedenle, ekonomik olarak makul görülebilir yerlerde, şebeke ilk-tercih seçeneğidir ve PV'lerin rekabet edebilmesi mümkün değildir. Hatta karşılıklı olarak birbiriyle bağdaşmaz durumda olması nedeniyle, iki seçeneğin yeterince farklı olması belirli bir kural olarak alınabilir. Böylece, şebekeyi uzatmanın asıl amacı, hali hazırda muazzam bir elektrik yükü mevcut olan veya mâkul bir yakın gelecekte gelişmesi muhtemel olan alanlara elektrik enerjisi sağlamak olacaktır. Bu tür alanların ihtiyaç duyduğu seviyede hizmet sağlayamaması nedeniyle, PV'ler burada tercih edilen bir teknoloji değildir.

Son zamanlarda yapılan Güneş Işığında Elektrik Enerjisi Üreten Sistemler (**PV**) konusundaki bir konferansta sunulan makalelerin birinde PV'lerin günümüzdeki zayıf tarafları hicivle ifade edilmesine rağmen, doğru bir şekilde tasvir edilmektedir. Bir PV sistemi olan ve kırsal alanda yaşayan bir tüketiciyi tasvir ederken, makalede şunlar soruluyor:

Solar "tüketici" bu alış verişten ne elde eder? Her gün sınırlı bir süre birkaç lambayı kullanır. DC'li (doğru akımla çalışan) ev aletlerinin maliyetine katlanılabilir mi? Eğer tüketici siyah-beyaz bir TV, radyo-kaset ve bir araba fanından fazlasını bulursa, o gerçekten şanslıdır. Şehirdeki benzer bir tüketici çoğunlukla bir renkli TV'ye, mikser, elektrikli ütüyeye ve hatta buzdolabına sahiptir . . . köydeki adamın kasabadaki kardeşinin atölyesinde bir matkabı, bir bileyiciyi ve belki eski bir kompresörü görmesi çok değildir. Hatta bunlardan birkaçının yeni ve modern PV tesisatından yaşlıdır . . . yani her şey karanlık mı? PV elektrifikasyonundan ümidimizi keselim mi? Elbette hayır; bu makale kesin olarak problemlerin açıkça belirlenmesini, önceliklerin

saptanmasını ve günümüzde mevcut olan PV teknolojisinin zayıf taraflarının kabul edilmesini istemektedir. (Kusche 1994: 1991)

Gelişmekte olan ülkelerde şebeke elektriğine uygun alanların tespiti için bölgeler arasında ustalıkla ve titizlikle yapılmış herhangi bir ayırma çalışması, yatırım fonlarının yetersizliği, malî ve idarî yönden zayıf kamu elektrik kurumları ve elektrik şebekesinin genişletilmesini engelleyen bir dizi diğer faktörlerle bozulmaktadır, hatta bu durum ekonomik olarak tamamen uygun alanlarda bile olmaktadır. Bu problem özellikle birçok kentsel ve kent-çevresi alanlarda görülebilir. Bu tür alanlar elektrik hizmet şebekesinin genişletilmesi için doğal öncelikli hedefler olmasına rağmen, dağıtım sisteminin köhneliği, elektrik üretim kapasitesinin eksikliği ve fonların yetersizliği bu bölgelerin yıllarca veya on yıllarca bile elektrik alamayacağını ifade eder. Her ne kadar elektrik şebeke bağlantısı teknik ve ekonomik etkenlerin en uygun durumunu (optimum) temsil edebilse de, elektrik şebekesi birçok yere epey bir zaman erişmeyebilir.

En uygun elektrifikasyon türünün tayin edilmesinde dikkatli davranılmasını işaret eden başka bir faktör, birçok bölgede verilen elektrik akımının kalitesinin son derece düşük oluşudur. Elektrik üreten aletler ve dağıtım sistemlerindeki bozulmalar, verilen elektrik akımının sadece aralıklı olarak verildiğini ifade eder. Voltajdaki azalmalar ve dalgalanmalar o kadar ciddîdir ki tüketiciler elektrikli ev aletlerini ya kullanamaz ya da zarar görme riskini göze alarak kullanırlar. Şayet şebeke bağlandığında, şebekeye bağlanmanın cazibesi ve avantajları büyük ölçüde azalıyorsa söz konusu problemlerin zaten mevcut veya olağan hale gelmesi muhtemeldir. Bu koşullar altında – kamu elektrik kurumu bir elektrik enerjisi sağlamaktan aciz veya elektrik voltajının kalitesi kabul edilemez derecede düşük olduğu zaman – insanlar kendi enerji ihtiyaçlarını mevcut kaynaklardan sağlayabilecekleri en iyi şekilde karşılamalıdır. PV'ler mevcut seçeneklerden biri olabilir. Enerji tüketicileri için sorun, PV'lerin şebekesiz alternatiflere göre tercih edilebilir olup olmadığıdır.

PV'ler için başka bir muhtemel kullanım yeri sosyal veya politik nedenlerle kamu elektrik kurumlarının elektrik hizmeti verdiği ekonomik veya malî yönden uygun olmayan yerlerdir. Ekonomik veya finansal açıdan temize çıkma eksikliği gerekli seviyenin altında tespit edilen ulusal tarifelerin bir sonucu olabilir veya bir bölgedeki maliyetler ve muhtemel yük arasındaki bir ilişki elektriğin şebeke ile verilmesini esas itibarıyla gayrî iktisadî kılabilir. Her iki halde de hanehalklarına PV sistemleri vermek

elektrik kurumu için belki daha az gayrî iktisadî olabilir. Şu halde sorun, elektrik vermenin teknik ve kurumsal olarak uygun olup olmamasının yanında tüketiciler tarafından kabul görüp görmemesi olacaktır.

Ön-Elektrifikasyon Kavramı

Ön-elektrifikasyon terimi bazen bir bölgeye elektrik şebekesi tam olarak kurulmadan önce o bölgede elektrik üretmek için PV'lerin kullanılmasını tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu anlamda, ön-elektrifikasyon bütün güçle üretilen geleneksel elektriğin bir ikâmesi olarak görülmez fakat bir tamamlayıcı veya geçici bir yaklaşım olarak kabul edilir. Mesele şudur ki bir bölgeye elektrik şebekesi götürmenin ekonomik olarak uygun kabul edilmediği bir aşamada PV'ler küçük çaplı elektrik taleplerini karşılayabilir. Zamanla, bölgedeki insanlar bütün güçle şebeke elektriği için ilerleyebilir.

Bununla beraber, ön-elektrifikasyon biraz bir ismin yanlış kullanılmasıdır. Zihinde canlandırılan süreç, her ne kadar sınırlı olsa da, gerçek elektriğin kullanımından biridir. Yaklaşımın taraftarlarınca geleneksel olarak kabul edildiği gibi, mesele elektrifikasyonun ilk biçimi olarak PV'lerin geliştirilmesinin bir şebeke elektriğine geçmeye yardımcı olup olmadığı veya engelleyip engellemediğidir.

PV ön-elektrifikasyonu ile ilgili sorunlardan biri şudur: Bir kere bir aile PV sistemine yatırımını yaptığı zaman, ilâve kapasite yaratmanın yüksek marjinal maliyeti nedeniyle verilebilecek elektrik yükünün cinsi ve büyüklüğü ekseriyetle sabitleştirilir. Artan kapasite ile bile, elektrikli ütü, ısıtıcı, yemek pişirme kapları, elektrikle çalışan araçlar ve renkli TV'ler gibi geleneksel elektrikli ev aletlerinin kullanımı hariç tutulur. Eğer bir elektrik şebekesi kullanılabilir hale gelirse, PV tesisat maliyetinin %80'ini oluşturan PV panelleri, destek sistemi, akü, yük regülatörü artık gereksizdir. Bu nedenle, PV sistemindeki yatırım geleneksel elektrik talebine hiçbir takviye yapmaz. Ayrıca, PV sistemindeki yatırım elektrik şebekesi tüketicilere ulaştığı zaman onları bir şebeke bağlantısına yatırım yapmaya daha istekli veya daha güçlü yapmaz, çünkü öyle yapılırsa PV sistemindeki yatırımlarının büyük bir kısmının değersiz diye bir yana atılmasını icap ettirir.

Bununla birlikte, ticari düzeyde, PV sistemlerinin kullanılması un değirmeni, metal işleme veya diğer küçük endüstriyel veya zanaatsal faaliyetler gibi büyük-ölçekli üretken elektrik kullanımlarına yönelik bir ilk aşama vazifesi görmez. Gerçekten, bir bölgede PV sistemlerinin tedarikinde büyük ölçekli bir yatırımın altyapı yatırımları için

mevcut yatırım sermayesinin büyük bir kısmını yutacağı için, geleneksel elektrifikasyonu geliştirmekten ziyade yavaşlatacağı ileri sürülebilir. Hatta bazı eleştirmenler PV elektrifikasyon sisteminin kalkınma sürecinin kendisini bile geciktirdiğini iddia etmiştir:

Birincisi, toplum düşük marjinal maliyetle yeni işlemlere, yerlere ve uygulamalara artık talebi genişletmeyebilir. Bir PV sisteminin yüksek marjinal maliyeti ile belirlenen hacmin dışında, piyasa rasyonel olarak büyüyemez veya büyümesine izin verilemez. İkincisi, PV'lerin kurulması klasik kalkınmaya öncelik vermiştir . . . Köy asgari düzeyde bir elektrik tüketimi tuzağına düşer. (Lucas; tarihsiz)

Her ne kadar yukarıdaki eleştiri solar ev sistemleri (güneş ışığına dayalı evlere dönük elektrik üretimi –SHS) olayını abartıyorsa da, şayet köy düzeyinde merkezi bir PV elektrik üretim istasyonu söz konusuysa, yukarıdaki eleştiri gerçek bir tehlikeyi işaret ediyor. Eğer sosyal amaçlar için PV'lerin tedarikinde veya sübvansiyonla desteklenmesinde büyük-ölçekli hükümet veya yardım kuruluşlarının yatırımları söz konusuysa yine yukarıdaki eleştiri mutlaka akılda tutulmalıdır. Yatırım başlangıcında bir defa yapıldıktan sonra bir daha tekrarlanmayan masrafların (sunk costs) bir kısmının kurtarılmasına rağmen, PV ön-elektrifikasyonundaki yatırımlar, bir elektrik şebekesinden elektrik almanın sonradan gelen maliyetlerinde yapılacak tasarruflarla geri ödenebilmesi büyük olasılıkla mümkün değildir.⁴ PV sistemlerinin değeri onların sağladığı küçük-ölçekli elektrik taleplerini acilen karşılamasında yatar. Bu temele dayalı olarak (tamamen farklı bir arz biçimine doğru bir aşamadan ziyade kendi doğrultusunda) PV programlarının göz önüne alınması gerekir.

⁴ Sri Lanka'da, şayet elektrik tüketicisi bir elektrik şebekesine bağlanırsa, PV sistemini verenler modülleri (kapsül) belirli bir oranda paylaştırılmış fiyatlardan geri almaktadır. Benzer şekilde, Endonezya'da PV modülleri ve regülatörler için ikinci el piyasası doğmuştur. Filipinlerde kırsal alan elektrifikasyonu yapan kooperatifler tüketicilere modülleri ve regülatörleri kiralamaktadır ve bir şebeke bağlantısı gerçekleştiği zaman onları başka bir yerde kullanmaktadır. Şebeke elektriğinin voltajının kalitesiz olması yüzünden Dominik Cumhuriyeti'nde PV sahipleri TV'leri için kendi PV sistemlerini çalışır vaziyette muhafaza etmiştir (M. Cosgrove-Davies, kişisel haberleşme, 1994).

PV Sistemleri Nerede Uygundur ?

PV sistemleri küçük miktarlarda elektrik akımı üretir. PV sistemlerinin nerede uygun olduğunu bulmak için bu kadar düşük voltajlı elektriğin kırsal alanda yaşayan insanların talep ettiği hizmetleri sağladığının tespit edilmesi gerekir.

Solar Ev Sistemleri (SHS)

Bir elektrik hizmetinin verilmediği kırsal alanlarda, istedikleri aydınlatma ve diğer hizmetleri sağlamak için insanlar mum, gazyağı ve araba aküsünü kullanır. Hepsi değilse de, bu taleplerin önemli bir kısmı SHS'leri kullanarak sağlanabilir.

Tablo 4.1 bir dizi PV ev sistemleri ile ilgili ödenmesi gerekli aylık taksitli ödemelerle kırsal sosyoekonomik grubun yaptığı gazyağı, kuru pil ve aküyü yeniden şarj ettirme konusunda "tipik" harcamaları tahlil etmektedir. Hanehalkı harcamalarıyla ilgili veri, onların ayrıntılı müzakere edildiği Tablo 2.4'den gelmektedir; PV sistemleri için aylık taksitli ödeme rakamları Tablo 1.2'den alınmıştır. Burada amaç her bir durum için PV sistemlerinin ticari rekabet edebilirliği konusunda kesin bir ifade ortaya koymanın aksine onların maliyeti ve hizmet seviyesinin mevcut her sosyoekonomik grupta nasıl olduğunu kıyaslayarak genel bir izlenim edinmektir.

Tablo 4.1 PV Sistemlerinin Aylık Ödemesi ve Enerji Konusunda "Tipik" Aile Harcamaları Arasında Karşılaştırma (ABD \$)

<i>Sosyoekonomik grup</i>	<i>Araçlar</i>	<i>Aylık harcama</i>	<i>PV sistemi</i>	<i>Fiyat</i>	<i>Aylık ödeme^a</i>
Düşük-gelirli	Gaz lambası	2.30	Fanuslu fener	70	1.49
	Mum				
Orta altı –gelirli	Gaz lambaları	3.95	20 Wp	300	4.42
	El feneri				
Orta-gelirli	Gaz lambaları	8.00	50 Wp	750	10.81
	Radyo-kaset				
	El feneri				
Üst-gelirli	Gaz lambaları	17.6	100 Wp	1.500	18.98
	Radyo-kaset				
	El feneri				
	TV ve araba aküsü				

^a % 10; fanuslu fenerin ekonomik ömrü 5 yıl; diğer sistemlerin ekonomik ömrü 10 yıl; akülerin ekonomik ömrü 5 yıl.

Kaynak: Bakınız Tablo 1.2 ve 2.4.

Tablonun ortaya çıkardığı çok enteresan nokta, PV sistemlerinin her bir sosyoekonomik grupta talep edilen hizmetleri karşılamada finansal olarak genellikle rekabet edebilir durumda olmasıdır. Bu durum birkaç yıl öncesine göre bile önemli bir

değişmedir. Ancak yine, rakamlar mutlaka ihtiyatla incelenmelidir, fiyatlar ve harcama kalıplarındaki büyük değişimler nedeniyle elbette bu rakamlar her ülkede geçerli değildir. Ayrıca, PV sistemleri için ödemelerin nadiren on yılın üzerine çıkması sebebiyle, aylık taksitli ödemelerin biraz yapay olduğu mutlaka akılda tutulmalıdır. Kredi programlarının mevcut olduğu yerlerde, geri ödeme periyodu büyük olasılıkla 3 yıldır, faiz oranı da %10'dan epeyce yüksektir.

PV sistemleri olan ailelerin maruz kaldığı mevcut maliyetler kıyaslandığı zaman, uygulamayla ilgili diğer faktörler etkili olmaktadır. Aylık mum ve gazyağı için 2.30 \$ harcayan en düşük-gelirli grup için en ucuz PV sistemi olan fanuslu fener (gemici feneri) için aylık taksit ödemesi yukarıdaki rakamın yaklaşık yarsıdır. Ancak, tek bir kalem için 70 \$'lık alış fiyatı fakir aileler için son derece caydırıcıdır – kırılma veya çalınma riski ile böyle önemli bir yatırımın tamamen kaybedilmesi muhtemelen önemli bir faktör olacaktır. Belki hepsinden çok önemlisi şudur ki PV fanuslu feneri (lantern) fitilli bir gaz lambasından veya mumdan daha iyi aydınlatmasına rağmen, o sadece tek aydınlatma kaynağıdır. Aileye sürekli olarak kullanabileceği esneklik sağlamak için, fanuslu fener mutlaka ek mum veya gazyağı ile desteklenmelidir, böylece onun maliyet avantajı azaltılır veya etkisiz bırakılır.

Orta düzey-altı gelirli hanehalkı için PV sisteminin ilk satın alış fiyatı da önemli bir engeldir; birçok aile için böyle bir bedel onların yıllık gelirinin %50'sine yakın bir rakamı temsil eder. Ertelenen veya vadesi uzatılan kredi sözleşmeleri olsa da, aylık geri ödemelerle ilgili kesin bir taahhüdü içerir, bunlara ilâveten akülerin değiştirilmesi için yenisinin satın alınmasına ihtiyaç vardır. Bu durum isteğe bağlı (ihtiyarî) temele dayanan küçük miktarlarda para harcamasının mevcut kalıbından tamamen farklıdır. Şayet para kıtsa, aile kendi alımlarını azaltabilir veya tamamen dışında kalır. PV sistemi daha yüksek bir standartta aydınlatma sağlamasına rağmen, bu gelir grubunda yer alan birçok aile için bunu cazip bir öneri olarak görmek zordur.

Orta ve üst gelir gruplarındaki aileler için PV sisteminin alış fiyatı hâlâ önemli bir engeldir. Bununla birlikte, harcanabilir gelirler ve beklentiler bu gelir gruplarında daha yüksektir. Bu aileler epey büyük yatırımların yapılmasına karşı değildir – örneğin, oturdukları konutların kalitesini iyileştirmek için yapılan yatırım gibi. Bu aileler diğer nedenlerle de önemli harcamalara girmeye hazırlıklı olma eğilimindedirler. Göreli olarak zayıf aydınlatma ve çok sayıda kuru pile önemli para harcayan orta-gelirli aileler için bir PV sistemi onların çok çekici görünmeye başlayan yaşam koşullarında

önemli bir iyileşme sağlar. Hali hazırda bir araba aküsü kullanan üst-gelirli aile için 100-Wp'lik sistem daha yüksek kalitede daha kapsamlı bir elektrik hizmeti sağlayabilir ve bu hizmet halen ödemekte olduklarından daha düşük maliyette olacaktır.

Şüphesiz, tabloda gösterilen kıyaslamalar çeşitli yönlerden keyfidir ve tamamen örnek olsun diye yapılmıştır. Orta-gelirli veya üst-gelirli bir aile mevcut aydınlatma kaynaklarını takviye etmek için yeniden şarj edilebilir bir fanuslu feneri kolayca satın alabilirler. Benzer şekilde, yüksek-gelirli bir aile 20-Wp'lik bir sistemin bir odayı iyi aydınlattığını ve onun bir araba aküsü kullanmanın maliyetini azaltmaya yardımcı olmasının onlar için en iyi seçenek olduğunu düşünebilirler.

Harare yakınında yaşayan madenci aileler tarafından kullanılan 10-Wp'lik sistemlerin kullanımını yazan ve TV için elektrik sağlayan bu sistemlerin yönetimi konusunda yorum yapan bir Zimbabwe raporunda şunlar yazılmaktadır:

Enerji düşük olduğundan dolayı, geceleyin ışığını ve radyosunu isteyen koca ve gündüz radyo isteyen eşi arasında bazen anlaşmazlıklar çıkmaktadır. Yoksa, kullanıcılar amaçlarına ulaşmak için yük yönetiminde çok becerikli idi. Bir sistem sahibi onu bir televizyon setinin elektrik ihtiyacını karşılamada kullanmak istedi. Bu durum küçük bir sistem için muazzam bir yüküdür. Bu kullanıcı enerjiyi tedbirli olarak kullanırsa her gün akşamleyin üç günde bir televizyon seyredebileceğini keşfetti. Bu onun ihtiyaçlarını karşılıyor ve bu sistemle o çok mutlu idi. (Zimbabwe Energy Programme 1992)

Özet olarak, Tablo 4.1 Solar Ev Sistemleri (SHS) için temel piyasanın büyük olasılıkla kırsal alanlarda veya kent-etrafındaki alanlarda yaşayan orta-gelirli ve üst-gelirli aileler arasında olacağı aşikâr olan noktayı desteklemektedir. PV seçeneği özellikle elektrik gereksinimleri için hali hazırda araba aküsü kullanan aileler için muhtemelen cazip olacaktır. Fakir ve az-gelirli aileler için PV yatırımındaki malî taahhüt ve içerdiği risk onun sağladığı iyileştirilmiş hizmet lehine güçbelâ ağır basacaktır. Genel anlamda, bunun anlamı şudur: SHS sistemleri için mevcut piyasa kesimi muhtemelen halen bir elektrik şebekesi olmayan veya yakın bir zamanda gelme beklentisi olmayan kırsal ve kent-etrafındaki nüfusun en üst kesiminin %10-15'i içinde olacaktır.

PV Su Pompalama

Geniş çapta hemfikir olunduğu gibi, gelişmekte olan ülkelerde emin, sağlam ve faydalanılabilir su kaynakları kırsal alanın kalkınması ve ekonomik ilerlemesi için kritik öneme sahiptir. Dünya Bankası ve diğer kalkınma örgütleri ile işbirliği içinde Birleşmiş Milletler (U.N.), gelişmekte olan dünyada tüm insanlara tehlikesiz içme suyu sağlama ve sağlığa uygun duruma getirme amacıyla Uluslar arası İçme suyu Sağlama ve Sağlığa Uygun Duruma Getirme On yılını (International Drinking Water Supply and Sanitation Decade: 1981-91) başlattı. İlerleme olmasına rağmen, gelişmekte olan dünyada neredeyse bir milyar insanın hâlâ temiz su kaynaklarından faydalanmaktan yoksun olduğu tahmin edilmektedir (Cabraal ve diğerleri 1987).

Kırsal alan su sağlama programlarıyla ilgili tecrübelerin gösterdiği gibi, söz konusu programlar güçlüklerle doludur ve çok sayıda yardım sağlayan kuruluşun ve hükümet programları hedeflerinin çok gerisinde kalmıştır veya tamamen başarısız olmuştur. Asıl sorunlar teknik sorunlardan çok, çoğunlukla sosyal, kültürel ve finansaldır. Bu sorunlar hedef grupların sosyal koşullarına, ekonomik seviye ve beklentilerine bağlı olarak da epeyce değişmektedir.

Hayatın kayıtsız şartsız bir gereksinimi olan su, insanlar nerede yaşarsa orada kullanılabilir. Hayatta kalmak için gerekli olan kişi başına günlük minimum miktar bir litreden epeyce azdır ve kullanılan gerçek miktar neredeyse tamamen suyun yerel bulunabilirliğine bağlıdır. Örneğin, kurak-bölge toplumlarında, yağışlı mevsim dışında, insanlar genellikle mevcut en yakın su kaynağından bidonlara doldurulabilen su miktarına bel bağlar. Depo edilen miktarın çoğunlukla çok azı hijyen ve sağlık koşullarına uygundur; kaynaklar sık sık kirletilir; ve su taşıma ile uğraşan işgücü fazladır ve daha üretken veya daha güzel faaliyetler için harcanabilecek enerji ve zaman su taşımada kullanılmaktadır. Ancak, fakir insanlar için bedel ödemedi su sağlamak çok önemlidir.

İnsanların elde etmesi gereken ideal su miktarını belirlemek kolaydır – Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) rakamı kişi başına günlük temiz su miktarı 40 litredir. Zor olan bu ideali katlanılabilir ve sürdürülebilir bir programa dönüştürmektir. Uygulamada bunun anlamı, bu miktarlarda suyu vermek için bir kırsal alan su tedarikinin finansmanı, kullanılması ve bakımının sağlanmasında gerekli olan çaba ve finansal harcamalara kendilerini adamaya hazırlamış toplumları bulmayı ifade eder.

Bir kere su sağlama programları yerel toplum tarafından gerekli bakımı yapılabilecek kuyuların ve el pompalarının hazırlanmasının çok ötesine geçerse, finansman sorunu ortaya çıkar. Gelişmekte olan birçok ülkede hizmet götürülecek çok sayıda insan olması ve kamu finansmanının fakir durumda olması nedeniyle, herkese tamamen parasız, mekanik olarak pompalanan suyu ulaştırmak pratik değildir. Bu nedenle, programlar mutlaka en azından yarı maliyeti geri alma, işletme ve bakım için yerel ödemenin yapılması doğrultusunda tasarlanmalıdır. Suyun doğrudan doğruya hanehalkına sunulduğu yerlerde, bu bedel verilen suyun sayaçla ölçülen miktarına bir abonman ücreti koymak şeklinde olabilir; başka türlü su alan insanlara pompa operatörü tarafından bir ücret yüklenebilir.

Bu tür ödemeler suyun serbest bir mal (fiyatı olmayan bir mal) olduğunu, dolayısıyla para ödememesi gerektiğini düşünen kırsal alan insanların yaygın inancı ile doğrudan doğruya çelişir. Su programlarıyla ilgili tecrübelerin gösterdiğine göre, nakit ödemelerle veya mal karşılığı ödemeye karşı karşıya kalan kırsal alan insanların büyük bir bölümü, pompalanan yüksek kaliteli su yerine geleneksel parasız su kaynağını, üstelik yetersiz de olsa, seçeceklerdir. Bu durum özellikle fakir insanlar için doğrudur, fakat kadınlar genellikle su temininden sorumlu oldukları ve çoğunlukla kısıtlı nakit paraları olması sebebiyle söz konusu durum onlar için de geçerlidir. Bu grubun dışında olan kimseler kendilerinin sahip olduğu önceliklerin muhakkak çakışmamasının uygun olduğuna inanabilirler. Kalitesiz fakat kuyu veya el pompalarının parasız sisteminden alınan su yerine, insanların ödeme yapmak zorunda oldukları daha yüksek kaliteli, mekanik olarak pompalanan suyun tedarik edilmesinin son derece gerileyen sosyal etkileri olabilir. Örneğin; Birleşmiş Milletler On yıl görüşlerinin uygulanmaya başlamasından kısa bir süre sonra, iki Hindistanlı yazar aşağıdaki yorumu yapmıştır.

On yıl görüşü: temiz su ve bunu yeterli seviyede sağlığa uygun bir duruma getirme hayatın temel ihtiyaçlarıdır ve bu ihtiyaçlara insanî amaçlar uğruna karşı konulamaz.

Köy görüşü: vahim bir su kıtlığı durumunda, uygun bir suyun tedariki önemli bir önceliktir –sadece içmek ve kullanmak için değil, aynı zamanda sulama için de bir önceliktir. Biraz su mevcut olduğu zaman, onun kalitesi ne olursa olsun, diğer öncelikler daha önemlidir. (Chauhan ve Gopalakrishnan 1983)

On yılın sonuçları bu eleştirmenlerin kuşkularını haklı çıkaracak gibi görünüyor. Görünen o ki aileler ve toplumlar, gelirleri ve uzun zamandır güdülen büyük amaçları arttığı biçimde enerji merdivenini aynı derecede tırmanırken, su konusunda da benzer ilerlemeyi yapar. Bunun için, ancak geçim sağlayabilecek bir seviyede, hayatta kalacak kadar faydalandığı sürece, insanlar su kaynaklarının yeterli olup olmadığına bakmadan geleneksel parasız su kaynaklarına bel bağlar. İnsanlar daha iyi duruma geldiklerinde, kabul edilebilir su kaynağı hakkındaki görüşleri değişir ve onlar daha yüksek kalite standartları ve daha fazla miktarlarda su talep etmeye başlar. Bu durumda en azından bir kısmının parasının gönüllü olarak ödenmesi ortaya çıkabilir, bununla daha güçlü ve daha teferruatlı su tedarik sistemlerinin dikkate alınması mümkün olabilir.

Farklı türdeki hizmet tedarikleri arasındaki kıyaslamaları, memnun edici biçimde yapmak zordur. Bir elektrik lambasından sağlanan elektrik ışığı ile çok sayıda mum kullanarak elde edilen hizmetin seviyesini karşılaştırmaya ailelerin teşebbüs etmesi kadar, onlar bir el-pompası sistemi ile verilen su miktarını devletin veya bir yardım kuruluşunun sağladığı bir dizel veya PV sisteminden sağlamayı ummayacaktır. Bu nedenle, yeknesak bir seviyede su tedarik temeline dayalı olarak tedarik kaynaklarını normalleştirerek su tedarik teknolojilerini karşılaştırma çalışmaları yanıltıcı sonuçlar doğuracaktır⁵. Sistemleri dağıtılan litre başına maliyet esasına dayalı olarak kıyaslamaktan ziyade, köy düzeyinde insanlar belirli bir tedarik sisteminin kabul edilebilirliğine sistemin çalışmasını sağlamak için kendilerinden istenecek katkı temeline dayalı olarak hüküm vermelerinin olasılığı yüksektir. Bunun anlamı şudur: görelî olarak küçük miktarlarda su dağıtan düşük-maliyetli kova-ve-kuyu veya el-pompası sistemlerinin düşük-gelirli bölgelerde muhtemelen gerçek durumlara uygun seçeneklerin en iyisi olacaktır.

Yapılan masrafın makul bir düzeyinin kabul edilebilir olduğu daha yüksek-gelirli bölgelerde, motorlu pompalama büyük olasılıkla finansal ve sosyal olarak uygun bir seçenek olacaktır. Yine, daha yüksek-gelirli gelişmekte olan ülkelerde kırsal kalkınma faaliyetlerinin bir parçası olarak hükümetin kırsal alan su hizmetlerine para yardımı yapmaya istekli olması ve buna malî imkânlarının elvermesi de mümkündür. Bu

⁵ Bu karşılaştırma, örneğin Cabraal ve diğerlerinin (19879 çalışmasında yapılmakta olup, söz konusu çalışmada el pompaları, dizel ve PV pompalama sistemleri karşılaştırılmakta ve “Analizin en önemli özelliği şudur ki teknolojiler aynı seviyede ve aynı kalitede hizmet sağladıkları zaman onlar karşılaştırılır” şeklinde ifade edilmektedir.

durumlarda, PV pompalama sistemleri benzinli veya dizel motorla doğrudan rekabete girer. Sağlanan hizmetin – depolama tankına pompalanan su miktarları – kullanılan harekete geçirici güç ne olursa olsun, hemen hemen aynı olması nedeniyle, karşılaştırma esas olarak maliyetlere dayanır.

Bir PV pompalama sisteminin bir dizel sistemle karşılaştırılmasında imkân dahilinde uygulanabilirliğini tasvir etmek için bir köy içme suyu ihtiyacı veya sulama için günlük 5 kWh'lik elektrik gereksinimi olan bir su tedarik sistemi kullanılabilir. Müzakere amacıyla, su tankı dahil, pompa ve tüm yardımcı teçhizatın iki sistem için de aynı olduğu farzedilebilir. Motor ve pompanın iyi kullanılması ve bakımının yapılması gerekli olacaktır ve sistemin genel gözetimine her iki halde de ihtiyaç duyulacaktır.

En kötü, ayda günlük 4 kWh/m²'lik toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviyesi (insolation level) olan bir alanda, bu elektrik miktarını (5 kWh) elde etmek için 1.400 Wp'lik bir elektrik enerjisi olan bir donatı (array) gerekli olacaktır. Donatının tamir ve bakımı için hiçbir ek masraf olmayacağı, sistemin ekonomik ömrünün 15 yıl ve yıllık faiz oranının %10 olacağı varsayımıyla, şayet kurulu (installed) maliyet 10.000 \$ ise, yıllık bazda maliyet 1.314 \$'dir.

Aynı su sağlama hizmeti her gün iki saat çalışan 2.5-kW'lik bir dizel sistemle sağlanabilir. Yatırım maliyeti yaklaşık 1.800 \$ olacaktır. Litresi 0.50 \$ dan yıllık 1.000 litrelik bir yakıt tüketimi, yatırım maliyetinin %15'i kadar yıllık tamir-bakım gideri, ilâveten pompa için yılda 500 \$ bakım gideri ve 10 yıllık makine ömrü varsayımıyla, yıllık bazda maliyet 1.560 \$'a gelmektedir. Bu varsayımlar altında, PV sistemi dizel sistemden yaklaşık %16 oranında daha ucuzdur.

Pompalamanın enerji gereksinimleri daha büyüdüğü için, PV seçeneğinin rekabet edebilirliği azalır. Bu nedenle, PV sistemleri için artan arz kapasitesinin marjinal maliyetleri dizel sistem için olanlardan çok daha yüksektir. Farzedelim ki pompalamanın enerji gereksinimi 10 kWh/gün olsun. İhtiyaç duyulan PV sisteminin gücü 2.800 Wp olur, bunun kurulu maliyeti 20.000 \$ ve yıllık bazda taksitli ödemesi 2.628 \$'dır. Bir önceki durumda zikredilen aynı dizel jeneratör günde iki saat yerine dört saat çalıştırılarak kullanılabilir, bu kullanımın ek yakıt maliyeti yıllık 500 \$'dır.

Yukarıdaki hesaplamalar açıklayıcı amaçla sunulmaktadır. Güneş enerjisinin gerçek bulunabilirliği, su gereksinimleri, PV ve dizel sistemlerin yatırım ve işletme

maliyetleri ülkeler ve bölgeler arasında büyük ölçüde birbirine benzemez. Bazı durumlarda, uygun yerde PV pompalamasının ekonomik olarak rekabet edebilmesi görece olarak yüksek olabilir; diğer ülkelerde de hiç mevcut olmayabilir. Sadece dikkatli yapılan yerel bir analiz hangi durumun geçerli olduğunu ortaya çıkaracaktır.

Yakıt arzının veya ustalık gerektiren bakımın şüpheli olduğu yerlerde, PV sisteminin lehine bir ağırlık verilebilir, fakat motor ve pompanın tamir ve bakım-onarımı için gerekli vasıflara haiz ustaların ve yedek parçaların bulunabilirliğini garanti altına almaya mutlaka dikkat edilmelidir. Güvenilir dizel yakıtını bulmada yetersizlik daha ağır sorunların belirtisi olabilir. Bu durum, PV sisteminin çalışmasını ve bakımını da aynı derecede şüpheli yapacaktır. Diğer faktörlerin de hesaba katılması gerekir. Bazı ülkelerde sulama pompalaması için kullanılan küçük benzinli motorlar yılın geriye kalan kısmında diğer alanlarda kullanılabilir. Örneğin, Bangladeş'te kuru-mevsimde su pompalaması için kullanılan motorların birçoğu yağışlı mevsimde teknelerde takma motor olarak kullanılmaktadır. Kısaca, PV pompalama sistemi için uygun yerin bulunması yerel maliyetlerin ve koşulların dikkatli bir değerlendirilmesini gerektirir.

Sağlık Klinikleri İçin PV'li Soğutucular

PV'li soğutucu sistemleri gazyağı veya LPG ile çalışan ünitelerden epeyce daha maliyetlidir. Tipik bir PV'li soğutucu sistemi, PV donatısı, akü, yük regülatörü ve soğutucu dahil, kurulmadan önce 4.000–10.000 \$ arasında mal olmaktadır. Yıllık bazda maliyetler de 800–1.500 \$ sınırları arasındadır (bkz "Aşı Soğutma", bölüm 1).

Gazyağı veya LPG'li soğutucular için karşılaştırılabilir maliyetler 1.100 \$'dan 1.500 \$'a kadar değişmektedir ve kuruluş maliyetleri önemsemeye değmez. Uganda'da EPI tarafından yapılan bir analizin bulgularına göre, yıllık bazda LPG'li soğutucuların maliyeti, %3 faiz oranından, PV'li modelin maliyetinin yaklaşık yarısı idi, daha doğrusu LPG'li için 453 \$ iken PV'li model için 939 \$'dır (Rovero 1991). EPI'nin Endonezya'da yaptığı bir inceleme, gazlı soğutucuların yıllık bazda maliyetinin 366 \$ ve PV'li model için 922 \$ olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Larsen 1992).

EPI (Zaffran 1992) tarafından yapılan bir analiz PV'li soğutucuların kullanımının uygunluğunu doğrulamak için aşağıdaki koşullara başvurulabileceği sonucuna varmaktadır:

- Başka bir yakıt arzı kullanışlı değildir.
- Diğer yakıt malzemeleri güvenilir değil ve yakıt darlığı belki aşırı faaliyetlerini engelleyecektir.
- Özel bir yakıt dağıtım sistemi veya ulusal EPI tarafından yönetilen bir sistem tasavvur edilemez.

Yakın zamanlarda yukarıdaki son kalem, gazlı soğutuculardan elde edilen ilave tecrübelerden sonra iyileştirildi. Şimdi bu aletleri çalıştırmanın güvenilirliği ve zorluğu onları genellikle memnun edici olmayan bir seçenek yaptığı düşünülmektedir. EPI'nin mevcut politikası, kullanımının basitliği ve güvenli oluşu ve düşük maliyetli olmaları sebebiyle, mümkün olan her yerde LPG'li soğutucuların seçilmesi yönündedir. Aksi durumlarda, PV'ler, düzenli bakımının yapılabilmesi ve gerektiği zaman bir an evvel tamirinin yapılmasını içeren tatminkar sözleşmelerle, seçimi yapılacak sistemdir.

PV ile Akü Şarj Etme

Araba-aküsü şarj servisleri gelişmekte olan dünyanın her tarafında bulunur. Teknik olarak uygun PV sistemleri bu fonksiyonu icra etmek için tasarlanabilir, fakat iktisadî yönden son derecede şüphelidir. Kârdan önce, her şarj için yaklaşık 2.00 \$'lık mutlak maliyetlerle, dizel jeneratörleri veya elektrik şebekesini kullanan ticari olarak piyasada bulunan servislerle rekabet etmesi genellikle imkânsızdır. Verilen bir ülkede ticari olarak tutarlı PV araba aküsü şarj etmek için uygun yer, eğer gerçekten mevcutsa, muhtemelen küçük ve uzmanlaşmış olacaktır ve yalnızca detaylı yerel inceleme vasıtasıyla belirlenebilir.

Merkezileştirilmiş PV Enerji İstasyonları

PV teknolojisinde elde edilen ilerlemeler 1980'lerde inşa edilen merkezi istasyonların maliyetlerini şimdi daha aşağıya çekeceğini ifade eder. Bununla birlikte, yüksek sermaye yatırımının asıl dezavantajları ve bu istasyonların yük artışını karşılamada esneklikten yoksun olması, olduğu gibi durmaktadır.

Merkezileştirilmiş PV istasyonları ile ilgili diğer önemli bir problem, teçhizatın son derece teferruatlı olmasıdır, özellikle teknisyenler teçhizatın yapıldığı ülkeden geldiği zaman tamir ve bakım-onarım maliyetlidir. Ayrıca, geleneksel bir elektrik şebekesinden alınacak hizmetin seviyesinde bir hizmet umarak bağlanan

hanehalkları nedeniyle, genellikle yüksek seviyede bir tüketici hoşnutsuzluğuna yol açar.

Merkezileştirilmiş PV sistemlerine ilgi bugüne kadar kazanılmış tecrübelerin ışığında azalmıştır. En azından gelecek on yılda, gelişmekte olan dünyada merkezileştirilmiş PV sistemleri uygun bir yer edinecek gibi görünmüyor. Bir GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; German Agency for Technical Cooperation; Alman Teknik İşbirliği Ajansı) raporunda ifade edildiği gibi, “Merkezi-istasyon köy sistemleri bugün dizel esaslı bağımsız şebekelere geçerli bir alternatif teşkil etmez ve güneş enerjili pillerin fiyatındaki etkili bir azalma bile bunu değiştirmeyecektir” (Biermann ve diğerleri 1992).

PV Elektrifikasyonu İle İlgili Tecrübeler

Gelişmekte olan dünyada PV'lerin kullanımı durmadan artmaktadır. Son zamanlarda yapılmış bir tahmin (Luque 1994), 100.000 ve 200.000 arasında sistemin kurulmuş olduğu yönündedir. Bunlardan 37.000'i Meksika'da, 20.000'i Kenya'da, 16.000'i Endonezya'da, 15.000'i Çin'de, 4.500'ü Tayvan'da, 1.000'i Brezilya'da ve 300'ün biraz üstünde de Filipinlerde yer almaktadır (ASTAE 1995).

Bağış yapan kuruluşlar ve devlete ait olmayan örgütler (NGO'lar) son derece karışık sonuçlarına rağmen, programların maliyetini karşılamışlardır. Bu programlardan bazıları son derece başarılı olmuştur; diğer bir kısmı da tamamen fiyasko olmuştur. Birtakım ülkede PV takımlarının ticari özel sektörle yayılması da artıyor.

Alternatifleriyle tam rekabet içinde, PV sistemlerinin kendi kendini ayakları üzerinde tutabilen ticari yayılması (difüzyonu), gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında PV teknolojisinin geçerli ve önemli bir rol kazandığının en açık göstergesidir. Gelişmekte olan birçok ülkenin kırsal alanlarında radyo kasetlerin, TV'lerin, video kaydedicilerin ve diğer yüksek teknolojlili tüketim mallarının durumundan PV'lerin yayılması görülebilir.

Gelişmekte olan ülkelerde tamamlanan veya başlanmış olan yardım veren kuruluşların desteklediği, hükümet ve özel sektör programların tümünün kapsamlı bir incelemesini burada vermek mümkün değildir. Bunun yerine, bu bölüm geçmişte yapılan ve halen devam eden faaliyetlerden bazı enstantaneler sunmaktadır, bu enstantaneler gelişmekte olan dünyada öğrenilen dersleri ve PV'lerin giderek farkına varılan kesin potansiyelini tasvir etmektedir.

PV Programlarına Yardım Yapan Kuruluşlar ve Hükümet Desteği

Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarındaki PV programlarına önemli yardım desteği 1980'li yılların başlarında başlar. Söz konusu programlarda yer alan kuruluşlar ve ülkeler Dünya Bankası, Birleşmiş Milletler Uluslar arası Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Avrupa Topluluğu (EC), ABD, Japonya, Fransa, İtalya, Hollanda, Avustralya ve Belçika'yı kapsar. Yardım verenin destek çeşidi programlar arasında

oldukça değişmektedir. Örneğin, *Agence Française la Maîtrise de l'Energie* (Enerji için Fransız Öğretmenlik Ajansı – AFME) tarafından desteklenen programlara toplam yatırım maliyetlerinin genellikle %90'ına kadar sübvansiyonlar verilmektedir. Bazı durumlarda, sistemlerin maliyetleri her hane halkı için fevkalade yüksek olup, 14.000 \$'a çıkmıştır. Bu nedenle Fransız desteği alan Martinique, Guadeloupe, Guyana ve Réunion gibi çok sayıda ülkede, kırsal alanda yaşayan müşteriler bir elektrik bağlantısı için yasal bir hakka sahiptir. Bu son derece yüksek fiyatlarda olsa bile, yerel hizmet kurumları bir PV tesisinin en az maliyetli çözüm olabileceğini sezmiştir. Diğer yardım kuruluşları daha kısıtlı sübvansiyon veya kredi imkânları sağlamıştır.

Başlangıçta çok sayıda yardım programları bir dizi teknik ve diğer problemlerle karşı karşıya geldi. 1980'lerin ortasında uygulanan, Pasifik Adaları için EC tarafından parası verilen program aşırı elektrik tüketimi olan yük regülatörleri, standardında belirtilen randımanın %20 daha altında çalışan modüller (kapsül) ve fiilî kapasitesi 60 Ah olan 100-Ah'lik akülerin sıkıntısını çekti (Dawson 1988). Diğer birçok programda da benzer teçhizat yetersizlikleri ortaya çıktı.

PV sistemlerinin hemen hemen bakım-onarımının parasız olacağı ve deneyimsiz yerel insanlarla bu işlerin yapılabileceği gibi bir yanlış düşünceyle birçok program tamir ve bakım-onarım problemlerini gereğinden çok eksik değerlendirdi. Bu yüzden programlar kalifiye teknisyenler tarafından sürekli bakım ziyaretleri ve kolaylıkla ulaşılabilecek yerlerde yeterli miktarda yedek parça stoku bulundurma konusunda çok az tedbir aldı. Ayrıca, geniş bir alana yayılmış, izole edilmiş alanlarda kurulmuş sistemler tamir ve bakım-onarım ziyaretlerini zorlaştırmıştır. Netice itibariyle, bu tesislerin birçoğu başarısızlığa uğradı ve tek kelimeyle terk edildi.

Başlangıçtaki programların başka bir problemi, birçok tanıtım projesinin yankısına uygun potansiyeline göre proje sahiplerinin yetersiz ödeme yapması olmuştur. Bu durum özellikle merkezileştirilmiş köy-seviyesinde enerji istasyonları için doğrudur. Dizel yakıttan tasarruf etmek için Mısır'da Wadi El-Raiyan'da kurulan 38-kW'lık bir buz yapma sisteminin 1.3 milyon \$'lık bir tahmini maliyeti vardı ve bir asırdan daha fazla bir geri ödeme periyodu vardı.

Nihayet, sistemleri satın alan ülkelere sağlanan enformasyon ve eğitim düzeyi çoğunlukla yetersizdi. Birçok alıcı ülkeye nasıl tasarlandığı, maliyet veya performans açısından alternatifleriyle nasıl karşılaştırıldığı konusunda bilgilendirilmeden sadece

teçhizat sunuldu. Yenilenebilir enerji bütçesi sınırları dahilinde finansman sağlanan projelerin dizelle herhangi bir karşılaştırma yapılmasından açık bir şekilde hariç tutulduğu anlamını ifade etti. Operatör eğitimi ciddi olarak yetersizdi. Örneğin, Etiyopya’da finansmanı sağlanan bir PV pompalama projesinde sistemler veya teknisyenlerin eğitimi konusunda hiçbir bilgi verilmedi, ekipmanların çoğu arızalı idi ve ülkeye taşınan 30 sistemden sadece 18’i kuruldu ve bunlardan sadece 3’ü şu anda çalışmaktadır. Aşırı hevesli tanıtımla birleşen bu tür tecrübeler PV’ler için önemli bir güvenilirlik problemi yarattı.⁶ PV tutkunlarının ve destekleyicilerinin mevkilerinin dışında, PV’ler pahalı, güvenilmez ve kırsal kalkınmanın gerçek ihtiyaçlarına göre büyük ölçüde kenarda kalmış olarak bir ün kazandı. Gelişmekte olan dünyanın kırsal alandaki hayat standartlarını yükseltebilecek PV’lerin potansiyel katkısı yönünde daha olumlu tutum yaratmak ve yukarıda zikredilen olumsuz görüşlere karşılık vermek için geçtiğimiz iki veya üç yıl içinde teknik ilerlemeler, fiyat indirimleri ve daha ölçülü yaklaşımlar yapılmıştır.

GTZ Programları

GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; German Agency for Technical Cooperation; Alman Teknik İşbirliği Ajansı) 1980’lerin başlarından beri PV’lerin gelişmesine katkıda bulunmada en aktif ajanslar arasında yer almıştır. GTZ’nin Filipinlerdeki programı geliştirmekte olan dünyada yardım veren ajansların finanse ettiği en uzun süreli programlardan biridir (Santibanes-Yaneza ve Böhnke 1992). Filipinler programının başlangıçtaki faaliyetlerinden biri 1980’lerin ortasında Burias Adası’nda Bir Solar Enerji Kooperatifinin kurulması idi, bu kooperatifin amacı evlere dönük PV takımları (kit) için bir pazarlama örgütü olarak hareket etmektir. PV takımları, bir direk üzerine monte edilmiş 50-Wp’lik bir modül (kapsül), bir akü ve yük regülatörü, iki flüoresan lamba ve bir radyo veya radyo-kaset hizmeti için bir elektrik prizinden oluşmaktadır ve bu takımın maliyeti yaklaşık 640 \$’dır. 100’den fazla sistem kuruldu, fakat bir yıl içinde sorunlar çıktı ve iki yıl sonra akülerin yarıdan fazlası iflâs etmişti. Bu teknik fiyasko birçok insanın aldığı sistemlerin aylık taksitlerini ödememelerine yol açtı, bu durum programın finansal temeline zarar verdi. Buna rağmen, sonunda program teknik sorunları çözdü ve programın uygulanabilirliği ile

⁶ PV sistemleri için oldukça şişirilmiş iddialar aşağıdaki alıntının gösterdiği gibi tamamen geçmişte olmuş bir şey değildir: “Güneş enerjisine dayalı kırsal alan elektrifikasyon programları günlük hayatın bir çok yönünü iyileştiren, sürdürülebilir kırsal kalkınmanın en etkili araçlarından biri olarak mütalâa edilebilir. Bu programlarda yerel hükümetlerin ve uluslar arası yardım toplumunun yer alması köylüler için fakirlik devresinin kırılmasına yardımcı olur” (Barozzi ve Guidi 1993).

ilgili iyimserlik 1993 yılı itibariyle 400 ünite için yeni bir kredi paketinin hazırlanmasına yol açmıştı.

Filipinler programında kullanılan başka bir yaklaşım, evlere dönük PV kitlerini toptan satın almasına imkân vermek için bir Kırsal Elektrik Kooperatifi (REC) ile bir finansman anlaşması yapmak idi.⁷ REC'e kredi şeklinde fonlar sağlanmaktadır ve geleneksel köy elektrifikasyon faaliyetleri için Ulusal Elektrifikasyon İdaresi'nden alınan fonlara uygulandığı gibi, REC'e verilen kredinin koşulları da aynıdır. REC'in imtiyaz alanı içindeki tüketicilerden, geleneksel şebekeden bir elektrik alması programlanmamış olanlar evleri için PV sistemine başvurabilirler. Bu tüketiciler yaklaşık 200 \$ civarında bir kaparo öder, söz konusu kaparo elektrik teli tertibatı, aküler, lambalar ve yük regülatörlerini kapsar. Ayrıca, bu tüketiciler PV modülü için yaklaşık 7.50 \$ aylık kira bedeli öder. Kurulu sistemler düzenli olarak REC teknisyenleri tarafından kontrol edilir ve bakımı yapılır. PV sistemlerinin bakım hizmetinin maliyetlerini azaltmak için tüketicilerin grup halinde almaya istekli olduğu alanlara kurulmaktadır.

GTZ programı ayrıca diğer birçok adada REC'ler vasıtasıyla halka ait PV sistemlerinin yayılmasına da yardımcı oluyor. Örneğin, Guimaras Adası'nda, PV üniteleri adanın elektrikleştirilmemiş kısmındaki yerel halka ait salonlarda umumun malı olan televizyon için elektrik ve aydınlatma sağlamak için kullanılıyor. Takriben 50 ünite bu amaçla kuruldu, her ünitenin 7.5 \$'lık aylık giderini bölge konseyleri yerel REC'e öder. Bununla birlikte, sistem çok iyi işliyor gibi görünmüyor; bazı bölge konseylerinden para toplamada çok güçlük çekildiğini REC raporunda yazmıştır.

Herbiri yaklaşık 40 aileye hizmet veren dört PV akü-şarj etme sistemi Manila'nın yaklaşık 100 km güneyindeki *Isla Verde*'ye kuruldu. Verilebilecek maksimum şarj ücreti etkin bir şekilde yerel ticari akü-şarj etme servisleri tarafından belirlenmektedir. Her ne kadar teknik düzeyde sistem tatmin edici bir şekilde çalışsa da, sistemin kazancı, daha fazla olan işletme masraflarını karşılamada yetersizdir.

Endonezya Banpres Projesi

Hükümetin desteklediği çok hırslı PV programlarından biri Endonezya'daki Banpres Projesidir (Dünya Bankası / U.S. DOE 1993). Endonezya hükümeti büyük

⁷ Filipinlerde Köy elektrifikasyonu REC'ler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu kooperatifler Ulusal Elektrifikasyon İdaresi'nin genel gözetiminde yerel olarak özerk ve finansal olarak kendi ayakları üzerinde durabilen örgütlerdir.

ölçüde finanse ettiği geleneksel kırsal alan (köy) elektrifikasyon programı için kuvvetli bir şekilde destek vermektedir ve geçen on yıl içinde yıllık takriben 2.000 köy elektrikleştirilmiştir. Gelecek on yıl içinde geleneksel elektrik şebekesinden elektrik hizmeti alma beklentisi olmayan köylülere PV'lerin verilmesi onlara elektriğin faydalarını getirmenin bir yolu olarak görülmektedir. Banpres Projesi gelecekte oluşturulacak daha kapsamlı bir PV programı için bir ilk örnek (prototip) olarak tasavvur edilmektedir.

Banpres Projesine bir köyün iştirak edebilmesi için gerekli kriterler aşağıda verilmiştir:

- Köyler elektrik şebekesinden mahrum edilmiş, fakat buna rağmen dört tekerlekli bir araçla ulaşılabilir olmalıdır.
- Bölge, gelecek on yıl içinde elektrik kurumunun elektrifikasyonu için programa alınmamıştır.
- Köy, elektrifikasyon istemekte ancak elektrifikasyon için geleneksel yöntemler iktisadî ve uygulanabilir sonucu vermemektedir.
- KUD (Koperasi Unit Desai; yerel kooperatif) idarî yeterlilik ve kapasite gereksinimlerini karşılamalıdır.
- Toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviyesi (insolation level) yeterlidir.
- Köylüler ilk baştaki maliyeti ve aylık ücretleri ödeyebilir.

Program kapsamında sağlanan SHS'ler (Solar Ev Sistemleri) 45-50 Wp arası bir panel, yük regülatörü, akü ve iki lambadan oluşmaktadır. Kullanıcılar takriben 25 \$'lık bir kaparo ve on yıl için aylık 3 \$ ücret ödemektedir. Bu durum faizi olmayan 500 \$'lık bir kredinin geri ödemesini ifade etmektedir. Yukarıdaki ücretin elektrik kurumundan şebeke elektriği alan tüketicilerin ödedikleriyle karşılaştırılması mümkündür. Kullanıcılar, aldıkları aküler kullanılamaz duruma geldiği zaman yenisini satın almak istemektedir. Sistem iki lamba için günlük 7-8 saat için elektrik sağlayacak şekilde tasarlanmıştır; aydınlatma süresini kısaltarak, bir siyah-beyaz televizyon kullanılabilir. 1991-92 arasında takriben 3.000 SHS kurulmuştur.

Banpres Projesinde önde gelen örgüt olan *BPPT Teknologi* (Badan Pangkajian da Penerapan Teknologi) kırsal kalkınma ve enerjiden sorumlu bir dizi bakanlığın

temsilcilerinden oluşmaktadır. BPPT, programın teknik yönlerini denetlemekte ve SHS kullanıcılarının ödediği paralardan oluşan döner fonu yönetmektedir. Fiilî saha uygulaması kooperatif sistemi sayesinde gerçekleştirilmektedir. Yerel kooperatifler, KUD'lar, para toplama, kayıt tutma ve temel teknik destekten sorumludur, bu faaliyetleri gerçekleştirmek için onlar aylık ödemelerin küçük bir kısmını alır. Özel firmalar da BPPT Teknoloji'nin teknik şartnamesindeki maddelere uygun olarak sistemleri ve yedek parçalarını sağlamak ve satış-sonrası servis ve KUD'lara eğitim hizmeti vermekten sorumludur.

Şimdiye kadar projenin sonuçları ümit verici olmaktadır, fakat gelecekte olması muhtemel bazı problemlerin göstergeleri göze çarpmaktadır; bunlar özellikle aküleri değiştirmek gerektiği zaman, ücret ödemeleriyle; bakım-onarım düzeyleri; ve tüketicilerin, artan elektrik taleplerini karşılamak için sistemlerini genişletemediklerini gördükleri zamandaki, reaksiyonlarıyla ilgili olmaktadır. Projenin ilerlemesi büyük ilgiyle izlenecektir; Proje Endonezya'nın diğer bölgelerine (programın 40.000 üniteye ve 10 yıllık bir periyotta 1 milyon eve hizmet vermesi için genişletme planları yapılmaktadır) ve diğer ülkelere genişlemesi için birçok derslere sahip olabilecektir.

Sri Lanka Pansiyagama Projesi

Pansiyagama Projesi (Gunaratne 1994) Sri Lanka'nın kuzeybatısında 1.000 aileye SHS'leri sağlamak için tasarlandı. Bu proje Avustralya hükümetinden alınan 1.5 milyon \$'lık düşük faizli ve geri ödeme şartları kolay kredi (soft loan) ile desteklendi. 1000 sistemin tamamı Mayıs 1991'de kuruldu. Sistemlerin yaklaşık maliyeti her biri için 1000 \$'dı, fakat onlar 20 yıl için her ay 2.50 \$ ve 15 \$'lık bir peşin ödeme yapılması kararlaştırılarak ev sahiplerine son derece uygun, sübvansiyonlu koşullarda verildi. Bu aylık ödeme planı, gazyağı ile ilgili tipik hane halkı tüketim kalıbıyla karşılaştırılması mümkün olduğu için seçildi.

Bununla birlikte, proje çok geçmeden problemlerle karşılaştı. Göreli olarak önemsiz bir çok teknik sorun ortaya çıktı ve ev sahiplerini bu sorunları aylık ödemelerini vermemenin bir bahanesi olarak kullandı. Ondan sonra diğer kullanıcılar da ödememe mazeretlerini haklı çıkarmak için yalan şikayetlere başladılar. Netice olarak, bakım-onarım teknisyenleri ciddi şikayetleri almayı durdurdu. Ödemelerin seviyesi %20'ye düştüğü zaman, tüm proje itibardan düşme tehlikesinde idi. Projenin itibarını ve işlerliğini iyileştirmek için önemli bir çaba sarf edildi. Proje, kusurlu tüm sistemlerin sistematik bir yeniden gözden geçirmesini tamamladı ve en iyi şekilde

nasıl yol alınacağı konusunda kullanıcılarla istişareler yapıldı. Yerel bir firma ile uzun -vadeli bir bakım-onarım sözleşmesi yapıldı ve ödemelerin seviyesinin kabul edilebilir bir seviyeye getirilebileceği konusunda proje tatmin oldu.

Hükümet tarafından tedarik edilen sistemlerin yer aldığı projenin "tepeden inme" yapısı karşılaşılan problemlerin önemli nedenlerinden biri olarak görülmektedir. Gazyağı için ödenen harcamaya eş değerde bir maliyetle sistemlerin tedarik edilmesi hanekalarının sistemlerine verdiği değeri azalttı. Ayrıca, bölgede ticari firmaların normal fiyatlarla sistemleri satmasını da zorlaştırdı. Yine de, halen Proje istenen şekilde çalışır görünüyor ve değerli deneyimler sağlamıştır.

Tuvalu Programı

Yardım kuruluşlarının finansman desteği verdiği programın, tamamen farklı diğer bir örneği küçük Pasifik ada ülkesi Tuvalu' dadır. (bakınız Conway ve Manao 1990 ve Liebenthal, Mathur ve Wade1994). Ülkenin toplam arazisi 24.2 kilometrekaredir ve 1.2 milyon kilometrekarelik okyanus üzerine yayılmıştır. Ülkenin toplam nüfusu 8500 kişidir.

1984'de Çocukları Esirgeme Fonu (Save the Children Fund) ABD Uluslar arası Kalkınma Ajansı'ndan (U.S Agency for International Development-USAID) aldığı çekirdek parayla dış adalar üzerinde yaşayan hanekalarına PV kitlerini sağlayacak bir programa başladı. Koordinatör örgüt olarak, Tuvalu Solar Elektrik Kooperatif Kurumu (Tuvalu Solar Electric Cooperative Society -TSECS) kuruldu ve toplam 170 tane SHS sistemi inşa edildi. Bu solar ev sistemleri altı aylık montaj döneminde 35 - Wp'lik modüllerle donatıldı fakat yük regülatörlerine bağlanmadı, bu durum çok sayıda akünün zarar görmesine neden oldu. Ayrıca, ünitelerin gücü adalılardan kullanımı için normalden daha küçük kaldı. 1985'de, Avrupa Topluluğu (EC) aynı güçte 150 ünite verdi. Her ne kadar bu üniteler yük regülatörleri ile donatılmış olsalar da, regülatörler arızalı, aküler de yetersizdi. Regülatörlerin ve akülerin değiştirilmesi için verilen bir Fransız mali yardımı ile sistemin sorunları çözüldü ve böylece tüm sistemin kullanılmaya hazır hale gelmesine imkan verildi. Sonunda, sistemlerin geliştirilmesinde kullanılan ek bir EC hibesi sağlandı; şimdi bu sistemlerin her biri iki tane 42 - Wp' lik panele sahiptir.

PV programını şimdi tamamen TSECS yürütmektedir. Yukarıda değinildiği gibi, TSECS kayıtlı bir ticari girişimdir ve finansal açıdan kendi ayakları üzerinde durabileceği tahmin edilmektedir. Evlerine PV sistemleri verilen tüm ailelerden oluşan

yaklaşık 300 üyesi vardır. Günümüzde, evinde PV sistemi olmayıp da iştirak etmek isteyenlerden ziyade, evinde PV sistemi olan ailelerle üyelik sınırlandırılmıştır. EC 175 tane ilâve sistem verecek, böylece kullanılmaya hazır toplam sistem sayısı takriben 500'e ulaşacak.

Başlangıç katılma ücreti yaklaşık 40 \$'dır ve aylık 5 \$ olan ücret tek-panelli bir ünite için talep edilmektedir (çift-panelli bir ünite için aylık ücret 6 \$'dır). Tamir ve bakımdan TSECS sorumludur, bu işler her adada sürekli parası ödenen bir teknisyene yaptırılmaktadır. Üyelerin ödediği ücretler halen TSECS'in işletme giderlerini kapsamakta fakat yatırım giderlerini kapsamamaktadır. Daha güçlü olan sistemler için bir talep doğmaktadır ve hazırlanan planlarla buzdolapları ve VCR'leri çalıştırmaya uygun 8 panelliye kadar sistemler kurulacaktır. Ücret yapısı da ona göre gözden geçirilip değiştirilecektir.

Başlangıçta ortaya çıkan teknik problemlere rağmen, Tuvalu programı şimdi çok iyi çalışıyor gözüküyor. Program çok iyi bir ücret toplama oranına sahip, böylece programın sürekli olan işletme harcamaları karşılanmaktadır. Önem taşıyan bakım-onarım meselesi profesyonel bir tarzda çözülmektedir. Ayrıca, TSECS'in olması da ücret toplayıcılar ve kullanıcılar arasındaki teknik ve finansal kavgaların hakem kararıyla halledilmesi için bir araç olmaktadır ve dış yardımın bir faaliyet merkezi gibi hareket etmektedir.

Bağışçıların Finansman Desteği Verdiği SHS Programları Konusunda Özet Veri

1980'lerin ortasından 1990'ların başına kadar bir dizi yardım kuruluşunun finansman desteği ile gerçekleştirilen bazı programların ayrıntıları Tablo 5.1'de gösterilmektedir. Bununla birlikte, bunları takip etmede kullanılan çok az sayıda çalışma mevcuttur, başka bir ifade ile, tabloda gösterilen kurulu sistemlerle ilgili rakamlar ve özellikle günümüzde halen kullanılır durumda olan sistemlerin sayıları ile ilgili verilerin ihtiyatla ele alınması gerekir. Anekdot tarzındaki kanıtlar, yardım kuruluşlarının finansman ve teknik desteğinin son bulmasından sonra, birçok kurulu tesisin arızalandığını ve tamir edilmediğini ifade etmektedir.

Tablo 5.1 Hükümet ve Bağışçuların Desteklediği Seçilmiş SHS Projeleri

<i>Ülke</i>	<i>Program tarihi</i>	<i>Desteğin Kaynağı</i>	<i>PV sisteminin optimum verimi (Wp)</i>	<i>Kurulu fiyatı (US\$)</i>	<i>Ünitelerin sayısı</i>
Dominik Cumhuriyeti	1986-92	ABD, başlangıçta	38	500	2.000
Guyana	-	AFME	90-540	-	Yüzlerce
Endonezya	1987-92	Hollanda/GTZ	40	400	400
Endonezya	1991-92	Hükümet	40-50	-	3.000
Martinique/ Guadeloupe	1987-91	AFME	320-540	10.000-14.000	400
Meksika	-	Hükümet	-	-	37.000
Yeni Caledonia	1985-92	AFME	80-960	3.000-10.000	1.500
Peru	-	GTZ	40	450-500	1.000
Filipinler	-	GTZ	50	570	1.000
Polinezya	-	AFME	320-960	-	3.000
Réunion	-	AFME	160-400	-	200
Rwanda	-	GTZ	20	750	Yüzlerce
Senegal	-	GTZ/Fransa	50	530	400
Sri Lanka	1992	Avustralya	-	-	1.000

Kaynak: Meunier (1993)

PV Su Pompalama

PV pompalama tesislerinin çoğunluğu yardım veren ajansların veya NEGO'ların sübvansiyonları sayesinde yapılmış bulunmaktadır. Özellikle alternatifleriyle kıyaslanmasında, maliyetler konusunda firma ve ayrıntılı bilgi bulmak zordur.

En geniş programlardan biri Tayland'da Bayındırlık Bakanlığı'nın kontrolünde yürütülen köy su sağlama programıdır (Kirtikara 1994). Ülkenin 60.000 köyünden takriben %95'ine elektrik şebekesinden elektrik verilmiştir, fakat geriye kalanlar ekonomik olarak uygulanabilir şekilde bu hizmete gereğinden çok uzak veya erişilmez durumdadır. Bu köylerden birçoğuna pompalanan su hizmeti sağlamak için en az maliyetli seçenek olarak PV'ler seçilmiştir.

1993 yılının sonunda, ortalama kapasitesi yaklaşık 1 kWp olan toplam 350 tane sistem kuruldu ve 600 tane ek ünitenin de 1994-96 döneminde kurulması planlandı. Teçhizat, Bayındırlık Bakanlığı'nın sağladığı kamu fonuyla bulunup verilmektedir ve köylüler de buna işgücü ve inşaat malzemesi ile katkıda bulunmaktadır. Tesisin

çalışmasını emniyet altına almak için, âdil su dağıtımı ve tamir-bakım masraflarını karşılamak için paraların toplanması amacıyla yönelik köy su pompalama komiteleri oluşturulmuştur.

Mevcut bilgi eksikliğini gidermek ve politika oluşturanlara gerekli bilgiyi sağlamak için bir çabayı, PV pompalama sistemlerini geniş-ölçekli bir test programı ile GTZ başlattı. Normal işletme koşulları altında okullara, köylere, işyerlerine ve diğer kullanıcılara su hizmeti vermek için, Zimbabwe'de 15 pompalama sistemi kuruluyor. Kurulan tesislerin teknik performansını izlemek için, otomatik veri kaydedicilere uygun hale getirilmektedir. Ayrıca, proje diğer su sağlama seçenekleriyle maliyet karşılaştırmasını da yapacaktır. 1993'te ilk dört sistem kuruldu ve altı tanesinin 1994'te kurulması planlandı. Yerel özel sektör geniş bir şekilde montaj, bakım ve sistemlerin izlenmesinde yer aldı ve gerçekleştirilmesi gereken proje dört yıl sürecektir.

PV ile Aşı Soğutma

EPI kendine ait aşı programlarının geniş bir incelemesini dört ülkede gerçekleştirdi: Uganda, Endonezya, Gambiya ve Papua Yeni Gine (Rovero 1991; Larsen 1992; Hart ve diğerleri 1992; Erkkila 1990). Ana hatlarıyla elde edilen sonuç şu oldu: solar soğutucuların güvenilirliği gazlı modellerden epeyce daha yüksek idi fakat LPG'li modellerden biraz farklıydı. Yine de solar sistemlerle ilgili pek çok problem ortaya çıktı.

PV'li soğutucuların başarısızlık oranı görece olarak yüksektir. Uganda araştırması yaklaşık her üç yılda bir, ortalama olarak, toplam 760 çalışma yılında 240 bozulma kaydını ortaya çıkardı. Gaz bulmanın emniyetli olmaması hariç tutulursa, solar soğutucuların gazlı sistemlerden fazla bir göze çarpan performansa veya güvenilirlik üstünlüğüne sahip olmadığı söyleniyor (Rovero 1991). Gambiya'da ortalama güneş saati arasındaki arızalar sadece dört yılın altında idi.

1990'da inceleme yapıldığı zaman Papua Yeni Gine takriben 70 PV'li soğutucuya sahipti. Bunların önemli bir kısmı NGO'lar veya Uluslar arası Rotary Derneği gibi yardımsever dernekler tarafından hibe edildi. Yaklaşık maliyeti 450.000 \$ olan program konusunda yapılan bir yorumda, "koşullara uygun teçhizat seçimi, sistemi tedarik eden kimse veya şirketlerin nitelikleri, kullanıcıların eğitimi ve sistemin bakım-onarımı konusunda gerekli dikkat gösterilmedi" deniyor (Zaffran 1992). Araştırma sonuçları grafiklerle sistemle ilgili bulguları açıklamaktadır. PV'li sistemlerden 12

tanisi doğru dürüst çalışmıyordu. Problemlerin kaynağını akü ve diğer teknik yetersizlikler, klinik personelinin işletme bilgisinin eksik olması ve sisteme güneş ışığı sağlayan donatının gölgelenmesi oluşturmuştur. Bir keresinde, solar soğutucu ana elektrik şebekesine bağlanmıştı.

100 tane solar soğutucunun kurulu olduğu Endonezya programının yeniden incelenmesiyle, her ne kadar kuruluş işlemleri tatmin edici bir şekilde gerçekleştirilmiş olsa da, sonraki işletme ve bakım-onarımın son derece zayıf olduğu anlaşılıyor. Kontrol edilen 21 kurulu tesisten 7'si hiç çalışmıyordu veya doğru depolama sıcaklıklarını korumuyordu; ayrıca, arızaların önemli bir kısmının farkına varılmamış veya operatörler tarafından bildirilmemiştir. Ciddi bir yedek parça yokluğu çekiliyordu, kullanıcı eğitimi zayıftı, mutlak bakım yapılmıyordu ve bakım-onarım teknisyenlerinin eğitimi büyük ölçüde yetersiz kalmıştı.

Gambiya'da yapılan araştırma, yaygın problemlerin çatıya monte edilen donatılardan kaynaklandığını ortaya çıkardı. Temizleme yapmak için hiçbirine merdiven yapılmamıştı; bunlardan bazıları yoğun bir şekilde gölgelenmişti. Yere monte edilen ünitelerin bir kısmına parmaklıklar oldukça yakındı ve bu yüzden üniteleri gölgeledi; bir olayda, parmaklıkların çamaşır kurutmada kullanılması nedeniyle gölgeleme artmıştı. Bir araştırma, "Noack Solar'ın yerel acentası tarafından yönetilen kuruluş çalışması dehşete düşürüyor" diye yorum yapıyor (Hart ve diğerleri 1990).

Pasifik'te EC'nin finanse ettiği bir PV'li soğutucu programının yeniden incelenmesiyle ortaya çıkan sonuçlar benzer idi. Soğutucu modellerinden biri üreticinin teknik şartnamesinde belirttiği rakamın hemen hemen %50'sinden daha fazla enerji tüketti. Onun aküleri neredeyse sürekli olarak düzgün değildi ve zamanın %70'inde doğru dürüst çalışmıyordu. Diğer problemler montajının altıncı ayında soğutucu kabinlerinin paslanması, soğutucudan gelen sızıntının elektrik devresine zarar vermesi ve donatıların yoğun gölgelenmesinden kaynaklanmıştır. Birçok vakada, monte edildiği çatıya donatı (array) çok ağır geliyordu ve temizlemek için çatıya çıkılması zor ve tehlikeli idi. Bir klinikte gerekli aşı depolama gereksinimleri için fazla genişti ki kullanılmayan alan balık ve su depo etmede kullanıldı (Dawson 1988).

Gana'daki tecrübeler de benzer türde problemleri gözler önüne sermektedir. Kurulu 75 ünitenin sadece yarısı çalışır durumdadır. Dünya Bankası tarafından 1989-

90'da finanse edilen bir programda 30 soğutucu kuruldu; bunlardan, 17'sinin üç ay sonra çalışması durdu ve sonunda 30'unun tümü iflâs etti. Programın yeniden incelenmesi arızalı modüller, aküler ve diğer parçalar yanında zayıf bilgi ve işletme vasıflarının olduğunu ortaya çıkardı (Essandoh-Yeddu ve Ofusu 1994).

Burada PV'li soğutucuların randımanlı bir şekilde çalışamayacağı sonucu çıkarılamaz; birçoğu çalışıyor. Yine yukarıdaki tecrübelerden gazlı ve LPG'li soğutucuların sorunları olmadığı söylenemez. Bununla birlikte, bu durum Papua Yeni Gine incelemesinden elde edilen "Ne yazık ki yaygın anlayışın aksine, solar soğutucular bir kere kurulup unutulabilen ve ondan sonra bakım ve tamir ihtiyacı olmayan mucize makineler değildir. Gerçekten, tecrübelerin gösterdiği gibi, dikkatli bir planlama, hazırlık ve bakım-onarım için çok iyi kurulmuş bir destek sistemi olmaksızın EPI solar soğutucu projelerinin asgari düzeyde başarı şansları vardır" yorumunu kuvvetli bir şekilde desteklemektedir (Erkkila 1990).

Merkezileştirilmiş PV Sistemleri

Gelişmekte olan dünyada merkezileştirilmiş PV enerji istasyonlarının teknik ve finansal performansı genellikle zayıf olmuştur. Örneğin, 1982 yılında GTZ tarafından Filipinlerin Balucan adası üzerinde 60 aileye elektrik sağlamak üzere inşa edilen 13-kWp'lik bir köy enerji istasyonu bir ticari işletme için haddinden fazla pahalı olduğunu gösterdi. Dört yıl sonra istasyon yedeğe alındı ve PV elemanları diğer projelerde yeniden kullanıldı. Senegal'deki Notto istasyonu yine Utirik istasyonunda olduğu gibi, çok çeşitli işletme problemlerinden dolayı sıkıntı çekti. Etiyopya'da Mitto'da inşa edilen 31.5 kWp'lik bir istasyon bir dizi işletme probleminden sıkıntı çekti ve terk edildi. Bununla birlikte, bu olayda donatıda kullanılan 900 modülden takriben 600'ü çalındı ve yerel olarak araba aküleriyle birleştirilerek geçici SHS olarak kullanıldığı sanılmaktadır.

Utirik Adası projesi dikkatle gözden geçirilerek incelendi. Projenin gerisinde adalıların *Bikini Atol termonükleer testlerinden* kansere sebep olan radyoaktivite ile yüklenmiş olmalarının tazminatı olarak halkın ortak malı olan tesislerin yapımında harcanmak üzere almış oldukları 100.000 \$ vardı. Adalılar bu fonları PV istasyonu yapımında kullanmaya ikna edildi, yatırımın eksik kalan finansmanı için ABD Enerji Bakanlığı ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration – NASA)'nden fon sağlanmıştı.

120-voltluk doğru akım teçhizatı “çok-telli” (hard-wired) idi, bu yüzden nihai kullanıcıların sayısı, türü ve yeri kolaylıkla değiştirilemeyecekti. Projenin yeniden incelenmesiyle, adalılar arasında yüksek seviyede bir tatminsizlik olduğu ortaya çıktı. Kullanılan teçhizatın değiştirilmesi ve yeni yükler eklenmesi için sayısız girişim yapılmıştır. Birçok adalı TV ve çamaşır makinelerini kullanamadığı için hayal kırıklığına uğradı. Ayrıca, elektrik enerjinin sadece akşamleyin verilmesi nedeniyle, hiç kimse kurulu buzdolaplarını asla gündüz kullanamadı (Energy Sources International 1987).

Özel Sektör Tecrübesi

Ticari PV programlarının bir örneği Sri Lanka'da mevcuttur. Enerji ve Güneş olarak adlandırılan (şimdi Solar Enerji ve Aydınlatma Şirketi deniyor) bir özel şirket modülleri monte etmek ve ülkede PV sistemlerinin satışını artırmak için 1986 yılında kuruldu. Adı geçen şirket bir piyasa araştırmasıyla işe başladı ve yapılan araştırma özellikle araba aküsü sistemlerinin kullanıcıları arasında olmak üzere ülkede 100.000-215.000 arasında SHS için muhtemel bir piyasa olduğunu ortaya çıkardı. Şirket yerel finansal destek aldı ve bir Kanadalı firma ortak olarak 18 Wp ve 35 Wp olmak üzere iki ayrı güçte modüllerin seri üretimini yapmak için bir fabrika kurdu. Pazarlama Haziran 1998' de başladı.

Çeşitli pazarlama yöntemleri geliştirildi. Bu yöntemlerden biri, köylerden eğitilmiş fakat işsiz gençlere üç günlük eğitim kursu verilerek şirketin temsilcisi olarak tekrar onların köye gönderilmesini sağlayan bir "Benzer Acenteler Programı"nı içerdi. Acenteler satışlardan komisyon ve servis ziyareti almaktadır. 1991'de şirket önde gelen tüketim malları üreticisi Singer Ltd Şirketi ile sistemlerin pazarlamasını gerçekleştirmek için bir bağlantı kurdu. 1992 yılına kadar şirket küçük üniteleri 240 \$'dan ve büyük üniteleri 395 \$'dan olmak üzere 2500 takım satmıştı. Üç yıllık bir kredi ödeme programı mevcut olmasına rağmen, ünitelerin %80'i nakit olarak satın alındı.

Başlangıçtaki problemlerden biri şirketin sadece modülleri satması idi; diğer şirketler geriye kalan parçaları dışardan tedarik edip sattı. Bu durum lambalar, aküler ve elektrik tesisatı gibi belirli bir standardın altında olan elemanlardan kaynaklanan birçok sorunlara yol açtı. Problemler ancak firma tüm takımların pazarlama ve satış sonrası servis verme sorumluluğunu üzerine aldığı zaman çözüldü (Perera ve Gunaratne 1992). Diğer birkaç firma daha piyasaya girdi ve toplam özel sektör satışlarının takriben 4500 ünite olduğu tahmin edilmektedir.

Kenya

Ev PV sistemlerinin büyük-ölçekli özel sektör kanalıyla yayılmasında bugüne kadar en başarılı ülke Kenya'dır. 1987'den beri en az 20.000 PV ünitesinin satıldığı tahmin ediliyor. (Hankins ve Best 1992). Bu rakam ulusal enerji kurumunun Kırsal Elektrifikasyon Programı altında ulusal şebekeye bağlanan kırsal alanda yaşayan toplam tüketici sayısından fazladır.

Kenya'da önemli bir ölçeğe dayalı olarak PV'lerin plana göre yerleştirilmesi 1980'li yılların başlarında başladı ve neredeyse tamamen hükümet ve yardım veren kuruluşların projeleri dahilinde gerçekleştirildi. Bunlar arasında; uzak telekomünikasyon hizmetleri için PV enerji malzemesi, Somali mülteci kamplarına 52 pompa vermek için bir OXFAM ve oyun parklarında PV ile çalışan elektrikli parmaklıklar vardı. 1993 yılı itibariyle bu tür programlar dahilinde takriben 1 megavatlık PV kurulduğu tahmin ediliyor.

Önemli yardım programlarına katılması Kenya'da PV modüllerinin ve sistem elemanlarının tanınır hale gelmesini ve piyasada bulunur hale gelmesini kolaylaştırdı. Ayrıca, söz konusu programlar PV sistemlerinin parça montajı, kurulması, tamiri ve bakımında yerel kapasitelerin gelişmesi için bir altyapı sağladı. İlaveten, PV teknolojisinin ve kırsal alanlarda küçük ölçekli elektrik taleplerinin karşılanmasında, programın potansiyelinin olduğu konusunda, yaygın bir kamuoyu oluşturdu. Netice olarak, önemli sayıda PV takımı 1980'lerin ortasında özel hanehalklarına ticari olarak satılmaya başladı.

Kenya'da dinamik ve rekabetçi özel sektör PV'lerin sunduğu piyasa fırsatını yakalamada yetenekli idi ve bu yüzden PV'lerin yayılmasında önemli bir faktör olmuştur. Bu konuda Dünya Bankası raporu aşağıdaki yorumu yapmaktadır. Onikiden fazla firma hanehalklarına PV teçhizatı arz ediyor. Yüzlerce acente, servis personeli ve teknisyenler Kenya PV ekonomisinin altyapısını oluşturmaktadır. En az üç firma faz değiştirici şalter (inverter) monte ediyor ve baton-tipi flüoresan lambalar için transformatörleri sarıyor. Büyük çok uluslu firmalardan yerel küçük ev endüstrilerine kadar, Kenya özel sektörü ülkede PV'lerin yayılmasında enerjik bir güçtür. (Hankins ve Best 1994)

PV sistemlerinin satın alıcıları çoğunlukla daha iyi durumda olan çiftçiler, öğretmenler, diğer kamu çalışanları, kırsal alanda işyeri sahipleri ve kırsal alanlarda evleri olan şehir kökenli işçilerdir. Pazarlama basın ve radyo reklamları ve tarımsal

gösterilerle yapılan tanıtımlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Tipik bir sistem 40-Wp ile 50-Wp arasında olan bir modül ve dört lamba ile yerli yapım bir aküden oluşur. Yük regülatörü çoğunlukla sistemin maliyetini düşürmek için göz ardı edilir.

Ünitelerin satış fiyatları Filipinler gibi Asya ülkelerindeki fiyatlarla kıyaslandığında çok yüksektir. Yerli yapım 100-Ah'lik akü, dört flüoresan lamba, bir yük regülatörü ve yardımcı teçhizat ve elektrik tesisatı dahil olmak üzere 53-Wp'lik bir sistemin 1993 yılı ortasında alıcı fiyatı 922 \$'dı. Kurulu fiyatı 1.378 \$'dı. Bu fiyatlar gümrük vergisi ve katma değer vergisi toplamı olan 263 \$'ı kapsar ve parçaların vergisiz alış fiyatının yaklaşık %40'ıdır.

Özel sektörün PV faaliyetlerine Kenya hükümetinin müdahale etmeme politikası dikkate değer bir davranıştır. Görel olarak işleri yolunda ve hayat hakkında çok şey bilen kırsal alan orta sınıfın yoğun nüfusu ve ülkenin bereketli dağlık arazileri nedeniyle PV satışlarında hızlı artış sağlanmıştır. Bu alanlarda yaşayan insanların büyük çoğunluğu ülkenin kırsal alan elektrifikasyon programı çerçevesinde gelecek 5 veya 10 yıl içinde bir şebeke elektriği alma konusunda gerçekçi bir beklentisi yoktur. Bu yüzden PV'ler onların yüksek kalite aydınlatma ve radyo-kaset çalarların ve TV'lerin enerji ihtiyaçlarının karşılanması için pahalı fakat etkin ve uygun elektrik sağlamaktadır.

Özel Sektörle İlgili Özet Veri

Tablo 5.2 birkaç ülkede özel sektör PV'lerinin yayılmasının bazı ayrıntılarını göstermektedir.

Tablo 5.2 Seçilmiş Ülkelerde Özel Sektörün PV Satışları

<i>Ülke</i>	<i>Tipik Sistemin Optimum Verimi (Wp)</i>	<i>Tipik kurulu fiyat (\$)</i>	<i>Kurulu sistem sayısı</i>
Dominik Cumhuriyeti	38	500	4,000
Lesotho	35-40	900-1,000	Yüzlerce
Kenya	50	1,400	20,000
Sri Lanka	18-35	240-395	4,500
Zimbabve	20-50	750	3,000

Kaynak: Meunier (1993)

En yüksek fiyatların Kenya'da olmasına rağmen, en yüksek satışların da Kenya'da olması dikkat çekicidir. Bu durum, PV teknolojisinin yayılma oranının belirlenmesinde en önemli faktörlerin; geleneksel bir elektrik şebekesinden elektrik

alma konusunda gerçekçi herhangi bir beklentinin olmaması ve PV sistemlerini satın almaya istekli kırsal alanda yaşayan, işleri yolunda, varlıklı ailelerin olması görüşünü desteklemektedir.

PV Promosyon Programlarında Yaşanan Deneyimden Çıkarılacak Dersler

PV promosyon programlarında yaşanan deneyimden genel ve ayrıntılı çok çeşitli dersler öğrenilmiştir. Bunlar arasında çok önemli olanlar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

Gerçekçi Finansal Masraflar

Kırsal kesimde yaşayanlar için PV sistemlerinin başına dayanan, yoğun olarak sübvansiyonlu programlar konusunda, son derece kısıtlı bir kayıt vardır. Sağlanan PV sistemlerini insanların kullanmaya istekli ve kullanabilme yeteneğine sahip olabilmesine rağmen, bu sistemlerin uygun şekilde bakımını, tamirini veya değiştirmesini yapamayacaktır. Bu tür programların faydaları geçicidir ve eğer olsa bile, PV sistemlerinin kendi ayakları üzerinde durabilecek şekilde yayılmasını desteklemede faydası çok azdır. Özel sektörün fiyat kırmasıyla, onlar kendi ayakları üzerinde durabilen bir PV piyasasının gelişimini gerçekten geciktirebilir.

Uygulamaya Dönük Tasarım ve Montaj Problemleri

Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında önemli miktarda PV sistemlerinin tasarlama ve montajının uygulamaya dönük problemleri bir çok programda ciddi olarak gereği gibi değerlendirilmedi. Toprağa ulaşan günlük toplam güneş enerjisinin seviye ve yoğunluklarındaki değişimler her zaman hesaba katılmadı ve sistemler yaklaşık almaz bir şekilde ebatlandırıldı veya yerleştirildi. Kabloların, klipslerin (madeni tutturma kelepçesi), devre anahtarları ve yardımcı teçhizatın kalitesi çoğunlukla düşüktü ve paneller sağlam bir şekilde sabitleştirilmedi, yanlış yöne yönlendirildi veya ağaçlarla gölgelendi.

Parçaların imalat standartları ve sistemlerin tasarım ve montajında büyük ölçüde iyileşme olmasına rağmen, bu alanların hepsinde kusurlar yine olabilir. Bu yüzden eğer programlar başarılı olacaksa, PV programları dikkatli bir şekilde tasarlanmalı ve yönlendirilmeli, sistemin elemanları kontrol edilmeli ve montajı da uygun şekilde denetlenmelidir.

Tamir ve Bakım Anlaşmaları

Belki bugüne kadar PV programlarının en büyük kusuru yeterli tamir ve bakım sistemleri gereksiniminin ciddi olarak dikkate alınmaması olmuştur. PV sistemlerinin tamir ve bakım gereksinimleri dizel motorlu sistemlere göre daha az olmasına rağmen, bu gereksinimler yine de mutlaka karşılanmalıdır, aksi halde PV ünitesi kaçınılmaz olarak hizmet dışı kalacaktır. Sorunlar özel kişilerin kurduduğu sistemler yanında sağlık klinikleri ve okullar gibi kurumlarda da bulunmaktadır. Genellikle, uygun, düzenli koruyucu bakım ve tamir hizmeti yapılmadıkça sistemlerin işlemez hale geleceği ve terkedilmiş olacağı varsayılabilir.

Teknisyenlere sadece eğitim kursları vererek bu ihtiyaç karşılanmayacaktır. Bu teknisyenler istihdam edilmedikçe ve onların bilgi eksikliği uygun bir şekilde telâfi edilmedikçe, onlar ustalıklarını pekiştiremeyecek ve eğitim boşa gidecektir. Bu nedenle, program planlamasında sürdürülebilir tamir ve bakım servislerinin kurulmasına büyük önem verilmelidir.

Tüketiciler İçin Yeterli Bilgilendirme Gereksinimi

Kullanıcı araştırmalarının ortaya çıkardığı gibi, gazyağı ve mum veya araba aküsü şarj etmekten faydalanan insanlar genellikle bir PV sisteminden elde edilen üstün hizmetle tatmin olmaktadır. Ancak tatminin devam etmesi tüketicilerin önceden PV sistemlerinin ne yapabileceği ve neyi yapamayacağı konusunda yeterli bir şekilde bilgilendirilmelerine bağlıdır. Tüketicilerin başlangıçtaki beklentilerinin çok yüksek olduğu ve onların geleneksel ev aletlerinin kullanımına imkân verecek geniş kapasiteli elektrik hizmeti satın aldıklarını düşündüğü yerlerde, bu tüketiciler hayal kırıklığına uğramıştır ve gücenmiştir. Benzer şekilde, eğer satın aldıkları sistemden memnun olacaklarsa, tüketiciler mutlaka uygun şekilde sistemlerinin kullanımı ve bakımı konusunda yeterli şekilde bilgilendirilmelidir.

Yerel Organizasyonlarda Yeterli Yönetim Vasıflarına Sahip Olma Gereksinimi

Yerel PV kooperatiflerinin kurulduğu veya PV programlarının yürütülmesinde kullanıldığı yerlerde, yöneticilik vasıflarının gerçekçi bir değerlendirmesi mutlaka yapılmalıdır. Kooperatifler ayrıca yeterli, devamlı izleme ve destek ister. Eğer kooperatifler para topluyorsa ve bakım ve tamir hizmetleri için ödeme yapıyorsa, izleme ve destek bilhassa önemlidir. Gelecekte yapılacak tamirler için bir tarafa para koymak köy organizasyonları için zor olabilir, özellikle ve iki manaya çekilebilecek

şekilde, sistemler çok iyi tasarlanmış, güvenilir ve ilk birkaç yıl içinde herhangi bir arıza belirtisi göstermediği zaman söz konusu durum olabilir.

Kooperatifin faaliyetleri üzerinde bağımsız denetim ve kontrol bir çok durumda belki de zorunlu olacaktır. Benzer şekilde, ücretlerini ödemekten kaçınanlar veya sistemleri yeterli şekilde gözetmeyenler için elektrik bağlantısını kesme politikalarının uygulanmasında mutlaka sıkı kontrol sürdürülmelidir. Eğer bazı kimselere aşırı yumuşaklık gösteriliyorsa, ödememe alışkanlık haline gelir, ödemedi kaçınma olayları artar ve programın malî açıdan yaşama kabiliyeti zayıflar.

Karşılaştırmalı Maliyetlerin Gerçekçi Değerlendirme Gereksinimi

Bağış yapanların veya hükümet programlarının, PV sistemlerinde ticari bir piyasanın teşvikini ve gelişmesini amaçladığı yerlerde, gerçekçi ekonomik ve teknik değerlendirmeler yapmak ve geleneksel alternatifleriyle maliyet karşılaştırması yapmak gereklidir. Bu çalışmalar çoğunlukla yapılmamıştır ve söz konusu eksiklik, kurulan sistemlerin geleneksel alternatifleriyle rekabet edebilme yeteneğinden mahrum olmasına yol açmıştır. Netice itibariyle, bu programlar teknik bir düzeyde başarılı olsa bile, bir kere fonlama sona ererse, kurulu sistemlerin ekonomik ömrünün sonucunda değiştirilmesi veya işlemez duruma geldiğinde tamir edilmesi mümkün değildir. Bununla beraber, az da olsa onların diğer potansiyel kullanıcılar tarafından kabul görmesi mümkündür.

Eğer PV tanıtım veya tutundurma programları PV sistemlerinin sürdürülebilir, kendi kendini destekleyen, kendi kendini piyasaya yaymasına yol açacaksa, söz konusu programlar mutlaka teknik olarak tatmin edici olduğunu, en az maliyetli ve hedef potansiyel kullanıcı gruplar için maliyetine katlanılabilir çözümler olduğunu gerçekten göstermelidir.

Hükümetlerin ve Fon Sağlayan Ajansların Rolü

Bu raporun da gösterdiği gibi, PV, gelişmekte olan dünyanın bir çok kırsal alanlarındaki küçük enerji taleplerini karşılayan alternatif araçlarla ticari olarak rekabet edebilir ve hükümetler bu alanlardaki piyasaları teşvik etmek için çeşitli tedbirler alabilir. Bununla birlikte, gelişmekte olan dünyanın diğer bir çok alanında, PV sistemleri için az da olsa ticari bir piyasa mevcutsa, PV'lerin gelişmesine ve yayılmasına yardımcı programlar çoğunlukla korunmaktadır. Bu durum sübvansiyonlar ve sürdürülebilirlik sorularını gündeme getirmektedir. Bu nedenle, PV programlarında hükümetin veya bağış yapan ajansın tatmin edici ölçüde yer alması bir çok karmaşık finansal, kurumsal ve sosyal sorunlar doğurmaktadır.

Ticari Piyasanın Teşvik Edilmesi ve Cesaretlendirilmesi

Ticari PV piyasasında devletin/hükümetin en elverişli rolünün asgari düzeyde müdahalesini savunmak için Kenya gibi bazı makul kanıtlar ve bazı başarılı emsaller zikredilebilir. Bu bakış açısıyla, PV sistemleri tamamen tüketim mallarıdır, TV'lere, buzdolaplarına veya orta-gelirli veya üst-gelirlerin piyasasını hedefleyen görece olarak yüksek fiyatlı elektrikli mallara benzerdir ve onların promosyonu ve piyasaya arz, bakım-onarım işlerinin özel sektöre bırakılması en iyisidir.

Her şeyin piyasaya bırakılması gerektiğini öngörün yalın görüş, aynı zamanda devlet görevi gereği, kamu refahının artmasını teşvik edici olarak, özel kullanım için PV sistemlerinin yayılması işine doğrudan girmeden, PV'lerin daha uygun kullanımını kolaylaştırmak için devletin bir dizi yasal düzenlemelerle tedbir alabileceğini onaylamaktadır. Özellikle, hükümetler yardım olmadan PV sahibi olamayacak düşük gelirli gruplara yardım ederek onların PV'lere sahip olmasını sağlayabilir. Ayrıca, hükümetler insanların daha bilgili piyasa tercihleri yapmaları için onları bilgilendirebilir ve tüketicileri hileli veya tehlikeli mallara karşı korumak için yasal tedbirleri yürürlüğe koyabilir.

Kredi

PV sistemlerini satın almak için gerekli olan nispeten büyük paranın yetersiz olması kırsal alanda yaşayan aileler tarafından PV'lerin daha yaygın kullanımı için çok önemli bir engeldir. Burada, hükümetler ve yardım kuruluşları başlangıçta ihtiyaç

duyulan fonu sağlayarak çok etkin müdahalelerinden birini yapabilirler. Çeşitli yaklaşımlar mümkündür, fakat bunların büyük bir kısmı bir çeşit döner kredi fonunun kurulması için başlangıçtaki paraların tedarikine bağlıdır.

Bazı durumlarda ev sahiplerine verilen kredi PV modülü alımıyla sınırlandırılabilir. Bu durum ailelerin aküler, lambalar veya ekonomik ömrü kredi geri ödeme döneminden daha kısa olabilen elektrikli aletlerin alımı gibi elemanlara krediyi tahsis ettiği zaman karşılaşılan güçlükleri önler. 10-20 yıl ekonomik bir ömre sahip PV donatısı değerinin önemli bir kısmını korur ve tüketici kredi borcunu ödeyemezse söz konusu donatı haczedilebilir ve yeniden kullanılabilir.

Taksitle satın alma sözleşmesi başka bir olasılıktır. Bu sözleşmede, tamamen alış fiyatı ödeninceye kadar tesisat satıcının mülkiyet hakkını korur. Bu durum hem ev sahibine hem de satıcıya belirli ihtiyat tedbirleri sağlar. Eğer teçhizat işlemez hale gelirse, geri ödemeler teçhizat tamir ettirilinceye kadar durdurulabilir; aynı zamanda, eğer ev sahibi ödeme taahhütlerini yerine getirmemezse, satıcı yasal olarak teçhizatı mahkeme kararıyla geri almaya hak kazanır. Yine başka bir seçenek kiralama anlaşması olup, bu anlaşmaya göre, ev sahibi kiralama kuruluşuna düzenli ödemeler yapar. Ödemeler bitinceye kadar kiralama kuruluşunun mülkiyet hakkı devam ettiği gibi teçhizatın bakımını sağlamaya da devam eder.

Uzun vadeli kira bedelini ödeme sistemi yine başka bir alternatiftir. Bu düzenleme TV'lerin edinilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve aynı derecede PV sistemlerine de uygulanabilir. Bu tür kiralamada, kiraya veren kuruluş sistemin mülkiyetini elinde tutar ve ev sahibi kirayı ödemeye devam ettiği müddetçe sistemin bakım ve tamirinden kiraya veren kuruluş sorumludur.

Devlet veya ticari bankalar, çiftçi kredi birlikleri veya özellikle kurulu PV fonlama organizasyonları dahil olmak üzere, çeşitli kuruluşlar böyle kredili projelerin uygulanmasında kullanabilirler. Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında muhtelif amaçlar için küçük hacimli krediler tedarikinde bir hayli tecrübe kazanıldı. Bu tür planların zaten yerinde olduğu yerlerde, bu planların PV sistemlerinin kira bedelini veya alış bedelini kapsayacak şekilde genişletilmesi mümkün olabilir.

Kendi kırsal kredi anlaşmaları tecrübesi konusunda yorum yapan GTZ (Biermann ve diğerleri 1992: 16) aşağıdaki noktaları kaydediyor:

Bununla birlikte, bu yaklaşımların hepsinin müştereken bir problemi var: Bunların her biri genellikle dağınık kırsal yerleşim alanlarında yaşayan kullanıcılardan küçük kredi taksitlerinin toplanmasıyla alâkalıdır. Zaman israfı olan bu toplama görevi yönetim giderlerini öyle bir yüksek seviyeye itmektedir ki özel satıcılar, bir çok kamu hizmet kurumu bile, SHS sahiplerine dönük kredi tahsisini kârsız bulacaklardır. Bu yüzden, kooperatifler vasıtasıyla başkasına muhtaç olmadan kendi başına finanse edebilme faaliyetlerinin başlatılmasını desteklemek son derece önemlidir, çünkü özellikle bu kurumlar çoktan beri kırsal bölgelerde diğer altyapı eksikliklerini gidermeye çalışıyor (örneğin, belirli bir kaliteden aşağı içme suyu tedariki, yolların yetersizliği gibi.)

PV sistemlerinin maliyetini geri almak için becerilerin seviyesi ve istenen taahhüt ve bir sistem kurmanın örgütsel sıkıntıları hafife alınmamalıdır. İdari zayıflıklar, kötü servis veya bakım anlaşmaları ve borçlarını ödemeyen kimselere yumuşaklık gösterilmesi gibi sebepler yaygın borç ödememe olaylarını hızlandırabilir ve kredi planının etkin bir sonuca bağlanmadan dağılmasını hızlandırabilir. Finansal meseleleri idare edebilecek becerisi olan kooperatiflerin veya eş değerde kırsal organizasyonların mevcut olmadığı yerlerde, sadece PV'lerin yayılması için bu tür organizasyonları kurmaya teşebbüs etmeden önce çok ihtiyatlı davranılmalıdır.

Enformasyon ve Eğitim

İnsanların PV teknolojisinin varlığı, hangi sistemlerin alınabilir, hangilerinin alınamaz ve neyin aynı derecede önemli olduğunun farkında olması lâzımdır. Onlara bakım+onarım ihtiyacı ve bu işlemin nasıl yapılacağına söylenmesi lâzımdır. Örneğin bulutlu dönemlerde lambaların ve elektrikli aletlerin kullanımının sınırlanmasıyla PV sistemlerinden daha iyi hizmet alabilecekleri gibi, sisteme dayalı yük yönetimi konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesi gereklidir.

Kamuoyuna sadece PV kurucularından ve satış elemanlarından bilgi sağlanan yerlerde, teknolojiyi ve onun yapabileceği işleri tanımlayan görüş aşırı iyimser olabilir. Bu tarz bilgi, sistemin tekrar eden maliyetleri, bakım+onarım ihtiyacı ve satış sonrası hizmetlerle ilgili gerçeği dikkatlerden kaçırabilir. Tercihen satıcı birlikleri ile işbirliği içinde, hükümetler insanların bilerek PV teçhizat tercihlerini yapabilmesi amacıyla kamuoyunun istediği bilgiyi sağlayabilir.

PV sistemlerinin montaj, bakım ve tamirinde görev alan uzmanlar işlerini gereği gibi yapacaklarsa, onların bu konuda eğitilmeleri gerekir. PV programlarının yönetimini ve kredi geri ödemelerinin toplanmasını üstlenmek isteyenlerin olduğu yerel toplumlarda, bu işleri gerçekleştirecek personel gereği gibi eğitilmeli ve bilgiyle teçhiz edilmelidir. Gerekli eğitim kuruluşlarının, okullarda ve teknik kolejlerde, PV ile ilişkili özel sektör temsilcileriyle işbirliği içinde tasarlanan müfredat ve ders programları ile bilgi verilmesini sağlayarak, hükümetler bu ihtiyaçlara cevap verebilir.

Standartların Belirlenmesi

PV takımları maliyetli ve görel olarak teferruatlı teçhizat parçalarıdır. Ehliyetsiz veya insafsız satıcıların veya montörlerin görev veya sorumluluklarından dolayı, alıcıların sıkıntı çekmeleri son derece kolaydır. Akülerin, panellerin alanının normalden daha küçük yapılması üzerinde durmak veya yük regülatörlerini göz ardı etmek, tesislerin başlangıçtaki maliyetlerini düşürmek için yapılan yaygın hilelerdir. Paneller yanlış yöne yönlendirilerek, ağaçlar veya binalar tarafından gölgelendirilecek şekilde veya payandalarına yetersiz bir şekilde bağlanarak, tesisler çoğunlukla kusurlu olarak kurulmaktadır. Bu hataların hepsi tesislerin zayıf performansına veya tamamen devre dışı kalmasına yol açabilir.

Gözlediklerinin yerine getirildiğini emniyete almak için önlemler olarak ve PV üreticilerine standartlar belirleyerek, hükümetler halkı koruyabilir. Normal olarak ulusal standartlar, kabul edilen uluslararası standartlara dayanmalıdır. Ulusal kapasitenin mevcut olduğu yerlerde ürünlerin test edilmesi ve ruhsat verilmesi için yönetmelikler ulusal bir üniversitede veya diğer ehliyetli bir kurumda hazırlanabilir, bu kurumlar ayrıca yerel PV satıcıları için bir ruhsat hizmeti de verebilir.

Gerçekçi standartların belirlenmesi ve onların yerine getirilmesini emniyet altına almanın en etkin yöntemlerinden biri PV ticaret odaları ileri gelenlerinin belirlenen standartlara uyulacağını taahhüt etmeleri olabilir. Hükümetler bu birliklerin kurulmasını teşvik etmelidir, resmen tanınmalıdır, görevlerini gereği gibi yapıp yapmadıkları denetlenmeli ve onların başarılarının yeterli şekilde duyurulması sağlanarak onların etkinliğinin artmasına yardım edilmelidir.

Yerel İmalât

PV sistemlerinin ve parçalarının yerel imalâtı, daha düşük maliyetler, azalan ithalat ve üreticiler arasındaki daha fazla sorumluluk sayesinde avantajlar sağlayabilir. Böylece ticari PV piyasalarının gelişmesini teşvik edebilir. Ayrıca, bunun

gizli tehlike veya güçlükleri de vardır. Yeni öğreniyor olmaları ve yeterli şekilde denetlenmemelerine bağlı olarak, tecrübesiz yerel şirketler ciddi olarak teknolojinin itibarını düşürebilirler ve yıllarca onun yayılmasını engellerler. Bu nedenle, yerel imalâtı geliştirmeye çalışan hükümetler veya yardım kuruluşları yavaş yavaş ve dikkatli bir şekilde ilerlemelidir.

Yerel imalâta doğru ilk aşama takımların yerel montajını teşvik etmek olacaktır. Bu çabanın başarısı yerel teknik imkânlarla bağlı olacaktır. PV programlarında yer alan yardım kuruluşları, özellikle kendi ülkelerindeki PV firmalarıyla birlikte çalışanlar, mümkün olduğu kadar montaj ve tesisat işlerinin yerel firmalarca yapılmasına yetki vermeleri konusunda birlikte çalıştığı firmalara ısrar etmeleri için güçlü bir konumdadırlar.

PV sistemlerine aşinâlık arttıkça ve ulusal standartlar yerleştikçe, PV parçalarının imalâtı teşvik edebilir. Filipinler gibi akü, düşük voltajlı doğru akım lambaları, yük regülatörleri ve PV sistem bileşenlerini imâl etme kapasitesi olan, endüstriyel altyapısı iyi gelişmiş bir ülkede ihtiyaç duyulan tek şey yeterli standartların belirlenmesi ve muhafaza edilmesini temin etmek olacaktır. Yerel imalât altyapısı daha kısıtlı olan yerlerde, söz gelişi Zimbabve’de, aküler üretilir, fakat diğer parçaların imalât imkânları henüz mevcut değildir. Yardım kuruluşlarının ait olduğu ülke firmalarıyla ortaklık anlaşmaları yaparak kademeli bir gelişme süreci ileriye dönük en iyi yol olarak önerilebilir.

Gelişmekte olan daha küçük ülkelerde, diğer ürünlerde olduğu gibi PV sistem parçalarının yöresel imalâtındaki ilerleme muhtemelen küçük kalacaktır. Şüphesiz, çok iyi gelişmiş altyapıları olan gelişmekte olan daha büyük ülkelerde bir çok sistem parçasının imalâtı ve montajı uygun olabilir. Ayrıca, bu tür ülkeler bölgelerindeki diğer ülkelere mal ihraç edici olarak da hareket edebilir veya gerçekten dünya piyasasında rekabet edebilir. Bununla birlikte, gelişmekte olan dünyada güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren ünitelerin üretiminin yaygın olarak dağılmış olmasını beklemek hâlâ erkendir. Bu nedenle, en azından gelecek on yılda güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren PV içindeki ünitelerin üretimi görece olarak az sayıda çok uluslu büyük firmaların ilgi alanında kalması muhtemeldir.

Gümrük Resmi ve Vergiler

PV teçhizatının satışını artırmak için gerekli faaliyetleri yapanların ve satıcıların çok yaygın bahanelerinden biri PV bileşenleri ve takımları üzerindeki gümrük resmi

ve vergilerin azaltılması veya tamamen kaldırılması gerektiği yönündedir. Bununla beraber, sorun devamlı ihtilâflı bir meseledir. Bazı hükümetler, PV teçhizatının yenilenebilir bir enerji kaynağını çalışacak duruma getirmede kullanılması ve bu yüzden özel işleme lâyük olduğu gerekçesiyle, onun muaf tutulması gerektiğine inanıyor. Bazı hükümetler de PV takımlarının, üst-gelirli veya orta-gelirli aileler tarafından tüketim malı olarak üretimde kullanılmaktan ziyade tüketim için alındığını ve bu yüzden bu tür ürünlere konan gümrük resmi ve vergilerin tüm yükünü taşıması gerektiğini düşünüyor.

İthalattan alınan ve diğer vergilerin kaldırılması veya indirilmesi fiyatları aşağı çekerek şüphesiz PV kullanımını teşvik edebilir. Bunu almanın faydaları gelirdeki kaybı haklı çıkarıp çıkarmadığı, her ülkenin yapacağı ayrıntılı bir değerlendirmenin bir konusudur, fakat gazyağı veya geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu için önemli sübvansiyonların verildiği yerlerde, hükümetlerin PV'ler üzerindeki vergileri azaltması veya tamamen kaldırması makul gibi görünüyor.

PV'lerin Gayrî Ticarî, Sübvansiyonlu Promosyonu ve Yayılması

Her nasıl olursa olsun, etkin bir şekilde ticari PV piyasası teşvik edilirse, bu sadece gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında yaşayanların küçük bir kısmına hizmet edecektir. Ekseriyetle, uzun vadeli kredi sözleşmeleri olduğu zaman bile, PV sistemlerinin maliyetleri çok yüksektir. Halkın çoğunluğunun tek umudu bir PV sisteminin gayrî ticarî ve sübvansiyonlu bir temele dayalı olarak edinebileceği yönündedir.

Bu tür sübvansiyonlu PV yayma programları yaygın olarak savunulmuştur. Belki bunlardan en hırslısı "Dünya İçin Enerji" adı verilen (Palz 1994) program olup, Avrupa Komisyonu tarafından ileri götürülmüştür. Bu program tüm gelişmekte olan dünyanın köylerine 20 yıllık bir dönem içinde yıllık 3 milyar \$'lık tahmini bir yatırım tutarıyla PV elektrifikasyonu sağlayacaktır. Bu yatırım tutarı endüstriyel dünyanın arzusuna bağlı (ihtiyari) harcama kapasitesi dahilinde elverişlidir; söz konusu yatırım tutarı endüstriyel dünyanın yıllık askeri harcamalarının ancak %1'ine eşittir. Aynı zamanda, gelişmekte olan dünyaya sübvansiyonlu PV teçhizatı sağlama çabalarının kayıtları yetersizdir. Birkaç program kendi ayakları üzerinde durabileceğini kanıtladı veya teknolojinin hedef grupların dışına insan gayreti olmadan yayılmasına yol açtı. Bu programlar başarılı olacaksa, bu tür programların hedeflerinin kesinlik ve açıklıkla ifade edilmiş tanımları ve tasarımı çok dikkat edilmesi gereklidir.

Ne Tür Uygulama Ajansı?

PV'lerin yayılması için her hangi bir büyük-ölçekli programda kritik gereksinimlerden biri, etkin bir uygulama ajansıdır (vasıtası). Bunun göz önüne alınmasında, geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu ile benzerliğini araştırmak çekici olmaktadır.

Sosyal ve politik nedenlerle, hükümetler her zaman geleneksel kırsal alan elektrifikasyonunu desteklemiştir. Başlangıçtaki yüksek maliyetler ve genellikle yüklerin yavaş gelişme süreci nedeniyle bu programların finansal olarak kendine yeterli olması veya başlangıç aşamalarında kabul edilebilir bir ekonomik kârlılık oranı göstermesinin nadiren mümkün olduğu kabul edilmiştir. Eğer kırsal alan elektrifikasyonu olacaksa, genellikle kabul edildiği gibi, önemli bir miktar sübvansiyona ihtiyaç duyulacaktır.⁸

Geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu için bir devlet sübvansiyonu prensibi bir kere kabul edilirse, benzer bir desteğin PV yayılması için de sağlanması gerektiği savunulabilir. Geleneksel kırsal alan elektrifikasyonunun kapsamı dışında kalan ailelere PV takımları almak için benzer sübvansiyonların verilmesi konusunda mantıksızlık veya hakkaniyet ayrımı olmadığı görünebilir. Elektrik şebekesi götürmenin çok pahalı olduğu bu alanları göz ardı etmek yerine, elektrik kurumu hanehalklarına PV takımları sağlayabilir. Bununla beraber, bu sav her süreçte geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu, PV elektrifikasyonu ve hükümetlerin ve uygulama ajanslarının rolü arasındaki temel farkların bir kısmını göz ardı eder. Örneğin, bir devlet veya aktif olarak angaje olmuş merkezi otorite, sübvansiyon olsun veya olmasın, geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu için elzemdir. Bu nedenle, geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu ülkenin kapsamlı elektrifikasyon programı çerçevesinde gerçekleştirilmelidir. Bölgeler, yalnızca asgari sayıda tüketici elektrik hizmeti almaya istekli olduğu zaman, ekonomik olarak elektrikleştirilebilir ve bu durum mutlaka önceden tespit edilmelidir. Projeler genellikle milyonlarca dolarlık yatırım bütçelerine sahiptir ve çoğu kere daha fazla da olabilir. Sözün kısası, geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu baştan başa özenli planlamaya ihtiyaç duyan bir süreçtir. Eğer bunlar hiç olmayacaksa, rasyonel ve geçerli bir maliyette olması

⁸ Bu sübvansiyonun seviyesi bir tartışma konusudur. Sermaye yatırımları için ölçülü seviyelerde çapraz (iç+dış) sübvansiyon veya para bağışlarının çoğunlukla kabul edilebilir olduğu farzedilmektedir, şu şartla ki en azından işletme giderleri tarifelerle karşılanıyorsa işletme giderleri için büyük, sonuca bağlanmamış sübvansiyonlar kabul edilemez olarak görülmektedir.

şöyle dursun, gelişmekte olan bir çok ülkede sadece devlet veya ulusal elektrik idaresi bu rolü yerine getirme durumundadır. Eğer bu boşluk doldurulmazsa, kırsal alan elektrifikasyonu tek kelimeyle olmayacaktır.

Bunun aksine, PV'ler genel bir fiziki altyapı istemez. Bu yüzden, bir hizmetin alınıp alınmaması konusundaki kararlar az çok birbirinden etkilenmeden bireysel aileler tarafından alınabilir. Sağlanan etkin bir tamir servisinin erişilebilir olması için, belirli bir alanda PV sistemlerine sahip on veya yüz ailenin olması biraz önem taşır. Yeni tüketicilerin diğer tüketicilerin maruz kaldığı maliyetler üzerinde hiç etkisi yoktur. Gerek duyulan kapsamlı planlama veya koordinasyonun miktarı geleneksel kırsal alan elektrifikasyonu için olandan daha azdır.

Kırsal alan şebeke elektrifikasyonu ile PV elektrifikasyonu arasında diğer bazı önemli farklar da bulunmaktadır. Elektrik idaresinin temel ilgi alanları ve onun operasyonel, tamir ve bakım faaliyetlerinin çoğunluğu altyapı, enerji üretim fabrikası, iletim sistemi ve dağıtım sistemi üzerinde yoğunlaşır. Onun bireysel hanehalkı ile ilgisi, sayaç okuma sayılmazsa, ev bağlantısı için düşük voltajlı sistemin kalkış noktasında biter. PV sistemlerinde tam tersi bir durum söz konusudur. Kapsamlı bir elektrik tedarik sistemi mevcut değildir; her şey bireysel hanehalkına kalır. Elektrik tedarik altyapısı üzerinde yoğunlaşmış olmaktan ziyade, tamir ve bakım PV sistemleri olan tüm hanehalkları arasında yayılır.

Bu yüzden, PV elektrifikasyonu bir elektrik idaresi kurumunun doğal gücü ile yapılacak bir faaliyet değildir. Kamu hizmetlerine çoğunlukla gereğinden daha az para aktarılan gelişmekte olan daha fakir ülkelerde kaynaklar oldukça kısıtlıdır, mevcut sistemlerin tamir ve bakımıyla ilgili temel hizmetleri yerine getirmenin âcizliği vardır; onlardan PV elektrifikasyonu istemek anlamsızdır. Sadece daha iyi durumdaki gelişmekte olan ülkelerde, kırsal alan elektrifikasyonu ileri bir aşamada ve gereği kadar fon aktarılan ve çok iyi çalışan hizmet kurumları ile, elektrik idaresi kurumunun PV elektrifikasyonu sorumluluğunu tahsis etmesini düşünmek makul hale gelir. Örneğin; Meksika'da böyle yapılmıştır.

Ulusal bir PV ajansı olarak ulusal hizmet kurumunun olmaması durumunda, gerekli teknik becerilere sahip mevcut kurumlardan seçme ve bu tür ulusal hizmetlerin genişletilmesi özellikle daha fakir ülkelerde kısıtlı kalma eğilimindedir. Böyle bir organizasyonun kurulmasına sıfırdan başlamak muhtemelen uzun ve zor bir

süreç olacaktır. Bunun alternatif araçları, ekipmanı, iyi işleyen stokları, bölgesel depoları ve yeterli malî ve idari imkânları olan mevcut organizasyonlar üzerine inşa etmek olacaktır. Bu kriterleri karşılayabilecek organizasyonlar bayındırlık bakanlıkları veya etkili yerel NGO'ları da kapsayabilir. Yine, gerekli imkânların geliştirilmesi süreci muhtemelen yavaş olacaktır.

Finansman tedarikinde herhangi bir sorun yoksa, yeterli düzeyde uygulama ajanslarını bulma veya oluşturmanın pratik (fiili) sorunları PV programının tutunmasını sağlamaya çalışanların karşı karşıya kaldığı en zor konular arasında olacaktır. Gelişmekte olan bir çok ülkede, özellikle daha fakir olanlarda, bu sorunlar etkin aksiyon üzerinde asıl engellerden biri haline dönüşebilir.

Sübvansiyonların Sorunu

Büyük-ölçekli PV elektrifikasyon programlarına sübvansiyonların sağlanması olayına her zaman ihtiyatla yaklaşılmalıdır. Bu çok iyi niyetli tedbir çeşitli problemlerin ve istenmeyen yan etkilerin doğmasına sebebiyet verebilir. Olağanüstü bir durumda, bunun PV'lerin daha geniş bir kesime yayılmasına zararı dokunabilir ve ilerlemesini engelleyebilir.

Sübvansiyonlu programların temel etkilerinden biri, onların ticari bir piyasanın gelişmesine zarar verme eğiliminde olmalarıdır, çünkü aileler PV'leri sübvansiyonlu bir program sayesinde daha ucuza alamazlarsa, onlar PV teçhizatını satın almayacaklardır. Bu anlaşmazlığın üstesinden gelmenin bir yolu ister hükümet isterse özel kanallarla olsun tüm ekipmana genel bir sübvansiyon sağlamak olacaktır. Eğer kötüye kullanılması istenmiyorsa (Senegal'in bütan gazı sağlama programına göre sübvansiyon yapılan LPG teçhizatı ve tüplü gazın önemli bir kısmı komşu ülkelere geçiyor) yüksek seviyede bir kontrol gerektirir. Son derece titiz yönetilmedikçe, sübvansiyonlu-teçhizat programları kamu fonları üzerinde geniş ve açık-bırakılmış bir kuyu haline dönüşebilir. Ayrıca, bu durum bürokrasi tarafından aşırı bir kontrole ve ticari piyasaların ve rekabetin gelişmesini engelleyici bir hale yol açabilir.

PV'lerin sübvansiyonla desteklenmesi yine hakkaniyet ve kalkınma öncelikleri sorunlarını doğurur. Asıl yararlanan kimseler genellikle daha iyi durumda olan aileler olacaktır ki onların ticari enerji harcamaları hali hazırda yüksektir ve onlar yüksek standartlarda aydınlatma ve daha düşük maliyetlerle hayatı kolaylaştıran diğer şeyler elde edecektir. Daha âcil öncelikleri ve daha az harcanabilir gelirleri olan fakir aileler bir PV sistemine sübvansiyonlu olsa bile, yatırım yapmaya daha az istekli

olacaklardır ve yatırım yapsalar bile daha az fayda sağlayacaklardır. Başka bir ifade ile, program küt olan kırsal kalkınma fonlarını fakirlerden çok daha iyi durumda olanlara doğru kanallere edecektir. Ayrıca, daha iyi durumda olan ailelerin tüketim mallarına daha kolay ulaşmalarının sağlanması, bir çok kişinin temel ihtiyaçlarının karşılanmadığı bir çok alanda neredeyse birinci öncelik olduğu da iddia edilebilir.

Bu nedenle, sübvansiyonlar mutlaka çok dikkatli kullanılmalıdır. Sübvansiyonların amacının açıklıkla ve kesin olarak tanımlanmış olması gerekir. Onlar mutlaka dikkatli bir şekilde yönlendirilmeli ve tahdit edilmeli ki böylece onlar sonuçlanmamış hale gelmesin. Genel olarak, sübvansiyonlar kredi için döner fonların kurulması, toplumu bilgilendirme, teknisyenlerin eğitimi, standartların belirlenmesi, tüketiciyi koruma önlemlerinin alınması gibi tekrarlanmayan veya altyapısal harcamalar için kullanılmalıdır.

Kamu Hizmetleri

Sağlık, eğitim ve refah sağlamanın diğer alanları gibi bir dizi kamu hizmetlerinde hükümetler ister istemez ilgilenir ve yardımı veren kuruluşlar da geleneksel olarak önemli bir rol oynamıştır. Bu hizmetlerin karşılanmasında önemli sübvansiyonlara duyulan ihtiyaç her zaman ve her yerde kabul edilmektedir. Genel olarak, enerji toplam harcamaların sadece küçük bir kısmını teşkil etmektedir ve hizmetin sağlanmasında nadiren kesin sonuca ulaştıran bir faktördür.⁹ Temel kaygı elektrik hizmetinin güvenilir ve onun amacına uygun olması için hangi yöntemin kullanılacağı konusundadır.

Bu vakaların bazılarında, PV'ler en elverişli enerjinin arz kaynağı olabilir. Örneğin, LPG'li aşı soğutucularının uygun olmadığı yerlerdeki sağlık kliniklerinde, bu muhtemelen doğru olacaktır. Yine aynı yöntem su pompalama, sokak aydınlatma veya diğer hizmetlerde de uygulanabilir. Her durumda çok önemli gereksinim şudur: hizmetin ayrıntılı planlamasında enerji arzı onun bakış açısına göre uygun görülür ve seçilen hizmet yöntemi onun amacı için yeterlidir ve en az maliyetli alternatifler mevcuttur. Bu, tüm alternatiflerin doğru olarak göz önüne alınmasını ifade eder.

⁹ Örneğin, kırsal alanlardaki yetişkin eğitimi olayında, temel kısıtlar nitelikli öğretmen ve malzemelerin eksikliği, yeterli bir müfredat yapısının olmaması, ve bir elektrik hizmetinin yokluğundan ziyade diğer benzer faktörlerdir.

Ulusal İnceleme

PV'lerin potansiyel yeri, onun kesin tarifi ve ihtiyaç gidermede uygulanabilme potansiyeli gelişmekte olan ÷lkeler arasında aşırı derecede değişmektedir. Yeterli bir değerlendirme için, kırsal alandaki gelir seviyeleri; geleneksel kırsal alan elektrifikasyonunun gerçekleşme oranı; PV teizatının fiyatı ve piyasada bulunabilirliği; geleneksel yakıtların fiyatı; tesisin kurulması, tamir ve bakımı için teknik vasıfların hazır bulunması; kamuoyunun PV'lerin farkında olma seviyesi; ve diğer çeşitli yerel faktörler gibi çeşitli unsurlara mutlaka önem verilmelidir. Hükümetin veya yardım sağlayan kuruluşun yer almasına duyulan belirli ihtiyaç benzer şekilde ÷lkeler arasında değişmektedir.

İlgili muhtelif grupların takip etmesi gereken en elverişli vasıta ve aşamaların belirlenmesi için en etkin yol, ulusal bir PV incelemesini gerçekleştirmek olacaktır. Bu alışma bugüne kadar yaşanan PV'lerle ilgili deneyimleri gözden geçirmeli ve hangi teknolojinin hali hazırda yararlı olduğunu veya yakın gelecekte yararlı hale geleceğini; bunun yanında onun potansiyelinin gerçekleşmesindeki engeller ve bu engelleri ortadan kaldırmanın maliyetleri ve faydalarını belirlemelidir. Söz konusu incelemede, konunun talep yönüne, insanların ödeme yapmaya hazır olduğu hizmetlerin sorgulanması ve PV'lerin yararlı olduğu alanlar konusunda dikkatli bir emek harcanmalıdır.

PV'lerin potansiyeliyle ilgili bu tür incelemeler geçmişte sık yapıldığı gibi tutundurmaya dönük uygulamalar olmamalıdır. Mevcut alternatifleriyle karşılaştırmak için PV'lerin rekabet edebilirliği ve uygunluğu üzerinde tamamen ve gerçeğe uygun olarak düşün÷lmelidir. Finansal olarak rekabetçi ve kendi ayakları üzerinde durabilir olmadığı halde PV'lerin uygulamaya sokulmasını zorlama teşebbüsleri eğer herhangi bir kalkınma faydası yoksa getireceği fazla bir şey yoktur ve teknolojinin gelişmesine yardımcı olmak yerine onun itibarını düşürür.

Hükümet ve yardım sağlayan kuruluşların PV programları ile ilişkili olarak, onların nerelerde yararlı olduğunu belirlemelidir, ve bunları icra etmenin maliyet ve faydaları tahmin edilmelidir ve onların sürdür÷lebilir ve tekrarlanabilir olmasını emniyet altına almak için gerekli önlemler belirlenmelidir. Özel sektörün karışmasını göz önüne alırken, amaç piyasadaki ve dağıtım sistemlerindeki eksikliklerin belirlenmesi ve özel sektörün piyasa taleplerini karşılaması ve onun en iyi tealiz edilerek hizmet

vermesine imkân hazırlamak için söz konusu eksikliklerin ortadan kaldırılma yollarının belirlenmesine dönük olmalıdır.

Ulusal inceleme mümkün olduğu kadar somut ve özgün olmalıdır. Fiyatlar iyimser öngörülerden çok yaşanmış tecrübelere dayalı, gerçekçi olmalıdır. İcap eden faaliyetler özgün olmalı, faaliyetleri üstlenecek kuruluşlar belirlenmeli ve maliyetlerin miktarı belirlenmelidir. İncelemenin üretimi ve yayınlanması hükümetin PV'lere dönük politikasının formül şeklinde ifade edilmesi için gerçekçi ve pratik bir temel oluşturacaktır. Ayrıca, yardım veren kuruluşların müdahalelerinin kesin bir çerçevesi yanında özel sektörün yer almasının kolaylaşmasını da sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ASTAE (Asia Alternative Energy Unit). 1995. "Best Practices for Photovoltaic Household Electrification Programs: Lessons from Experiences in Selected Countries." Draft final version. World Bank, Asia Technical Department, Asia Alternative Energy Unit, Washington, D.C.
- Barlow, R., A. Derrick, and J. A. Gregory. 1994. "The Photovoltaic Industry and Prospects 1995-2005." Paper presented at the Solar for Health Symposium, World Health Organization, Geneva.
- Barozzi, L., and D. Guidi. 1993. *Prospects for the Expansion of Solar PV Technology in the Developing World*. Rome: WWF Italy.
- Batteries International*. 1993. "Who Says You Cannot Recharge Dry Cells?" Special feature, October.
- Biermann, E., and others. 1992. *Basic Electrification for Rural Households: GTZ's Experience with the Dissemination of Small-Scale Photovoltaic Systems*. Eschborn, Germany: GTZ.
- Burton, R. 1992. "Introduction to PV Technologies: Technical Issues." Paper presented to the Regional Solar Electric Training and Awareness Workshop, Nairobi, March. African Development Foundation and KENGO, Nairobi.
- Cabraal, A., and others. 1987. "A Comparative Assessment of Photovoltaics, Handpumps and Diesels for Rural Water Supply." Sandia National Laboratories report for U.S. Department of Energy.
- Chauhan, S. K., and K. Gopalakrishnan. 1983. *A Million Villages, a Million Decades?* London: Earthscan.
- Conway, J. M., and S. Manao. 1990. "Solar Power in Tuvalu." Paper presented at the Joint UNDP/ESMAP Pacific Household and Rural Energy Seminar, Vanuatu.
- Dawson, B. 1988. "SPEC Experience with Photovoltaic Projects in the Pacific." Suva, Fiji: SPEC.
- Dingley, C. 1988. "A Review of Electrification Programmes in Six Countries." Department of Electric and Electronic Engineering, University of Cape Town, South Africa.

- Energy Sources International. 1987. "Photovoltaic Power on Remote Islands in the Pacific: The Experience of Utirik Republic of The Marshall Islands." Report prepared for the Republic of the Marshall Islands, the Trust Territory of the Pacific Islands, and the U.S. Department of Energy.
- Erkkila, M. 1990. *Evaluation of Solar-Powered Refrigerators, Western Province, Papua New Guinea*. Geneva: EPI, WHO.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Programme). 1991. "Republic of Yemen: Household Energy Strategy, Phase I: A Preliminary Study of the Northern Governates." World Bank, Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- . 1992. "Philippines: Defining an Energy Strategy for the Household Sector: Vol. II, Consumption Survey." World Bank, Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- Essandoh-Yeddu, J., and K. O. Ofusu. 1994. "Evaluation of the Performance of Solar Photovoltaic Powered Refrigerators in the Health Sector of Ghana." Paper presented at the 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Amsterdam, April.
- Fernando, J. P. 1988. "Rural Electrification in Sri Lanka." Draft report for Panos Institute London.
- Green, Martin A., and Keith Emery. 1994. "Solar Cell Efficiency Tables (Version 3)." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2*: 27-34.
- Gunaratne, L. 1994. "Solar Photovoltaics in Sri Lanka: A Short History." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2*: 307-16.
- Hankins, M., and M. Best. 1994. "Photovoltaic Power to the People: The Kenya Case." Draft ESMAP document, World Bank, Industry and Energy Department, Washington, D.C., January.
- Hart, T., and others. 1990. *Solar Refrigeration in The Gambia: Programme Survey*. Geneva: WHO.
- IENPD (Industry and Energy Department, Power Development, Efficiency, and Household Fuels Division, World Bank). 1995. "Energy Strategies for Rural and

- Poor People in the Developing World." Draft paper, World Bank Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- Kirtikara, Krissanapong. 1994. "Photovoltaic Water Pumping Program: Thailand." Paper presented at Techno Indochina, Conference on Science and Technology for Indochina, Bangkok.
- Kusche, K. 1994. "PV Rural Electrification: Really an Alternative?" Paper presented at the 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Amsterdam, April.
- Larsen, G. A. 1992. *Solar Refrigerators for EPI Vaccine Storage in Indonesia: Programme Review*. Geneva: EPI, WHO.
- Liebenthal, A., S. Mathur, and H. Wade. 1994. *Solar Energy: Lessons from the Pacific Island Experience*. World Bank Technical Paper 244, Energy Series. Washington, D.C.
- Lucas, N. J. D. (No date.) "Subsistence Electricity: Renewable Energies and Development." Energy Technology Division, Asian Institute of Technology, Bangkok. Processed.
- Luque, A. 1994. "Scientific Conclusions of the 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference." Amsterdam, April.
- Meunier, B. 1993. "Document du travail sur la pre-electrification solaire individuelle." Working Paper. World Bank, Industry and Energy Department, Joint UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Programme, Washington, D.C.
- Palz, W. 1994. "Power for the World: A Global Photovoltaic Action Plan." Paper presented at the 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Amsterdam, April.
- Perera, V., and L. Gunaratne. 1992. "Photovoltaics, Entrepreneurship and the Developing World: M Insight into the Establishment of a Solar Energy Industry in Sri Lanka." In *Proceedings of the Regional Solar Electric Training and Awareness Workshop, Nairobi*. Washington: African Development Foundation.
- Peskin, Henry M., and Douglas Bames. 1994. "What is the Value of Electricity Access for Poor Urban Consumers?" Industry and Energy Department, Power Development, Efficiency, and Household Fuels Division, World Bank,

- Washington, D.C. (Background paper for *World Development Report*, May 1994.)
- Rovero, C. 1991. *Cost Analysis of Health Center Vaccine Cold Chain in Uganda*. Geneva: EPI, WHO.
- Santibanez-Yaneza, G. G., and H.-W. Böhnke. 1992. *The Philippines's Rural Photovoltaic Electrification Scheme*. Quezon City, Philippines: National Electrification Administration.
- SEI (Stockholm Environment Institute). 1993. "Rural Electrification in Mozambique, Tanzania, Zambia, and Zimbabwe." Synthesis report from the SEI/HUN (Biomass Users' Network) Workshop on Rural Electrification, Stockholm Environment Institute, Sweden.
- Technet 1991. *Report of 1991 Technet Consultation*. Geneva: EPI, WHO.
- van der Plas, R. 1988. "Domestic Lighting." Working Paper, World Bank, Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- WHO. 1991. *Cost Analysis of the Solar Cold Chain in The Gambia*. Geneva: WHO.
- WHO/CINICEF. 1993. *Product Information Sheets 7993/7994*. Geneva: WHO.
- World Bank. 1975. *Rural Electrification*. Washington, D.C.
- . 1986. "Indonesia Rural Electrification Review, " East Asia and Pacific Regional Office.
- . 1989. "Pakistan: Assessment of Photovoltaic Programs, Applications and Markets" Household Energy Unit, Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- . 1993. "Comparative Study of Solar Photovoltaics for Household Electrification: Dominican Republic." Asia Technical Department, Asia Alternative Energy Unit, World Bank, Washington, D.C.
- World Bank/ESMAP. 1994. Draft data. World Bank, Industry and Energy Department, Washington, D.C.
- World Bank/U.S. Department of Energy. 1993. "Comparative Study of Solar PV in Developing Countries: Indonesia" World Bank/U.S. Department of Energy, Washington, D.C.

Zaffran, M. 1992. *PVs in Developing Countries. Solar Energy for Primary Health Care*. Geneva: WHO.

Zimbabwe Energy Programme. 1992. "Dissemination of Photovoltaic Systems in Zimbabwe." Report prepared by Aptech Ltd. for Ministry of Energy and Water Resources and Development.