

TÜRKİYE’NİN MİKRO SU KUVVETİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Onur Abay¹, Mutlu Yaşar², N. Orhan Baykan³

Özet

Son nükleer felaketler, enerjinin elde edilme yöntemlerine ilişkin tartışmaları yoğunlaştırmakta, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan su enerjisi de gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Öte yandan son dönemde Türkiye’de su enerjisi ve uygulamaları üzerine konu ile ilgili-ilsiz çevrelerce kaotik bir tartışma ortamı yaratılmıştır. Türkiye, büyük su kuvveti tesislerine ilişkin potansiyel çalışmalarında önemli bir aşama kaydetmişken, küçük suların potansiyel belirleme çalışmalarında gerekli ilerleme henüz sağlanamamıştır. 4628 sayılı yasa gereği, yakında binleri bulacak küçük ölçekli su kuvveti başvuruları, gelişigüzel yapıldıkları ve belirli bir disipline uymadıkları izlenimini vermektedir. Mikro su kuvveti tesisleri, küçük ölçekli su kuvveti tesislerine ilişkin tüm olumlu ölçütleri sağlamakta, ayrıca küçük sular için ekonomik ve pratik uygulama olanakları sunmaktadır. 03/12/2010 tarihinde yürürlüğe giren yönetmelik ile de mikro kojenerasyon tesisi tanımlanmış ve mikro enerji üretimi için bir özendirme sağlanmıştır. Bu çalışmada büyük sulara ilişkin potansiyel belirleme çalışmalarından küçük sular için bazı ek ölçütlerin türetilmesi ve geliştirilmesi ile bu ölçütlerin Türkiye’nin mikro su kuvveti potansiyelinin belirlenmesinde kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Küçük ölçekli su kuvveti tesisi, mikro su kuvveti, su kuvveti potansiyeli, debi-süre eğrisi, çatallanma oranı

1. Giriş

1986 Çernobil/Ukrayna nükleer felaketinin Türkiye ve çevre ülkeler üstündeki etkileri hala gündemdeyken, 2011’deki Fukuşima/Japonya nükleer santralindeki sızma ve eresindeki radyoaktif sızıntı, insanları enerji üretimi yöntemleri konusunda yeniden dü-

¹ İnş. Yük. Müh. – Doktorant, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kınıklı, Denizli - onurabay@hotmail.com

² Yrd. Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, Denizli - mutluyasar@pau.edu.tr

³ Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, Denizli - obaykan@pau.edu.tr

şünmeye yöneltmiştir. Nükleer santrallere sıcak bakan ülkeler bile, ya yeni santral projelerini gözden geçirmekte ya da kapatılmaları gereğini gündeme taşımaktadırlar. Temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan, ayrıca teknolojisi her yönüyle bilinen su enerjisi gün geçtikçe önemini arttırmaktadır.

Türkiye, büyük su kuvveti tesislerine ilişkin potansiyel çalışmalarını belli bir düzeye getirmiştir. Bu potansiyel kuramsal, teknik ve ekonomik olarak sırasıyla 433, 216 ve 130 bin GWh/yıl mertebesinde. Buna karşılık küçük sulara (akarsu kolu, yan dere, vb.) ilişkin çalışmalar gündemde olmakla birlikte, küçük ölçekli (küçük, mini, mikro) su kuvveti potansiyelini belirleme çalışmalarında henüz gereken ilerleme sağlanamamıştır. Ayrıca 4628 sayılı yasa gereği yakında binleri bulacak küçük ölçekli su kuvveti başvurularının gelişigüzel yapılmakta olduğu ve belli bir disipline uymadığı izlenimi uyanmaktadır.

Türkiye'nin tam üyelik için aday olduğu ve her alandaki mevzuatında, son yıllarda bir yavaşlama görülse de, uyumlaştırma çalışmalarını yürüttüğü Avrupa Birliği'nde (AB) çok sayıda mikro su kuvveti tesisi (MSKT) işletmededir. Su kaynaklarının büyük bir bölümünü geliştirmiş olan AB ülkelerinde MSKT'ler üstünde uygulamalı ve kuramsal çalışmalar geniş biçimde yürütülmekte, konuya ilişkin uzmanlaşmış kuruluşlar bulunmaktadır.

Küçük ölçekli su kuvveti tesislerinin genel anlamda olumlu yanları; büyük tesislerde karşılaşılan yatırım güçlüklerinden daha az etkilenmeleri, bağışlımlı (enterkonnek-te) sistemlerde görülen "iletim kayıpları nedeniyle kırsal kesimlere enerji götürme güçlüğü"nü gidermeleri, artan nüfus ve enerji istemi nedeniyle hidroelektrik potansiyelin tümünden yararlanma gereksinimine hizmet etmeleri, yerel olanaklar (malzeme, işgücü, finansal kaynak) ile işletmeye alınabilmeleri ve temiz-yeşil-yenilenebilir enerji kavramının gerektirdiği ölçütlerin tümünü sağlamaları olarak sayılabilir. MSKT'ler de tüm bu olumlu yanları taşımakta, ayrıca farklı uygulama biçimleri sunmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları bir sulama kanalı veya bir su sağlanım sistemi ile bütünleşik, bir savak üstünde, akarsu yatağı engellerinden yararlanarak uygulanabilenler olmak üzere sıralanabilir.

Öte yandan 03/12/2010 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik'te, mikro kojenerasyon tesisi "elektrik enerjisine dayalı toplam kurulu gücü 50 kW ve altında olan kojenerasyon tesisi" olarak tanımlanmış, "Mikro kojenerasyon veya kurulu gücü azami 500 kW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde üretim faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişiler lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaftır." maddesi ile de mikro enerji üretimi için özendirme sağlanmıştır (Resmi Gazete, 2010).

Büyük suların potansiyel belirleme çalışmaları konusunda çok çeşitli yöntemler varken, küçük sular için bazı ek ölçütlerin geliştirilmesi ve/veya türetilmesi gereklidir. Bu çalışmada böyle bir ölçütün geliştirilmesi üstünde durulmaktadır. Çalışmada kullanılabilecek yöntem sırası: 1) meteorolojik, fiziksel, varsa debi ölçüm verileri derlenmesi [DSİ ve EİEİ bültenlerinden mevcut debi ölçüm değerleri varsa elde etmek, DMİ'den ele alınan bölgeye ilişkin yağış kayıtlarını sağlamak, harita elde etmek (sayısal-uydu-haritalarının satın alınması, Google haritalarından veya 1/25000 lik haritalardan yararlanmak)]; 2) debi-süre eğrilerini elde etmek için mevcut ve geliştirilmiş debi kestirim yöntem(ler)ini kullanmak ve bundan yararlanarak debi kestirimi yapmak; 3) 1. adımdaki verilere dayanarak ve çatallanma oranlarına karar vererek mikro potansiyeli çatallanmaya göre kademelendirmek suretiyle düşüye karar vermek; 4) düşüye karar verildiğine ve debi-süre eğrisi de belli olduğuna göre gücü saptamak, biçiminde özetlenebilir.

Sonuç olarak, mikro su kuvveti potansiyelinin hesaplanması çok daha ayrıntılı ve özverili bir çalışma ve ülkenin tüm potansiyelini saptamak ise oldukça geniş bir ekip ve kapsamlı bir proje çalışması gerektirmektedir. Çalışmada elde edilecek sonuçlar, yararları yukarıda belirtilen MSKT'lerin kesin projelerinin yapılmasında, anaplanlarının hazırlanmasında ve ilk etütlerinin yapılmasında ciddi yararlar sağlayacaktır.

2. Mikro Su Kuvveti Tesisleri

2.1. Mikro Su Kuvvetinin Tanımı ve Gelişimi

Ülkelerin ekonomik yapılarındaki ve hidrolik potansiyellerindeki özellikler farklılıklar gösterdiğinden su kuvveti tesislerinin (SKT) sınıflandırılması için çeşitli ülkelerde değişik sınıflandırma ölçütleri kullanılmaktadır. Sınıflandırma tesisin kurulu gücü, tesisin ulusal şebeke ile ilişkisi (bağımsız/izole/enterkonnekte), kullanılan suyun kaynağı (akarsu, göl, pınar, iletim kanalı, vb.) ve düşü yüksekliği gibi etmenlere göre yapılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde ve Türkiye'de, "tesisin kurulu gücüne göre sınıflandırma" geniş ölçüde kabul görmüştür. Buna göre, bir veya birden fazla türbin-jeneratör ünitesi bulunan ve ünitelerin toplam kurulu gücü 10.000 kW'den küçük olan tesisler "küçük ölçekli su kuvveti tesisi (küçük ölçekli hidroelektrik santral)" olarak adlandırılmaktadır. Avrupa'da küçük su kuvveti konusunda söz sahibi en önemli kuruluş olan European Small Hydropower Association (ESHA) ve ayrıca Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen tanımlamaya göre de küçük ölçekli su kuvveti tesisleri kurulu güçlerine göre Çizelge 1'deki gibi adlandırılmaktadır (SPLASH, 2005). Çizelge 1'den, kurulu gücü 100 kW'a kadar olan küçük ölçekli su kuvveti tesislerinin mikro su kuvveti tesisi olarak adlandırıldığı görülmektedir (Şekil 1 ve Şekil 2).

Çizelge 1 - Küçük ölçekli su kuvveti tesislerinin adlandırılması ve sınıflandırılması

Adı	Kurulu Gücü
Mikro SKT	100 kW'ye kadar
Mini SKT	100-500 kW
Küçük SKT	500-10.000 kW

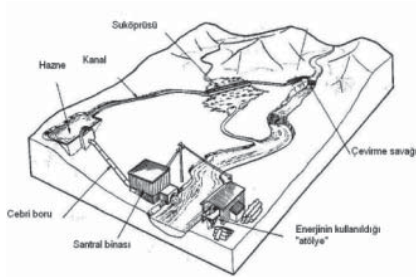


Şekil 1 - Afganistan'da 13 kW'lık bir MSKT'nin inşaatı

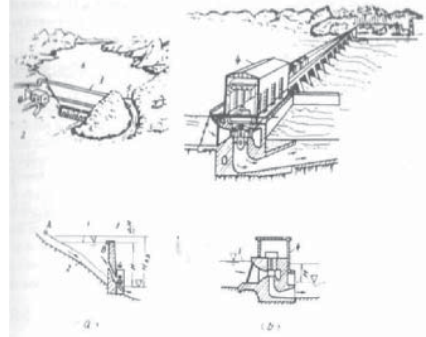


Şekil 2 - Santral binası, cebri boru ve iletim hattı ile bir MSKT

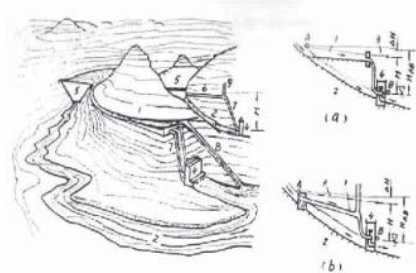
İlk çağlardan bu yana kullanıldığı bilinen su değirmenlerinin sayıları düzenli olarak artmış ve 19. yüzyılda yalnızca İngiltere'de 20.000'in üstüne çıkmıştır. Sonraları su çarkları çeşitli endüstriyel makineleri işletmek için kullanılmaya başlanmıştır. İlk verimli su türbinleri de 19. yüzyılın ortalarında görülmeye başlanmış ve birçok uygulamada hızlı su çarklarının yerini almıştır. Bu uygulamalar bir anlamda mikro su kuvvetinin öncüsü sayılabilir. Geçtiğimiz birkaç onyılda, gelişmekte olan ülkelerde mikro su kuvvetinin



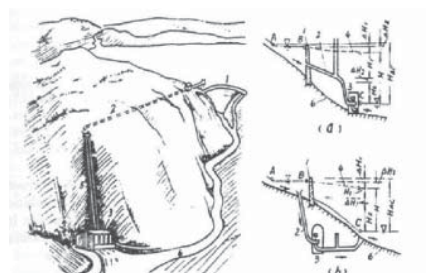
Şekil 3a - Tipik bir "kanal çevirmeli MSKT" düzenlemesi



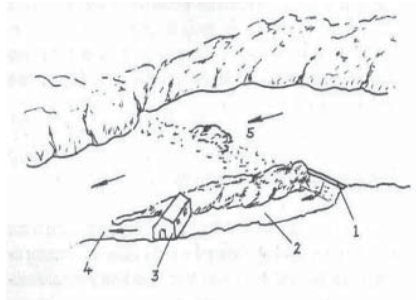
Şekil 3b - Su kuvveti için bir baraj düzenlemesi: 1. Yükselmiş su düzeyi; 2. Akarsu; 3. Baraj gövdesi; 4. Santral binası; 5. Dolusavak; 6. Hazne



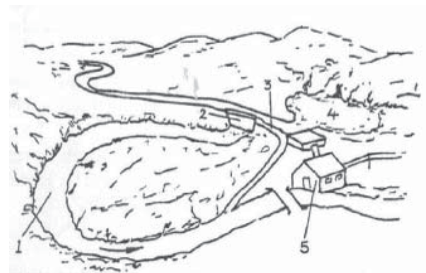
Şekil 3c - Su kuvveti için bir "çevirme" düzenlemesi: 1. Açık kanal; 2. Akarsu; 3. Enerji çizgisi; 4. Santral binası; 5. Alt baraj; 6. Basınçlı iletim hattı; 7. Cebi boru; 8. Dolusavak; 9. Denge bacası



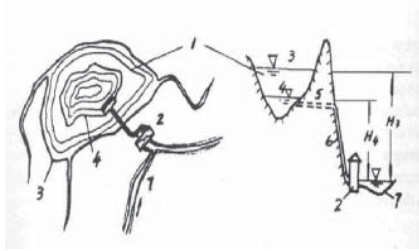
Şekil 3d - Su kuvveti için bir karma düzenleme (1: Baraj; 2: Çevirme kondüvisi; 3: Santral binası; 4: Enerji eğimi çizgisi; 5: Cebi boru; 6: Akarsu yatağı)



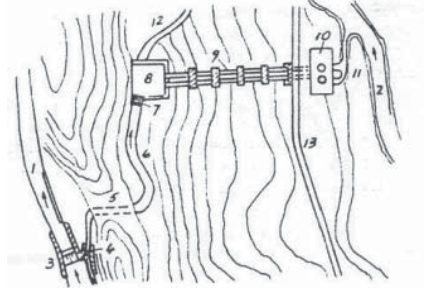
Şekil 3e - Nehiriçi uygulama: 1. Su alma; 2. Kanal; 3. Santral binası; 4. Kuyruk suyu kanalı; 5. Doğal akış



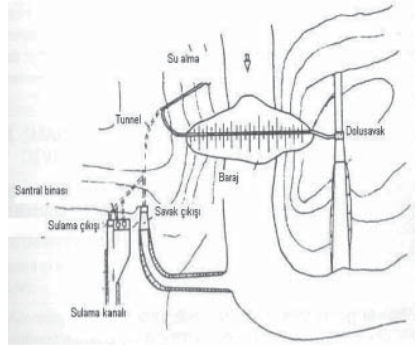
Şekil 3f - Akarsu seddesi uygulaması: 1: Akarsu seddesi; 2: Alt baraj; 3: Kanal; 4: Günlük düzenleme havuzu; 5: Santral binası



Şekil 3g - Su kuvveti için doğal göl kullanımı: 1. Doğal göl; 2. Santral binası; 3. Doğal göl yüzeyi; 4. Düşük su yükseltisi; 5. Tünel; 6. Cebri boru; 7. Akışaşağısı haznesi



Şekil 3h - Bir havza içi çevirme örneği: 1. Akarsu-1; 2. Akarsu-2; 3. Alt baraj; 4. Su alma yapısı; 5. Tünel; 6. Açık kanal; 7. Izgara; 8. Üst havuz; 9. Cebri boru; 10. Santral binası; 11. Kuyruk suyu kanalı; 12. Taşma savağı; 13. Ulaşım yolu



Şekil 3i - Su kuvveti üretimi ile bütünlüklük sulama

Şekil 3 - Farklı mikro HES uygulamaları

uzak kırsal alanların, özellikle de dağlık alanların, ekonomik kalkınmasında önemli rol oynadığı fark edilmiştir. MSKT'ler endüstriyel, tarımsal ve evsel kullanım için bir türbine eklenecek bir jeneratör yarımıyla elektrik üretebileceği gibi, doğrudan mekanik enerji de sağlayabilmektedir.

Şekil 3a'da bir "kanal çevirmeli MSKT" görülmektedir. Bu tür bir düzenlemede suyun biriktirilmesine gerek kalmamakta, bir akarsudan çevrilen su cebri borudan geçirilerek türbinlenmekte ve türbinin çalıştırdığı jeneratör ile enerji üretilmektedir. Şekil 3a'da enerji üretimi küçük bir "atölye" için simgelense de, gerekli düzenlemeler ile iletim hattı uzatılarak, örneğin, yakın bir köyün enerji gereksinimi karşılanabilir. Topografik ve hidrolojik koşullara bağlı olarak farklı yapılandırmalara gitmek olanaklı olsa da, uygulanan asal genel ilke aynıdır. Bu farklı yapılandırmalara ve uygulama biçimlerine ilişkin örneklerden bazıları Şekil 3b ile Şekil 3i'de verilmiştir (Jiandong ve diğ., 1997).

MSKT'lerin kurulması için en uygun yöreler, yıllık yağışın fazla olduğu tepelik araziler ile büyük dağ sıraları ve bunların yamaçları gibi yıl boyunca akışlı akarsuların görülebileceği yerlerdir. Düşüsü az fakat eşdeğer su kuvvetini sağlamaya yeterli akışı olan akarsulardan küçük ölçekli üretimde yararlanmak amacıyla "alçak düşümlü türbinler" geliştirilmiştir.

2.2. Mikro Su Kuvveti Tesislerinin Planlanması

Akarsuların yatak eğimlerinin farklı olması nedeniyle, enerji potansiyelinin bir bileşeni olan düşü de akarsudan akarsuya farklılık göstermektedir. Bir tesisin kurulu gücü düşüye (yükseltideki değişime) ve akarsuyun su toplama alanındaki hidrolojik durumun bir sonucu olan akım niceliğine bağlıdır. Bu temel ilkeler MSKT'ler için de geçerlidir. Bununla birlikte, atıksu arıtımı, taşkın denetimi, sulama, dinlence gibi başka amaçlar için inşa edilmiş kanal türü yapılar ile MSKT türbinlerini bağlatılabilir maninın pek çok yolu bulunmaktadır.

Ekonomik olarak gerçekleştirilebilir bir MSKT'de çevresel ölçütlerin dışında çevrilecek su, düşü ve enerji şebekesine uzaklık gibi etmenler de göz önünde tutulmalıdır. Çünkü akarsu ne kadar büyük olursa çevrilebilecek su niceliği de o oranda artmakta, aynı nicelikte enerjiyi üretmek için daha fazla düşü sağlanabiliyorsa daha az akım yeterli olmaktadır.

Bir MSKT'nin planlanmasında başlıca konular; tesis yeri planlaması (tesis yerinin topografyası ve jeomorfolojisi, su kaynaklarının değerlendirilmesi, enerji potansiyelinin belirlenmesi, temel çizimler), teknolojik planlama (türbin, jeneratör, denetim donanımı, bağlantı yeri ve gerekliyse transformatör seçimi), çevresel planlama (çevresel etki değerlendirmesi ve hafifletme ölçümleri) ve ekonomik gerçekleştirilebilirlik çalışması (öngerçekleştirilebilirlik çalışması, gerçekleştirilebilirlik çalışması ve finansal uygulama) olarak ortaya çıkmaktadır. Planlamadaki başlıca adımlar da; tesis yeri seçimi, teknoloji seçimi, plan geliştirilmesi, giderler ve finans, izinler (çevresel, inşaat ve enerji), şebeke bağlantısı ve enerji satışı, inşaat, işletme-bakım-gözetim (İBG) ve yerel planlamadır.

2.3. Mikro Su Kuvveti Tesislerinin Bazı Uygulama Biçimleri

MSKT'ler 1. Bölüm'de sayılan olumlu yanları taşımakta, ayrıca farklı uygulama biçimleri sunmaktadır. MSKT'lerin işletme nedenlerinden biri olan "su kuvveti potansiyelinin tümünün değerlendirilmesi" amacına hizmet eden bu uygulamalardan bazıları şöyledir:

Bir sulama kanalı ile bütünleşik: Türbinlerin kapalı bulunması durumunda yeterli sulama suyunun akışını sürdürmek için bir yan geçiş (bypass) bulundurulması da gereken bu uygulamada, su alma yapısı, iletim kanalı, santral binası, kuyruksuyu kanalı ve yan geçişi de bağdaştıracak ölçüde genişletilir.

Bir su sağlanımı sistemi ile bütünleşik: Genellikle içmesuyu tesislerindeki ana boru girişinde, uzak bir yerden getirilen suyun enerjisinin kırılmasından yararlanılarak enerji üretimi için özel vanalar kullanılarak uygulanır.

Bir savak üstünde: En ilginç uygulamalardan biri olan bu yöntemin $4 \times 6,5 = 26$ kW kurulu gücünde bir örneği Polonya'da tarımsal amaçlı bir savak üstünde bulunmaktadır.

Akarsu yatağı seddelerinden yararlanarak: Bu uygulamada akarsu yatağı seddeleri, akarsu üstünde enerji üretimi için kullanılabilir bir yapay düşü oluşturmada kullanılmaktadır.

2.4. Mikro Su Kuvveti Teknolojisindeki Yenilikler

Teknolojide, özellikle de otomasyonda görülen ilerlemeler, mikro su kuvvetini daha çekici duruma getirmektedir. Tam otomasyon ile çalışan tesisler, işletme giderlerini enkü-

çüklemeleri nedeniyle oldukça aranan bir konuma gelmiştir. Mikro su kuvveti teknolojisi-
sindeki son eğilimler şu biçimde özetlenebilir (SPLASH, 2005):

- Türbin, jeneratör üniteleri ve inşaat işlerinde eniyileme ve standardizasyon,
- Kazı giderlerinde azalmaya yol açan, su alma kapaklarına gerek bırakmayan, yapım ve türbin montajını basitleştiren sifon türü makinelerin kullanımı,
- Daha geniş bir işletme aralığını kapsamak ve verimlilik karakteristiklerini iyileştirmek amacıyla Francis türbinleri üstünde yapılan araştırmalar,
- Geleneksel elektronik sistemler yerine, geliştirilen bilgisayar destekli/bilgisayar tabanlı sistemlerin kullanılması.

Ayrıca gelecekteki araştırmaların kompozitler gibi yeni malzemelerin MSKT teknolojisi-
ne uygulanması ve küçük düşüler için küçük ünitelerde değişken hız ve sıklık (frekans)
dönüşümü kullanılarak yapılacak çoklu düzenlemeler üzerine yoğunlaşacağı kestiril-
mektedir.

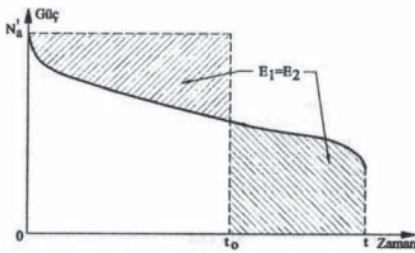
3. Su Kuvveti Potansiyeli

3.1. Tanımlar

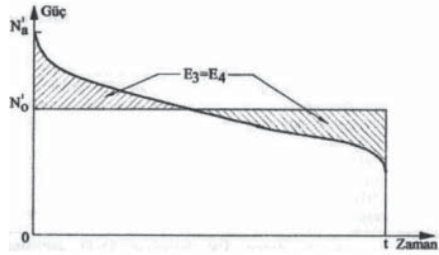
Su akımı ve düşüyü güce çevirmek için (1) denkleminde yararlanılmaktadır.

$$N_o = 9,8 * Q_n * H_n * \eta_{t\ddot{u}r} * \eta_{gen} * \eta_{tra} \approx 8 * Q_n * H_n \quad (1)$$

Enerji tüketimi ile ilgili yük etmeni kavramı da ortalama gücün doruk güce oranı olarak
tanımlanmaktadır (2) (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4 - Yük etmeninin belirlenmesi açısından yük-süre eğrisinde ortalama çalışma süresi (Öziş, 1983)



Şekil 5 - Yük etmeninin belirlenmesi açısından yük-süre eğrisinde ortalama güç (Öziş, 1983)

$$Y_f = N'_o / N_a \quad (2)$$

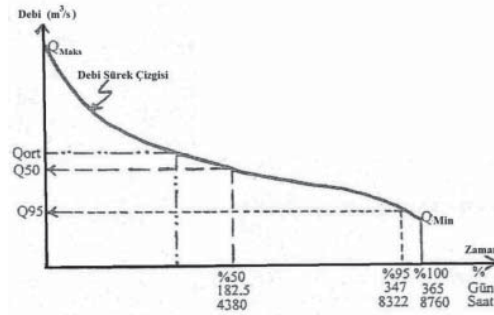
Enerji tüketimiyle ilgili yük etmeni kavramı enerji üretimine de uygulanabilir (3).

$$Y_f = N_o / N_a = Q_o / Q_a \quad (3)$$

Bir su kuvveti tesisinin belli bir sürede üreteceği enerji (4) bağıntısıyla hesaplanmaktadır:

$$E = N_o * t = N_a * t_o = N_a * t * Y_f \quad (4)$$

Dolayısıyla, enerji planlamasında üreteceği enerji ($E=N_o*t$) belli olan bir tesisin su biriktirme olanağı olması durumunda, ortalama çalışma süresini (t_o) gereksinmeye göre seçip buradan hareketle kurulu gücünü (N_a) belirlemek uygundur. Bir akarsuda yılın 365 günü bulunan en küçük debi yapım debisi olarak seçilirse yapılan yatırıma göre en fazla enerji elde edilir. Fakat seçilen yapım debisinden daha büyük debilerin geçtiği günlerde bu debinin tümünden enerji elde edilemeyecektir. Genellikle %50'ye (182,5 gün=4380 saat) karşılık gelen debi (Q_{50}) yapım debisi olarak seçilir. Debi-süre eğrisinde debiler büyükten küçüğe sıralanır (Şekil 6) (Baykan, 2008).



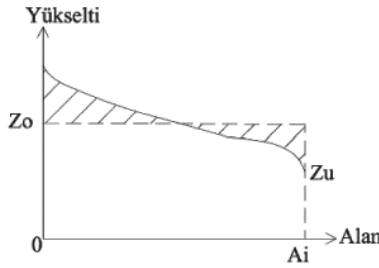
Şekil 6 - Tesis debisinin seçimi (Baykan, 2008)

3.2. Brüt Su Kuvveti Potansiyeli (BSKP)

Varolan düşü ve ortalama akışlılıktaki bir yılda gelen akımın oluşturduğu su kuvveti potansiyelidir. Bir akarsu havzasındaki hidroelektrik enerji üretiminin kuramsal üst sınırını belirtir. Havza topografyası ve hidrolojisinin bir işlevidir. Brüt su kuvveti potansiyelinin belirlenmesi için akış gözlemlerinin alansal dağılımlarının yeterli ve yetersiz olması durumlarına göre yöntemler geliştirilmiştir. Bu gözlemlerin yetersiz olması durumunda hipsografik eğriler yöntemi, eşakış eğrileri yöntemi ve karelere bölerek akış belirleme yöntemi; yeterli olması durumunda düşü-akım diyagramları yöntemi kullanılmaktadır (Öziş, 1991). Bu çalışma kapsamında hipsografik eğriler yöntemi ve düşü-akım diyagramları yöntemi özetlenecektir.

3.2.1. Hipsografik Eğriler Yöntemi

Belli bir havza bölümünün ortalama yükseltisi z_o ile havza çıkış yükseltisi z_u arasındaki fark brüt düşü olarak kabul edilip havza bölümünden kaynaklanan debi ise giriş debisi Q_{gir} ve çıkış debisi Q_u debileri arasındaki fark ile tanımlandığında güç (5) denklemi ile hesaplanır (Şekil 7).



Şekil 7 - Hipsografik eğriler yönteminde ortalama yükseltinin belirlenmesi (Öziş, 1991)

$$N = 9,8 * (z_o - z_u) * (Q_u - Q_{gir}) + 9,8 * (z_{gir} - z_u) * Q_{gir} \quad (5)$$

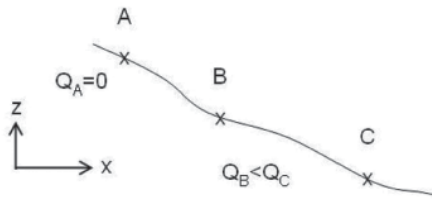
(5) denkleminde z_{gir} terimi akarsuyun havza alt bölümüne giriş yükseltisini tanımladığından ana yatağın ve yan kolların ilk bölümlerinde z_{gir} ve Q_{gir} değerleri sıfır olacağı için (5) denklemi (6) biçimini alır:

$$N = 9,8 * (z_o - z_u) * Q_u \quad (6)$$

3.2.2. Düşü-Akım Diyagramları Yöntemi

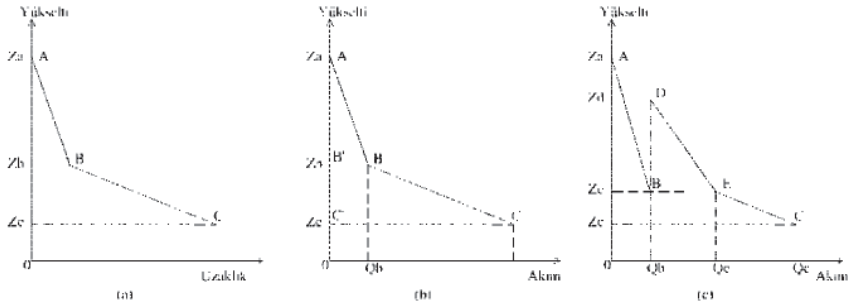
Düşü-Akım Diyagramları Yöntemi, iki yükselti arasındaki farkın giriş ve çıkış arasındaki ortalama debi ile çarpımı ilkesine dayanır. Genel biçimi Şekil 8'de, buna bağlı gösterimi de (7) denkleminde verilmiştir.

$$N = 9,8 * (z_{üst} - z_{alt}) * [(Q_{üst} + Q_{alt}) / 2] \quad (7)$$



Şekil 8 - Düşü-Akım Diyagramları Yönteminin genel biçimi

Denklem (7) ve Şekil 8'e göre, B-C arası potansiyeli değerlendirmek için C noktasına bir adet su kuvveti tesisi yapılırsa $(Q_B + Q_C)/2 = Q_C$ olduğundan $N = 9,8 * (z_B - z_C) * Q_C$ olacaktır. B-C arasına iki veya daha fazla sayıda su kuvveti tesisi yapılırsa toplam brüt potansiyel $N = 9,8 * (z_B - z_C) * [(Q_B + Q_C)/2] = \text{Alan}(B'C'C')$; A-B arasındaki brüt potansiyel $Q_A = 0$ olduğundan $N = 9,8 * (z_A - z_B) * Q_B/2 = \text{Alan}(A'B'B')$ olacaktır (Şekil 9a-b). Benzer biçimde akarsu kolunun potansiyelini saptamak da olanaklıdır. D noktasından doğan ve B noktasından hemen sonraki E noktasında akarsuya kavuşan bir kolun potansiyeli de $N = 9,8 * (z_D - z_E) * (Q_E - Q_B)/2$ olacaktır (Şekil 9c).



Şekil 9 - Düşü-Akım Diyagramları Yönteminin uygulanması (Öziş, 1991)

3.3. Teknik Yönden Değerlendirilebilir Su Kuvveti Potansiyeli (TSKP)

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli, teknik bakımdan uygulanması olanaklı su kuvveti projelerinin havzanın tamamında gerçekleştirilmesi durumunda elde edilebilecek hidroelektrik üretimin üst sınırını belirtir. BSKP'nin bir işlevi olup, onun bir yüzdesi olarak belirtilir. Düşü verimi=net düşü/brüt düşü $\approx 0,70$; akım verimi=türbinlerden geçirilen debi/su kuvveti tesisinin bulunduğu yerdeki akım $\approx 0,90$; güç verimi=şalt alanında elde edilen elektriksel güç/suyun türbinlere uyguladığı mekanik güç $\approx 0,80$ varsayıldığında, toplam kayıp $0,70 \cdot 0,90 \cdot 0,80 \approx 0,50$ olmakta ve genel olarak TSKP $\approx 0,50$ BSKP olarak göz önüne alınmaktadır.

3.4. Ekonomik Yönden Yararlanılabilir Su Kuvveti Potansiyeli (ESKP)

Hem teknik bakımdan gerçekleştirilebilmesi olanaklı, hem de ekonomik bakımdan tutarlı olan tüm su kuvveti projelerinin toplam üretimi olup, beklenen yararları giderlerden fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik üretimini tanımlar. ESKP anaplan yada gerçekleştirilebilirlik etüdü düzeyindeki havza gelişim planlarından yararlanılarak hesaplanmalıdır. Havza gelişim planları farklı zamanlarda hazırlanmış olduğundan daha sonraki tarihlerde tutarsız duruma gelebilecek tesisleri de kapsayabilir. Örneğin Türkiye'nin ESKP'i önceleri 47~107 bin GWh arasında değişmiş ve havza gelişim planlarından hareketle 71,8 bin GWh olarak belirlenmişken petrol bunalımı sonrası değerlendirmelerde 100 GWh dolayına yükselmiştir (Öziş, 1991).

3.5. Türkiye'nin Su Kuvveti Potansiyeli

Türkiye'nin BSKP'si 433 bin GWh/yıl, TSKP'si 216 bin GWh/yıl, ESKP'si 126 bin GWh/yıl ve 2007 yılı hidroelektrik enerji üretimi 46 bin GWh/yıl'dır. Ayrıca Türkiye'nin gerçek SKP değerinin resmi kurumlar tarafından hesaplanan 126 bin GWh/yıl'dan çok daha fazla, 190-200 bin GWh/yıl (Önsoy ve diğ., 2009) ve 188 bin GWh/yıl (Kaplan ve diğ., 2006) düzeylerinde olduğu da belirtilmektedir.

Türkiye'de Nisan 2010 itibarıyla işletmede olan 74 adet küçük ölçekli su kuvveti tesisi bulunmaktadır. Bunların toplam kurulu gücü 192,95 MW, yıllık ortalama üretimi de 722,28 GWh'dir. Planlama aşamasındaki (kesin projesi hazır, planlama raporu hazır,

anaplan raporu hazır ve ilk etüdü hazır) toplam 253 adet küçük ölçekli tesis ile 4.575,43 GWh/yıl'lık potansiyel değerlendirilecektir ki, bu da toplam ESKP'nin % 3,51'ine karşılık gelmektedir. İnşa durumundaki ve planlama aşamasındaki küçük ölçekli tesislerin tamamlanması ile üretilecek enerji 722,28 GWh/yıl'dan 5.525,27 GWh/yıl'a çıkacak ve böylece küçük ölçekli tesisler ile enerji üretiminde % 665 dolayında bir artış sağlanmış olacaktır. Dolayısıyla planlama aşamasındaki, özellikle de ilk etüdü hazır KSKT'lerin tümü işletmeye alınabilir, bu alanda önemli bir atılımın gerçekleştirileceği söylenebilir. Türkiye'nin ekonomik olarak değerlendirilebilir küçük su kuvveti potansiyeli 19.300 GWh/yıl olarak verilmektedir (Punys and Laguna, 2005). Bu miktar toplam 126 bin GWh/yıl olarak hesaplanan ESKP'nin % 15,3'üne karşılık gelmektedir. İşletmede olan 74 adet KSKT ile yapılan yıllık 722,28 GWh'lık üretim ise 19.300 GWh/yıl'lık potansiyelin ancak % 3,7'sidir (Abay ve diğ., 2010).

4. Sonuçlar

ABD, AB ve Çin Halk Cumhuriyeti'nde, MSKT'lerin sayıları ve toplam kurulu güçleri dikkate alındığında, özellikle kırsal kesimlere enerji sağlanmasında oldukça önemli bir yer tuttıkları görülmektedir. Türkiye'de ise ülke koşullarına uygun bir enerji üretim aracı olmasına karşın, MSKT'ler konusunda henüz istenen gelişme kaydedilememiştir. Bu bağlama ek olarak, anılan olumlu yönleri, hidroelektrik potansiyelin tümünün değerlendirilmesi gerekliliği ve son birkaç yılda ilgisiz/bilgisiz çevrelerce kötülenmeye başlanan su enerjisinin kamuoyunda artık "HES'ler" olarak adlandırılan bir "sorun"a dönüşmesi durumu birlikte düşünüldüğünde, MSKT'ler üzerine yapılması gereken çalışmaların önemi anlaşılmaktadır. Bu türden çalışmalar bütününe en önemli ve başlangıç aşaması da "Türkiye'nin mikro su kuvveti potansiyelinin belirlenmesi" olacaktır. Bu nedenle, su kuvveti potansiyeli belirleme yöntemlerinin mikro su kuvveti için kullanılabilirliğinin araştırılması, dünyada kullanılan başka mikro su kuvveti potansiyeli belirleme yöntemlerinin Türkiye'ye uygulanması, olanaklı ise yeni yöntemler geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Bilindiği üzere, düşü ve debinin bir işlevi olan güç ve gücün zaman içinde uygulanmasından kaynaklanan enerjinin kestirilmesinde, düşü ve debiye karar vermek gerekir. Ancak, ülkemizde MSKT'lerin kurulacağı küçük kollar üstündeki debi ölçümlerinin yapılmamış olmasından kaynaklanan veri eksikliği en büyük sorundur. Bunun için havza fizikine dayanan çeşitli yapay yöntemler kullanılabilir. Bu arada düşüye de karar vermek gerekir. Çünkü neredeyse sonsuz sayıda olanaklı düşü devreye sokulabilir. Bu nedenle, bu değişkene de karar verirken, belli kısıtların ortaya konulması gerekir. Önce belli bir bölgedeki debi ve düşüye ilişkin esaslar geliştirilmeli, daha sonraki aşamada bu esasların tüm ülkeye uygulanmasını içine alan çok daha geniş kapsamlı bir proje devreye sokulmalıdır. Öngörülen/kestirilen debi için daha önce Yaşar tarafından (Yaşar, 2009) geliştirilen yöntemde, debi-süre eğrisine üstel bir işlevle yaklaşılmış, işlevdeki iki parametre, havza meteorolojik ve fiziksel özelliklerinden kestirmeye çalışılmıştır.

Öngörülen/kestirilen düşü için, havza/akarsu çatalanma oranlarından yararlanılabilir. Böylelikle, çatalanma oranlarına bağlı olarak mikro HES'lerin kademeli potansiyel belirleme çalışmalarına yaklaşım sağlanabilir. Çatalanmaların elde edilmesinde 1/25.000'lik haritalardan yararlanılabileceği gibi, Google haritalarından da yararlanma yoluna gidilebilir. Kuru dere ve uzunluğu belli bir değerin altında kalan akarsular devre dışı kalabilir.

Simgeler ve Kısaltmalar

E	: Belli bir sürede üretilecek enerji (kWh)
H_n	: Net (yararlı) düşü (m)
N	: Brüt potansiyel (kW)
N_o	: Ortalama güç (kW)
N'_o	: Ortalama güç (kW)
N'_a	: Doruk (azami) güç (kW)
Q_a	: Doruk (azami) debi (m^3/s)
Q_n	: Yararlı debi (m^3/s)
Q_{gir}	: Havza giriş debisi (m^3/s)
Q_o	: Ortalama yararlı debi (m^3/s)
Q_u	: Havza çıkış debisi (m^3/s)
t	: Belli bir süre (saat)
t_o	: Ortalama çalışma süresi (saat)
z_{gir}	: Alt havza alt bölümüne giriş yükseltisi (m)
z_o	: Havza ortalama yükseltisi (m)
z_u	: Havza çıkış yükseltisi (m)
Y_f	: Yük etmeni
η_{gen}	: Jeneratör verimi
η_{tra}	: Transformatör verimi
$\eta_{tür}$	: Türbin verimi
$'$	: Tüketim üst indisi

Kaynaklar

1. Abay, O.; Baykan, N. O.; Yaşar, M. (2010), "Küçük Su Kuvvetinin Türkiye'deki Durumu Üzerine Bir Değerlendirme". VI. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, Pamukkale Üniversitesi, s. 933-942, Denizli.
2. Baykan, N. O. (2008), "Su Yapıları". Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
3. Jiandong, T.; Naibo, Z.; Xianhuan, W.; Jing, H.; Huisten, D. (1997), "Mini Hydropower". John Wiley & Sons, 312 p., England
4. Kaplan, H.; Üçüncü, O.; Saka, F.; Kankal, M.; Yüksek, Ö. (2006), "Türkiye'nin Küçük Ölçekli Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği". VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, s. 605-613, Isparta.
5. Leckscheidt J.; Tjaroko T. S. (2002), "Overview of Mini and Small Hydropower in Europe". ASEAN Centre for Energy, Jakarta, Indonesia.
6. Önsoy, H.; Akpınar, A.; Kömürcü, M. İ.; Kankal, M. (2009), "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Alanındaki Gelişmeler ve 4628 Sayılı Yasa". IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, s. 501-510, İstanbul.

7. Öziş, Ü. (1983), "Su Yapıları". Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 54, 608 s., İzmir.
8. Öziş, Ü. (1991), "Su Kuvveti Tesislerinin Planlama Esasları". Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 197, 317 s., İzmir.
9. SPLASH (Spatial Plans and Local Arrangement for Small Hydro) (2005), "Guidelines for Micro Hydro Power Development", 48 p.
10. T.C. Resmi Gazete, (2010), "03/12/2010 tarih ve 27774 sayılı", Akara.
11. Yaşar, M. (2009), "Akım Sürek Eğrilerinin Yağış ve Havza Parametreleri Kullanılarak Elde Edilmesi". Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 191 s., Denizli (Danışman: N. O. Baykan).