

BİRİKTİRMESİZ HİDROELEKTRİK SANTRALLER: DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUMLARI

Z. Fuat Toprak¹, Ebru Eriş²

Özet

Dünyada nüfusun artmasına bağlı olarak ihtiyaçların çeşitlenerek artması ve bu ihtiyaçlara cevap verebilecek teknolojinin gelişmesi daha fazla enerji ihtiyacı doğmasına sebep olmaktadır. Buna paralel olarak enerji konusunda gittikçe daha büyük kaygılar meydana gelmektedir. Mevcut enerji kaynaklarının sınırlı olması; özellikle fosil kökenli ve nükleer enerji kaynaklarının ekosisteme zarar verme potansiyeli ve dünyadaki politik durum, bilim ve teknoloji çevrelerini yeni enerji kaynaklarını araştırmaya itmiştir. Bu arayış özellikle ucuz, yenilenebilir ve ekosisteme zarar vermeyecek (temiz) kaynakların bulunması yönündedir. Geçmişten günümüze değin en temiz ve çevre ile en barışık, yenilenebilir ve ham madde tüketmeyen enerji kaynaklarının başında hidroelektrik enerjisi gelmektedir. Hidroelektrik enerji üretimi biriktirmeli ve biriktirmesiz santrallerle gerçekleştirilmektedir. Dünyada gelişmiş veya gelişmekte olan tüm ülkelerde bu türlerde sayısız hidroelektrik santral mevcuttur. Özellikle küresel boyutta artan çevresel duyarlılık nedeniyle her ülke teknik ve ekonomik açıdan kullanılabilecek en küçük su kaynağından sonuna kadar yararlanmaya gayret etmektedir. Bu nedenle biriktirmesiz HES'ler 1990'lardan itibaren dünya genelinde büyük bir hızla yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, biriktirmesiz HES'lerin yapılış amaçları ve koşulları, dünya ve ülkemiz genelindeki mevcut durumları araştırılmıştır.

1. Giriş

Dünyada nüfusun artmasına bağlı olarak ihtiyaçların çeşitlenerek artması ve bu ihtiyaçlara cevap verebilecek teknolojilerin gelişmesi daha fazla enerji gereksinimine neden olmaktadır. Mevcut enerji kaynaklarının sınırlı; özellikle fosil kökenli ve nükleer enerji kaynaklarının eko sisteme zarar verme potansiyelinin olması ve dünyadaki politik durum bu kaygıları daha da artırmaktadır. Enerji kaynaklarını arttırmaya yönelik bu arayış özellikle ucuz, yenilenebilir ve ekosisteme zarar vermeyecek (temiz) kaynakların bulunması yönündedir. Geçmişten günümüze değin en temiz ve çevre ile en barışık,

¹ Araş. Gör. Dr., İTÜ İnşaat Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul

² Yrd. Doç. Dr., D.Ü. Mühendislik Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

yenilenebilir ve ham madde tüketmeyen enerji kaynaklarının başında hidroelektrik enerji gelmektedir. Baraj ve inşaat teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak özellikle 20. y.y'da hidroelektrik enerji üretimi için yapılan hidroelektrik santrallerin (HES) sayısında, ciddi bir artış olmuştur. Özellikle küresel boyutta artan çevresel duyarlılık biriktirmesiz HES'leri daha popüler kılmaktadır.

Bu çalışmada da, hidroelektrik santralleriyle ilgili genel bilgiler verilmiş, hidroelektrik potansiyelin Dünyadaki ve Türkiye'deki durumuna değinilmiş ve biriktirmesiz HES'lerin yapılış amaçları ve koşulları ile dünya ve ülkemiz genelindeki mevcut durumları araştırılmıştır

2. Hidroelektrik Santraller (HES)

HES'ler; su ekonomisi ya da enerji ekonomisi yönünden, teknik özelliklerine göre ya da topoğrafik duruma göre sınıflandırılabilir de çoğunlukla santralin kurulu gücüne göre yapılan sınıflandırma tercih edilir (Özdemir, 2002; Buttanrı, 2006). HES'lerin kurulu gücüne göre yapılan sınıflandırma çeşitli ülkeler için Tablo 1'de verilmiştir. Mikro, mini ve küçük ölçekli HES'lere ek olarak kimi zaman gücü 500W'tan küçük santraller piko olarak sınıflandırılmaktadırlar.

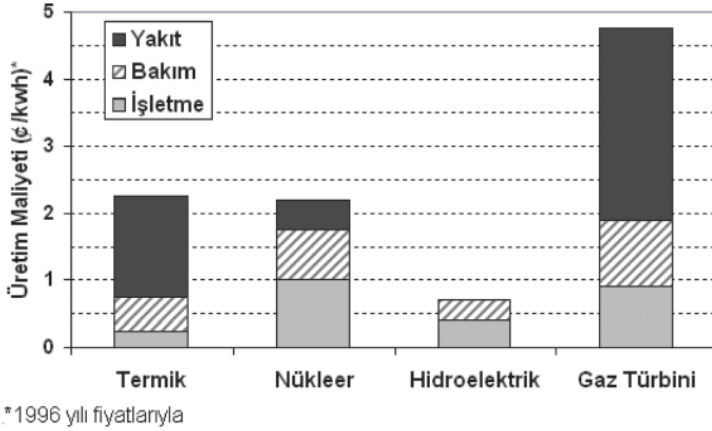
10 MW'tan küçük kurulu güce sahip HES'ler, küçük yerleşim bölgelerinin ya da yerel ağların elektrik ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlar; ulusal enerji şebekesine çok az katkıda bulunurken, büyük ölçekli HES'ler ulusal enerji şebekesinin elektrik ihtiyaçlarını karşılamakta uygundur. Bununla birlikte pek çok ülkede tüm HES'ler ulusal şebekeye bağlanmışlardır.

Tablo 1 - Kurulu güçlerine göre HES'lerin sınıflandırılması (Demirbaş, 2005)

Ülke	Mikro (KW)	Mini (KW)	Küçük (MW)	Büyük (MW)
Amerika	<100	100-1000	1-30	>30
Kanada	-	-	1-25	>25
Çin	-	<500	0.5-25	>25
Rusya	<100	-	-	-
Fransa	5-5000	-	-	>8
Hindistan	<100	101-1000	1-15	>15
UK	-	-	<5	>5
Brezilya	<100	100-1000	1-30	>30
Türkiye	1-100	101-1000	1-10	>10
Çeşitli	<100	<1000	<10	>10

Biriktirmesiz HES'ler genellikle nehir veya kanal santrali olarak tasarlandıklarında ekonomik olmaktadır. Bu tip santraller yükleme havuzunun sınırlı kapasitesi sebebiyle, çok küçük bir su depolama potansiyeline sahiptir ve sadece nehirde enerji üretimine yetecek debi olduğunda çalışabilirler (Güner ve diğ., 2008).

Öte yandan, biriktirmesiz HES'ler biriktirmeli olanlar gibi, yakıtlı santrallere nazaran düşük işletme maliyeti ile elektrik enerjisi üretir (Şekil 1), bu tür santrallerde üretilen enerji genellikle bölgede kullanıldığı için uzun iletim şebekelerine lüzum yoktur. Günümüzde çevre sorunları önemli boyutlara ulaştığından, tüm hidrolik kaynaklar gibi küçük hidroelektrik santrallerin de çevre sorunlarına katkısının yok denecek kadar az olması bu tür santraller için önemli bir avantajdır.



Şekil 1 - Enerji santrallerinin işletme maliyetleri (DSİ, 2011)

Biriktirmesiz HES'lerin avantajlarının yanı sıra bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Küçük HES'lerde 1 kW kurulu güç için gerekli yatırım maliyeti büyük santrallere göre oldukça yüksektir. Yani kurulu güç arttıkça birim kW için gerekli yatırımın maliyeti azalmaktadır. Küçük hidroelektrik santrallerin işletme giderleri büyük santrallere nazaran fazladır. Ancak türbin, jeneratör ve transformatörde standardizasyona gidilerek, işletme ve personel ücretlerinin, üretilen kWh enerji başına isabet eden miktarı azaltılabilir.

Küçük hidroelektrik santrallerde enerji üretimi meteorolojik ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak dalgalanmalar gösterir. Ayrıca hidroelektrik santralın beslediği bölgelerdeki enerji ihtiyacı günün çeşitli zamanlarında değişmektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı küçük hidroelektrik santrallerin randımanları düşüktür. Bununla birlikte, yapılan yatırıma göre etütler için yapılan harcama masrafları fazladır (Özdemir, 2002; Buttanrı, 2006).

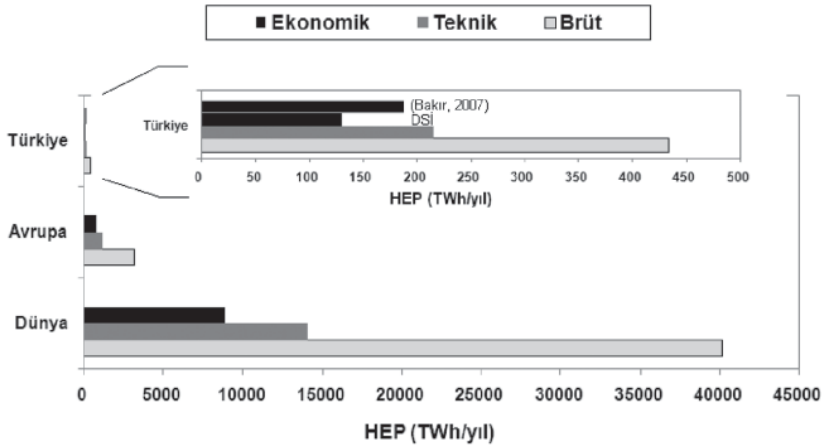
3. Dünyadaki ve Türkiye'deki Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Biriktirmesiz HES'ler

Günümüzde Güney ve Orta Asya, Latin Amerika, Afrika, Kanada, Rusya ve Türkiye gibi ülkelerde halen geliştirilmeyi bekleyen hidroelektrik potansiyel mevcutken, Batı Avrupa ve Amerika gibi bölgelerde geliştirilebilecek hidroelektrik potansiyel sınırlıdır. Bu durum, mevcut potansiyelin büyük kısmının halihazırda kullanılıyor olmasından kaynaklanmaktadır (Lako et al., 2003). Bununla birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için biriktirmesiz hidroelektrik santrallere özel bir

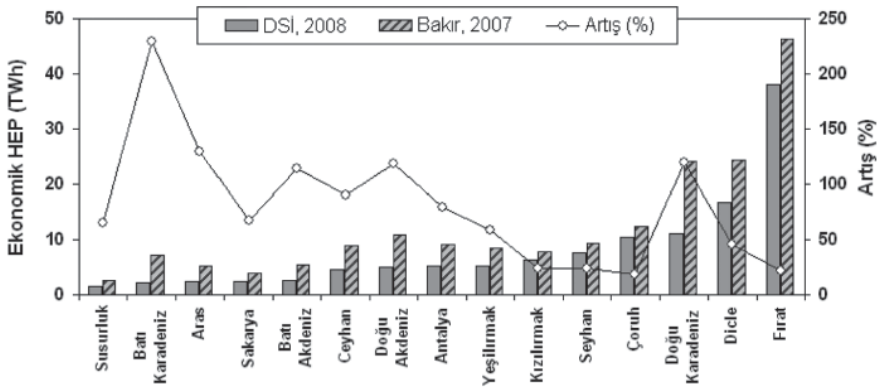
önem vermektedir. Bu ülkelerde küçük hidroelektrik santraller büyük ölçekli olanların bir alternatifi olarak değil, tamamlayıcısı olarak düşünülmektedir (Özdemir, 2002).

Brüt, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilen hidroelektrik potansiyelin (HEP) Dünyadaki, Avrupa'daki ve Türkiye'deki karşılaştırılması Şekil 2'de verilmiştir. Bakır (2007) tarafından yapılan bir çalışmada hidroelektrik tesislerin değerlendirilmesinde ekonomik fizibilite kavramı yeniden ele alınarak ekonomik olarak değerlendirilebilir HEP 188 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Bu değer DSI'nin hesapladığı 129.9 TWh/yıllık hidroelektrik potansiyelden yaklaşık %45 civarında daha fazladır.

Yeni ekonomik fizibilite kriterine göre ülkemiz havzaları için Bakır (2007) ile DSI tarafından hesaplanan ekonomik olarak değerlendirilebilir HEP değerlerine ait karşılaştırma ise Şekil 3'te görülmektedir. Buna göre ülkemizdeki akarsu havzaları için ekonomik



Şekil 2 - Brüt, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilen HEP'in Dünya, Avrupa ve Türkiye'deki durumu (Bakır, 2007; Akpınar ve diğ., 2008)



Şekil 3 - Havzalara göre ekonomik olarak değerlendirilebilir HEP'in dağılımı (Bakır, 2007; DSI, 2008; Yüksek, 2008; Toklu ve diğ., 2010)

olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelde yaklaşık %22 ile %229 arasında değişen bir artış söz konusudur. O halde biriktirmesiz HES'ler aracılığı ile ülkemizin ekonomik hidroelektrik potansiyelini artırmak mümkündür. Eğer tatlı su kaynakları artırılmıyorsa (ki hidrolojik çevirim ile sabittir) teknolojinin gelişmesine bağlı olarak mevcut kaynaklardan daha fazla yararlanılmalıdır. Nitekim enerji sektöründe dışarıya bağımlı olmamız hidroelektrik potansiyelden daha fazla yararlanmayı zorunlu kılmaktadır.

Hidroelektriğin uzun yıllardır yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılması, bu teknolojinin gelişmesine; Avrupa, Amerika, Kanada ve Japonya gibi ülkelerde 30-40 yıl önce yapılmış hidroelektrik tesislere hizmet eden endüstrinin mevcut tesislerin kurulu güçlerini arttırmaya ya da bu tesislere hidroelektrik enerji üretimini eklemeye itmiştir. Öte yandan Çin, Brezilya, Etiyopya, Hindistan, Malezya, Vietnam ve Türkiye vb. gelişmekte olan ülkelerde ise hidroelektrik enerjinin değerlendirilebilmesi için yeni tesislerin yapılması yoluna gidilmiştir (REN21, 2010). Ülkemizin biriktirmesiz hidroelektrik potansiyeli Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, 2004 yılı itibarıyla Türkiye'de ekonomik olarak değerlendirilmiş biriktirmesiz HEP yalnızca %3.3 civarındadır. Oysa, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri başta olmak üzere ülkemizin dağlık bölgeleri, biriktirmesiz HES potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, Türkiye, mikro ve küçük HES'ler ile hidroelektrik üretimini artırmayı planlamaktadır (Demirbaş ve diğ., 2004)

Tablo 2 - Türkiye'de biriktirmesiz HEP
(ESHA, 2004; Balat, 2007; Dursun ve Gökçöl, 2011)

Potansiyel	Üretim		Kapasite (MW)
	GWh/yıl	%	
Brüt	50000	100	16500
Teknik	30000	60	10000
Ekonomik	20000	40	6500
Geliştirilen (Ekonomik)	664	3.3	175
Geliştirilmemiş (Ekonomik)	19336	96.7	6325
Geliştirilmemiş (Ekonomik, çevre şartları göz önüne alınarak)	19300	96.7	6325

Türkiye'deki mevcut biriktirmesiz HES sayısı ile birlikte Avrupa Birliği (AB) üyesi ve aday ülkelerdeki biriktirmesiz HES sayıları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'ten görüldüğü gibi Türkiye'deki biriktirmesiz HES sayısı, gelişmiş AB üye ülkelerdeki HES sayısının oldukça altındandır. AB dışında, söz gelimi Çin'de biriktirmesiz HES sayısı 43000 olup, bu miktar ülke enerji ihtiyacının 19000 MW'lık kısmını karşılamaktadır. Gana'nın 2000 MW hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık 800 MW'ı küçük HES'lerden sağlanmaktadır (UN, 2006). Nepal'de yaklaşık olarak 1000 tane biriktirmesiz HES inşa edilmiştir, bunların yaklaşık %3'ünün kapasitesi 20 kW üstündedir; 400 ünitenin ise kapasitesi 0.5 ile 3 kW arasında değişmektedir. Pakistan'da, biriktirmesiz HES'leri inşa eden üç büyük kuruluş mevcut olup sadece bir tanesinin bünyesinde 200 tane biriktirmesiz HES mevcuttur. Pakistan'daki en büyük kapasiteli biriktirmesiz HES'in kapasitesi 50 kW'tır (Rijal, 2000). Birçok Avrupa ülkesi, ABD ve Kanada başta olmak üzere birçok Kıta Amerika ülkesi ve Japonya,

Rusya gibi gelişmiş Asya ülkelerinde de bu tür HES'ler mevcuttur. Küçük HES'lerin Kıta bazında toplam kapasitesi; Asya'da 32641 MW, Afrika'da 228 MW, Güney Amerika'da 1280 MW, ABD dahil Kuzey ve Orta Amerika'da 2,096 MW, Avrupa'da 10,723 MW, Avusturya - Okyanusya'da 198 MW olduğu belirtilmektedir (Upadhyay, 2005).

Türkiye toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %38'inin büyük ölçekli HES'lerden, toplam hidroelektrik üretiminin %98.5'inin barajlardan ve kapasitesi 10 MW'ın üzerindeki HES'lerden, geri kalan %1.5'luk kısmını ise direkt olarak nehirlerden ve kanal HES'lerinden sağlamaktadır (Bakış ve Demirbaş, 2004). 2015 yılı itibarıyla ülkemizde yaklaşık 130 adet biriktirmesiz HES olacağı öngörülmektedir, bu sayı yaklaşık 335 MWh güce karşılık gelmektedir (Tablo 4) (Dursun ve Gökçöl, 2011).

Tablo 3 - AB üyesi ve aday ülkelerde mevcut biriktirmesiz HES'lerin durumu
(Winkler, 2009)

Ülke	Biriktirmesiz HES Sayısı	Güç (MW)	Toplam Hidroelektrik Enerji Üretimi içerisindeki yüzdesi (%)	Toplam Enerji Üretimi içerisindeki yüzdesi (%)
Almanya	6200	1500	17	1.3
Fransa	1730	2000	8	1.8
Avusturya	1700	866	8	5
İtalya	1510	2230	11	3
Çek Cumhuriyeti	1136	250	33	1
İspanya	1106	1607	9	3
Slovenya	413	77	8	2.3
Türkiye	67	138	1.7	0.5
Bulgaristan	64	141	22	1
Danimarka	40	11	100	0.1
Macaristan	35	9	25	0.1
Estonya	13	3	100	0.2
Romanya	9	44	1.8	0.6
Hollanda	3	2	2	0.01

Tablo 4 - Türkiye'de biriktirmesiz HES'lerin 1995-2006 yılları arasındaki durumları
(ESHA, 2004; Balat, 2007; DSİ, 2006; Küçükali ve Barış, 2009)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2006	Tahmin 2015
Biriktirmesiz HES Sayısı	52	55	56	59	61	67	70	71	74	130
Üretim (GWh)	439	499	500	524	533	636	664	673	723	1250

4. Değerlendirmeler ve Sonuçlar

- Biriktirmesiz HES'ler giderek önem kazanmaktadır.
- Akılcıca planlandıkları takdirde çevre ile uyumlu elektrik enerjisi üreten biriktirmesiz HES'ler ekonomik kalkınmaya fayda sağlayabilecek konumdadır.
- Küçük HES'ler genellikle biriktirmesiz oldukları göz önüne alınırsa bu HES'lerin yapımına ağırlık verilmelidir.
- Türkiye'de HES'lerin yapımı hızlanmıştır.
- Türkiye'nin yaklaşık yıllık 186 milyar m³'lük brüt yüzeysel su potansiyelinin yaklaşık 126 milyar m³'ü kullanılabilecek durumda iken, günümüzde yalnızca %35'i değerlendirilebilmektedir. Bunun yanında mevcut potansiyelin, günümüz koşullarındaki teknik ve ekonomik gelişmeler paralelinde yeniden değerlendirilerek güncelleştirilmesi gerekmektedir.
- Bu konuda genel bilgiler verebilmek için Türkiye'de ve Dünyadaki gelişmeleri izlemek gerekmektedir.

Kaynaklar

1. Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., Kankal, M., Özölçer, İ.H., Kaygusuz, K. (2008) Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12: 2013–2039.
2. Bakır, N.N. (2007) Turkey's hydropower potential and review of electricity generation policies from EU perspective /www.ere.com.tr/.
3. Bakış, R., Demirbaş, A. (2004) Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs), Energy Sources, 26:1105–1118.
4. Balat, H. (2007) A renewable perspective for sustainable energy development in Turkey: The case of small hydropower plants, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11: 2152-2165.
5. Buttanrı, B. (2006) Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Santrallerin Tarihsel Gelişimi ve Bugünkü Durumu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
6. Demirbas A, Demirbas A. S., Demirbas A.H. (2004) Turkey's natural gas, hydropower, and geothermal energy policies, Energy Sources, 26 (3): 237-248.
7. Demirbaş, A. (2005) Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues, Progress in Energy and Combustion Science, 31: 171–192.
8. DSİ (2006) "The Statistics of Turkey Hydropower Plants", DSİ, Ankara.
9. DSİ (2008), /www.dsi.gov.tr/.
10. DSİ (2011) "Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik", Yayına hazırlayanlar; Dalkır, Ö., Şeşen, E., Ankara.
11. Dursun, B., Gökçöl, C. (2011) The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey, Renewable Energy, 36: 1227-1235.

12. European Small Hydropower Association (ESHA) (2004) Small hydropower situation in the new EU member states candidate countries, thematic network on small hydropower (TNSHP) project, Renewable Energy House, Rue du Trone 26, 1000 Brussels, Belgium (<http://www.esha.be>).
13. Güner, E., Altın, M., Nadar, A., Tör, O.B. (2008) Küçük Hidrolik Santrallerin Projelendirilmesinde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Temel Hususlar, Eleco, Bursa, s. 7-13.
14. Küçükali, S., Barış, K. (2009) Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective, Energy Policy, 37: 3872–3879.
15. Lako, P., Eder, H., de Noord, M., Reisinger, H. (2003) Hydropower development with a focus on Asia and Western Europe, Overview in the framework of VLEEM 2. project, Project Number: 7.7372. ECN Policy Studies and Verbundplan, Austria.
16. Özdemir, M.T. (2002) Küçük Güçlü Hidroelektrik Santrallerde Düşü, Debi, Yük ve Verim İlişkileri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
17. REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2010) Renewables 2010 Global Status Report, Paris.
18. Rijal, K. (2000) Mini- and Micro- Hydro Power Development: Status, Issues and Strategies for the Hindu Kush Himalayan Region, A Journal of Engineering (Publication of NESS), Vol. 9. Institute of Engineering, Kathmandu, Nepal.
19. Toklu, E., Güney, M.S., Işık, M., Çomaklı, O., Kaygusuz, K. (2010) Energy production, consumption, policies and recent developments in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14: 1172–1186.
20. UN Headquarters (2006) "Assessing Policy Options for Increasing the Use of Renewable Energy For Sustainable Development: Modelling Energy Scenarios For Ghana", New York, NY, USA
21. Upadhyay, D. (2005) Hydropower & Dams Markets of Small Hydropower in Asia, Small Hydropower Workshop, Villach.
22. Yüksek, Ö. (2008) Reevaluation of Turkey's hydropower potential and electric energy demand, Energy Policy, 36: 3374– 3382.
23. Winkler, I. (2009) Small Hydropower Resources And Prospects Of Small Hydropower Electric Plants In The Near-Border Regions Of Ukraine, Energy and Environmental Challenges to Security NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Part 6, 371-378.