



## Su Değirmenlerinin Hidrolik Enerji Potansiyelinin Araştırılması- Diyarbakır Örneği

**Zeynep AYKAÇ\***

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü 65080, Van  
[zeynepaykac@yyu.edu.tr](mailto:zeynepaykac@yyu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-5242-0002 Tel: (432)388 21 64 (28034)

**Derya KARAKAYA**

Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 73000, Şırnak  
[karakaya.drya@gmail.com](mailto:karakaya.drya@gmail.com)

**Z. Fuat TOPRAK**

Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı  
Dicle Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Uygulama ve Araştırma Merkezi  
Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, 21280, Diyarbakır  
[toprakzf@dicle.edu.tr](mailto:toprakzf@dicle.edu.tr)

Geliş: 17.06.2017, Kabul Tarihi: 17.08.2017

### Öz

Bir su kaynağı yakınına inşa edilen ve su gücü ile çalışan su değirmenleri, önceleri öğütme işlemi ile un ya da hayvan yemi elde etmek için kullanılmıştır. Fakat teknoloji ve sanayinin gelişmesine paralel olarak su değirmenleri günümüzde belirtilen amaç için kullanılmamaktadır. Bu yüzden çoğu yıkılmış ya da fiziksel olarak büyük hasar görmüştür. Su değirmenlerinin çalışma prensibi potansiyel enerjinin önce kinetik sonra mekanik enerjiye dönüştürülerek hidrolik bir güç elde edilmesine dayanır. Günümüzde yenilenebilir enerjiye olan ilginin artmasına bağlı olarak mikro taşınabilir HES'ler ön plana çıkmıştır. Yeryüzündeki tatlı suyun sabit olmasına karşın nüfusun gittikçe artması ve teknolojik gelişmelere ve refah düzeyinin yükselmesine bağlı olarak su ve enerji ihtiyacının çeşitlenerek artması nedeni ile ülkemiz, en küçüğünden en büyüğüne kadar tüm su kaynaklarını gerçekçi bir şekilde belirlemek ve doğaya zarar vermeden etkili bir şekilde kullanmak zorundadır. Ülkemizdeki enerji ve yenilenebilir enerji hakkındaki mevzuatın AB müktesebatına bağlı olarak değişmesi çok küçük su kaynaklarının da değerlendirilmesine fırsat tanımaktadır. Bu çalışma kapsamında öncelikle mevcut literatür incelenmiş ve su değirmenlerinin hidrolik enerji potansiyelinin belirlenmesi için su değirmenlerinin hidrolik enerji üretme mekanizması araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma alanı olarak su değirmenlerinin sıkça rastlandığı Diyarbakır ili ve çevresi seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su değirmeni, Diyarbakır, Hidrolik enerji, mikro taşınabilir HES

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

## Giriş

Dünyada nüfus artışına paralel olarak enerji gereksinimi de artmaktadır. Bu da enerjinin karşılanma kaygısını oluşturmaktadır. Mevcut enerji kaynaklarından; fosil kökenli kaynakların sınırlı olması, nükleer enerji kaynaklarının da eko sisteme zarar verme potansiyelinin olması ve dünyadaki politik durum bu kaygıları daha da artırmaktadır. Günümüzde küresel iklim değişikliğinin söz konusu olmasından dolayı küresel çapta politikacılar mevcut enerji kaynaklarına sahiplenme yollarına giderken, bilim ve teknoloji çevreleri ise yeni enerji kaynaklarını araştırmaya yönelmektedir. Aytek ve Toprak (2001)'a göre dünyadaki hızlı nüfus artışına ve küresel iklim değişimine bağlı olarak dünya su kaynakları gittikçe ihtiyacı karşılamayacak hale gelmektedir. Birçok ülkenin su kıtlığını yaşadığını, bir kısmının ise yakın gelecekte yaşaması beklendiğinden söz etmektedirler. Bu nedenle her ülke; kullanılabilecek en küçük su kaynağından teknik ve ekonomik açıdan sonuna kadar yararlanmaya çalışmaktadır. Toprak (2011), bu arayışın özellikle; yenilenebilir, temiz (eko sisteme zarar vermeyecek) ve ucuz kaynakların bulunması yönünde olduğunu belirtmektedir. Yazar, hidrolik enerjinin yenilenebilir ve ham madde tüketmeyen; en temiz ve çevre ile en barışık enerji kaynaklarının başında geldiğini vurgulamaktadır.

Hidroelektrik enerji, suyun potansiyel enerjisinin ilk olarak kinetik daha sonra mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan enerji türüdür. Eriş ve Toprak (2011), Hidrolik enerjinin yakıt, bakım ve işletme giderlerinin az olmasından dolayı; termik, nükleer ve gaz türbinlerine göre daha önemli bir yer tutmaktadır. Bundan dolayı hidrolik enerjiye olan ilgi artmıştır. Kaygusuz (1999 ve 2001) yıllarında yaptığı çalışmalarda, hidroelektrik enerjisinin, tamamıyla yerli bir enerji kaynağı olması, yenilenebilir, yararlanılabilir, temiz, çevresel etkileri az ve ucuz olduğundan ülkemiz için çok önemli olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik ve biyokütle enerji

kaynaklarının önemli ve ekonomik olduğunu belirtmektedir.

Enerji sosyal ve ekonomik gelişme için büyük bir öneme sahiptir. Türkiye'nin enerji ihtiyacı nüfusun artışına ve sanayideki gelişmeye bağlı olarak sürekli artmaktadır. Hidroelektrik enerji Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları içindeki en önemli olanıdır. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli Dünya hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Hidroelektrik enerjisinin Türkiye'nin en önemli enerji kaynağı olarak görülmesinin sebepleri arasında; yenilenebilir, yerli, çevre ile barışık, uzun işletim süresine ve düşük işletim-bakım-onarım giderine sahip olması sayılabilir. Bu yüzden, Öztürk, 2004'de yaptığı çalışmada hidroelektrik enerjinin teknik ve ekonomik fizibilitesinin gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmektedir (Öztürk, 2004). Toprak (2014) çalışmasında, en temiz ve çevre ile en barışık, yenilenebilir ve ham madde tüketmeyen enerji kaynaklarının başında hidrolik enerjinin geldiğinden söz etmektedir. Hidrolik enerji, teknik açıdan yararlanılabilir, yenilenebilir, temiz, çevresel etkileri az, ucuz ve tamamıyla yerli bir enerji kaynağı olması bakımından çok önemli olduğunu vurgulamıştır.

Bakis ve Demirbas (2004), Türkiye'nin HES (SHPs) potansiyelini araştırmış ve Türkiye'nin yıllık toplam hidroelektrik potansiyelinin 433,000 GWh olduğunu belirtmiştir. Bunun yaklaşık olarak %50'sinin teknik olarak, %29'unun (122.322 GWh/yıl) ise ekonomik olarak işletilebilir durumda olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, Türkiye'nin, ekonomik olarak işletilebilir tüm potansiyelini 2023 yılına kadar HES'lerle kullanıma açmayı planladığını belirtmektedir. 1960 yılından bu yana çeşitli büyüklüklerde 700 baraj inşa edildiğini, bunlardan 519'u 2002 itibari ile işletmede olduğunu, 519 barajdan 202 tanesinin büyük baraj, geri kalan 317 tanesinin ise küçük baraj olarak inşa edildiğini eklemektedir. 2002 yılı itibari ile kurulan 134 HES ile toplam hidroelektrik kapasitesinin (veya kurulu güç, installed capacity) 12,177 MW'a ve üretimin 44,034 GWh/yıl'a ulaştığını belirtmektedir. Ayrıca, toplam elektrik enerjisinin yaklaşık

%38'inin Büyük HES'lerden, toplam hidroelektrik üretiminin %98.5'inin barajlardan ve kapasitesi 10 MW'ın üzerindeki HES'lerden, geri kalan %1.5'ünün ise direkt olarak nehirlerden ve kanal HES'lerinden sağlandığını belirtmektedirler. Ayrıca, 2002 yılının sonlarında, kapasiteleri 10 MW'ın altında olan 317 küçük baraj ve 70 küçük HES (SHPs)'in işletmeye açıldığı ve 203 Küçük HES (kurulu gücü-installed capacity 10 MW'ın altında) projesinin geliştirildiği belirtilmektedirler. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili olarak Avrupa Birliği müktesebatı çerçevesinde yeni hazırlanmış mevzuatı ve Türkiye'nin potansiyeli detaylı bir şekilde Alashan ve diğ. (2016)'da verilmiştir.

Toprak (2011), gerek enerji üretimi gerek su temini için günümüzde büyük su hazneleri (baraj gölleri) yapılmaktadır. Oysa bu tür su yapılarının çok büyük alanları kaplaması, geniş çapta çevreyi (toprak, suyu ve havayı, canlı hayatı) değiştirmeleri, tarihi ve kültürel varlıkları ve sosyal hayatı etkilemeleri ve buharlaşma kayıpları nedeniyle küresel çapta biriktirmesiz HES'lere yönelme olmuştur. Bu nedenle biriktirmesiz HES'ler 1990'lardan itibaren dünya genelinde büyük bir hızla yaygınlaşmaktadır. 21. y.y.'ın adeta biriktirmesiz HES'lerin yüzyılı olması beklenmekte olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca yazar, eğer içme-kullanma, sanayi veya sulama suyu ihtiyacının karşılanması veya suyun aynı amaçla ticari bir meta olarak kullanılması söz konusu değil ise biriktirmesiz HES'ler ilk tesis ve işletme giderleri açısından biriktirmeli HES'lere tercih edilebileceğini iddia etmektedir. Özellikle küresel boyutta artan çevresel duyarlılık Biriktirmesiz HES'leri daha popüler kılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında Biriktirmesiz HES'lerin öneminin gittikçe artacağı tahmin edilebilir.

Kapasiteleri 10 kW ile 99 kW arasında Mini HES (Mini Hydro Power Plant), 100 kW ile 999 kW arasında olanlar Mikro HES (Micro Hydro Power Plant), 1,000 kW ile 25,000 kW arasında olanlara ise Küçük HES (Small Hydro Power Plant) olarak isimlendirilir [CII – Godrej GBC Publication, 2004]. Yeni ve Yenilenebilir Enerji

Başkanlığı (MNRE) (2010)'un Hidroelektrik santraller için yapmış olduğu sınıflandırmaya göre toplam kurulu gücü 10 MW'tan küçük santrallere küçük hidroelektrik santraller denilmektedir. Mini ve mikro su kuvveti tesislerinin genel anlamda olumlu yanları; büyük yatırımlara gerek duyulmaması, artan nüfus ve enerji istemi nedeniyle hidroelektrik potansiyelin neredeyse tamamından yararlanmayı sağlamaları, yerel olanaklar (malzeme, işgücü, finansal kaynak) ile işletmeye alınabilmeleri ve temiz-yeşil-yenilenebilir enerji kavramının gerektirdiği ölçütleri sağlamaları olarak sayılabilir. Bütün bu olumlu yanları ile mini ve mikro hidroelektrik enerjinin kullanım alanları genişlemekte ve bu da ekonomik kalkınmaya önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Rijal (2000), mini HES'lerin potansiyel enerjinin mekanik enerjiye, mekanik enerjinin de elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile evsel, ticari ve sanayi enerjisi ihtiyacının karşılanmasında gittikçe önemli bir yer tuttuğunu kaydetmektedir.

Literatür çalışması sırasında su değirmenlerinin mini HES olarak revize edilmesine yönelik pratik bir uygulamaya rastlanmamıştır. Su değirmenlerinin hidrolik enerji üretiminde kullanılması, enterkonnekte şebeke bağımlılığından kurtararak, iletim tesisleri masrafları ile hatlardaki enerji kayıplarının önlenmesinde büyük katkısı olacaktır. Bir su kaynağının yakınında inşa edilen ve su gücüyle çalışan değirmenler su değirmeni olarak tanımlanmaktadır. Su değirmenlerine Âsiyâb da denir. Âs, Farsça bir kelime olup değirmen manasındadır. Farsça'da sözlük anlamı; tahılın un hâline getirildiği yuvarlak ve geniş iki taş şeklinde verilmektedir. Eğer bu taşlar su kuvvetiyle hareket ediyorsa, su değirmeni anlamında Âsiyâb denir (Birici, 2007). Bektaşoğlu (2013) su değirmenleri ile ilgili olarak şu notları düşmektedir: Tarıma dayalı ekonomilerde tarım ürünleri, değirmen ve insan arasında doğrusal bir bağlantı olduğundan değirmenin önemi büyüktür. İnsanlık tarihinde değirmenlerin; Çinliler tarafından yel değirmeni olarak icat edildiğine inanılmaktadır. Su değirmeninin bulunuşunu, diğer bir ifade ile

suyun gücünün değirmenlerde kullanılmaya başlamasını “teknik bir devrim” olarak yorumlayan tarihçiler vardır. Ortaçağda değirmencilik teknolojisi gelişimi açısından suyun gücünün değirmen taşlarını çevirmede kullanılması önemli bir aşamadır. Ortaçağda, İslam dünyasında su değirmenleri geniş bir coğrafyada tarıma dayalı üretime paralel olarak işlemekteydi. İslam dünyasındaki mekanik aletler hakkında çizimler yapmış olan Cezeri, eserinde değirmen çarklarını ve bu çarkların işleyişleri hakkında bilgi vermiştir (Bektaşoğlu, 2013).

Nepal Kırsal Teknoloji Merkezi tarafından hazırlanan “Geliştirilmiş Su Değirmeni Geliştirme- Durum incelemesi” raporunda su değirmenlerini teknolojiye uygun geliştirip güç verimini artırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Uygulamalı Bilim ve Teknoloji Araştırma Merkezi (RECAST), ahşap küreklerin yerine hidrolik açıdan daha verimli metalik bıçakların yer aldığı Geliştirilmiş Su Değirmeni'nin bir prototipi geliştirilmiş ve bu prototip bir değirmende test edilmiştir. Bu test sonuçlarında 0.2-0.5 kW aralığında olan çıkış güç kapasitesi 0.5-3.0 kW aralığına yükseldiği gözlemlenmiştir (CRT/N,2014).

Abay ve diğ. (2011), su değirmenlerinin ilk çağlardan bu yana kullanıldığını ve sayılarının giderek arttığını belirtmişlerdir. 19. yüzyılda sadece İngiltere’de 20.000’in üstünde su değirmeninin bulunduğu vurgulanmıştır. İlk verimli su türbinleri de 19. yüzyılın ortalarında görülmeye başlanmış ve birçok uygulamada hızla su çarklarının yerini almıştır. Bu uygulamalar bir anlamda mikro su kuvvetinin öncüsü sayılabilir.

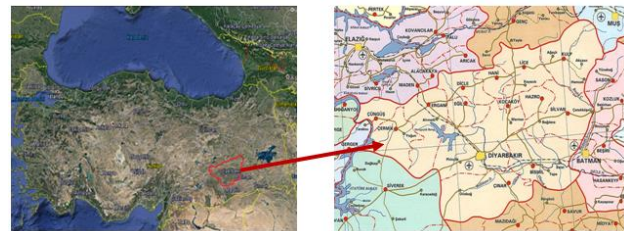
Balakrishnan (2006), isteğe bağlı olarak sürekli olması ve mevcut enerjinin öngörülebilir olmasını hidroelektrik enerjinin başlıca avantajları olarak belirtmektedir. Çalışmada, Hindistan’da su değirmenlerinin hizmet ettiği yaklaşık 50.000 yerin var olduğu ve bunların çoğuna uygun teknoloji uygulayarak, 15.000 KW’lık bir enerji eşdeğeri ve tahminen yüzlerce kişi için istihdam olanağını sağladığından söz edilmektedir (Balakrishnan, 2006).

Bir ve diğ., su değirmenleri için bazı hesaplamalar yapmışlardır. Çalışmada, bir beygir gücü 1 PS=736 W=10 insan gücü’ne eşit olduğundan akış hızı 1,5 m/s olan bir nehirden elde edilen gücün yaklaşık 1/20 beygir ya da 1/2 insan gücüne eşdeğer olduğu ifade edilmektedir. Buna göre, eğer akım hızı iki kata çıkarılırsa gücün 8 kat artarak 0.4 beygir gücü, ya da 4 insan gücüne eşdeğer olacağını iddia etmektedir [Bir ve Kayral, 1998].

Bu çalışmanın amacı, Diyarbakır ilinde yer alan çalışır veya çalışmaz durumda olan ulaşılabilir tüm değirmenlerin konumlarını, su kaynaklarını, olanaklar ölçüsünde debilerini tespit etmek ve hidrolik enerji üretiminde kullanılıp kullanılmayacağını araştırmaktır. Böylece bölgedeki tüm değirmenler koordinat ve fotoğrafları ile literatüre kazandırılarak kayıt altına alınmış olacaktır. Bunun yanı sıra su değirmenlerinin hidrolik enerji potansiyelleri de belirlenip yenilenebilir enerjiye olan katkısı araştırılmış olacaktır. Böylece bu değirmenler restorasyona ve restorasyondan sonra ise gerek enerji üretimi gerekse orijinal fonksiyonu için kullanıma hazır hale gelecektir. Değirmenler, enerji üretiminde kullanılması ile katma değer sağlarken, orijinal fonksiyonunun kullanımı ile de turizme kazandırılmış olacaktır.

### Çalışma Alanı

Diyarbakır ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin orta kısmında yer almaktadır. Doğudan Batman, Muş; Güneyden Mardin; batıdan Şanlıurfa, Adıyaman, Malatya; kuzeyden Elazığ ve Bingöl illeriyle çevrilmiştir. Diyarbakır İli Güneydoğu Anadolu Bölgesinde, 37°30’ ve 38° 43’ kuzey enlemleriyle, 40° 37’ ve 41° 20’ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yüz ölçümü 15.355 Km<sup>2</sup>’dir. İl Merkezinin ortalama rakımı 670 m’dir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve konumu

## SU DEĞİRMENLERİ

Su, her bölgede su değirmeninin işletilmesi için yeterli değildir. Bu yüzden akarsulara yakın yerlerde inşa edilmekte ve arazinin kot farkından yararlanmak suretiyle potansiyel enerji kinetik enerjiye kinetik enerji ise mekanik enerjiye dönüştürülmesi prensibi ile çalışmaktadır. Akarsu eğimleri genellikle çok düşük olduğundan yatak boyunca her noktada yeterli düşü yüksekliği sağlanamamaktadır. Bu nedenle yeterli potansiyel enerjiyi sağlamak için bir su alma yapısı ile akarsudan alınan su yapay kanallarla belirli bir düşü yüksekliğinin sağlandığı bir noktaya taşınmaktadır. Bazen ihtiyaç olduğu takdirde kanala su vermek için bir çevirme yapısı (derivasyon) yapılmaktadır. Bu kanallar kısa mesafeli olduğu takdirde “yaklaşım kanalı”, daha uzun mesafeden su taşıyorsa “sutaşıma kanalı” olarak adlandırılmaktadır. Dağlık veya engebeli araziler, kısa mesafede gerekli düşü yüksekliğine olanak sağladığı için su değirmenleri için tercih edilmektedir. Gerek yaklaşım kanallarındaki gerek sutaşıma kanallarındaki akım, bilimsel olarak açık kanal akımı (cazibeli akım, serbest yüzeyli akım) (open canal flow, non pressurized flow, free surface flow) olarak adlandırılmaktadır. Genellikle hazne yapılmadığı için değirmenler için ana kaynaktan su basınçlı sistemlerle (cebri borularla, pressurized flow, pipe flow ) değirmenlere taşınmamaktadır. Yüksek hız ve buna bağlı olarak yüksek yük kaybı (sürekli yük kayıpları) nedeniyle su borularla (basınçlı akımlar şeklinde) uzun mesafelerden taşınması uygun değildir. Bu yüzden açık kanal akımı tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırma sırasında basınçlı bir taşıma sistemine rastlanmamıştır. Değirmenler, yeterli düşü yüksekliğinin sağlandığı noktada inşa edilmektedir. Kanallardaki serbest yüzeyli akımı basınçlı akıma dönüştürmek için genellikle koni şeklinde bir yapı yapılmaktadır. Bu yapının koni şeklinde yapılmasının nedeni değirmenin çarkına varıncaya dek (boyra) düşey mesafe boyunca suyun hızını (kinetik enerjisini) artırarak bir su jetini elde etmek ve sürekli ve yerel yük kayıplarını minimize etmektir. Suyun

çarka vurduğu yere boyra denir. Suyun az veya çok oluşuna göre boyranın çapı 4-6 cm arasında değişir. Boyranın çapını ayarlamak için huni şeklinde içerisi geniş ağız kısmı dar olan boyra halkası takılır. Serbest su yüzeyi ile çark arasındaki düşey mesafe genellikle 10 – 15 m arasındadır. Su jeti değirmenin çarkını, momentum kuvveti uygulayarak döndürmektedir. Çark ise bir çelik mil ile bağlı bulunduğu değirmen taşını döndürmektedir.

### Tespit edilen değirmenler ve özellikleri

Alan çalışmasında şu ana kadar Diyarbakır ili sınırları içinde çalışır ve çalışmaz durumda olan, kent merkezinde (Hevsel Bahçeleri’nde) 7, Dicle’nin Değirmenli Köyü’nde 12, kent merkezine bağlı Ambar’da 1 ve Satı Köyünde 3 olmak üzere toplamda 23 su değirmenine rastlanmıştır. Ancak gerek bölgede gerek ilde çok sayıda su değirmeninin olduğu bilinmektedir. Çalışma henüz devam eden bir çalışma olup çalışma kapsamında il sınırları içerisinde bulunan tüm su değirmenlerinin konumlarının tespit edilmesi hedeflenmektedir.

### Hevsel Bahçeleri Değirmenleri

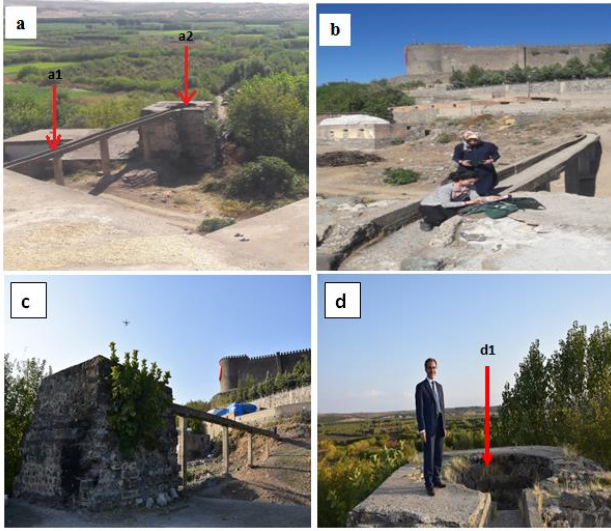
Bu değirmenler çoğunlukla, Mardin kapı ve Hevsel bağlantısı üzerinde yer almaktadır. Bölge köylerinden gelen tahıllardan un elde etmek amacı ile Anzele’den gelen su kaynağı üzerinde kurulmuşlardır. Kentleşme ile birlikte Anzele su kaynağından gelen suyun azalması ve elektrikle çalışan modern değirmenlerin kurulması ile birlikte Hevsel bölgesinde yer alan değirmenler önemlerini yitirmiş ve terk edilmişlerdir.

Hevsel bahçeleri değirmenleri Mardinkapı’daki Keçi Burcu’nun altında beş, Fiskaya tarafında ise iki adet bulunmaktadır. Bunlardan birinin kanal yapısı, depolama kısmı gibi genel hatları sağlam olduğu tespit edilmiştir. Fakat diğer değirmenlerin tamamen yıkılmış durumda olduğu gözlemlenmiştir. 1’den 7’ye kadar numara verilmiş değirmenlerin konumları tespit edilmiş ve ölçümleri alınmıştır.

Değirmen I, 37° 54' 16" enlem ve 40° 14' 16" boylamlarında yer almaktadır. Şekil.2’de görüldüğü üzere değirmen bazalt taşından yapılmış antik bir yapıdır. Mevcut hali ile kanal



malzemesi olarak beton kullanıldığı görülmekle birlikte orijinalinin bazalt taşından yapılmış olabileceği gözlemlenmiştir, başka bir ifade ile kanalın sonradan yenilenmiş olması olasıdır. Kanal boyutları 60x35cm'dir. Kanal 4 ayak üzerine oturtulmuştur. Bunların yükseklikleri sırası ile 2.5, 3.1, 3.65 ve 4.3 m olarak ölçülmüştür. Depolama haznesinin yüksekliği 6.5 m iken genişliği 4.8 m'dir. Kuyu çapı ise 2.14 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. Hevsel Bahçeleri Değirmen I; a) Üstten görünüm a1; Değirmen Kanalı a2-d1; Depolama haznesi, b) Depolama haznesinden görünüm

Değirmen II, Konum olarak Keçi Burcunda ve 37° 54' 20" enlem ve 40° 14' 11" boylamları arasında bulunmaktadır. Suriçi'nden gelen suyun ilk ulaştığı değirmendir. Şekil 3'de görüldüğü gibi, değirmenin yapı malzemesi olarak bazalt kullanıldığı gözlemlenmiştir. Kanal ve kuyu malzemesi olarak tamamıyla bazalt taşı kullanılmıştır. Kuyu çapı 2.2m olup kanal genişliği ve derinliği 62x84 cm'dir. Kuyunun içi tamamıyla taş ve toprak olduğu için su düşü yüksekliği ölçülemez.



Şekil 3. Hevsel Bahçeleri Değirmen II; a) Üstten görünüm a1; Depolama haznesi a2; Değirmen Kanalı, b) Yandan görünüm

Değirmen III, 37° 54' 56" ve 40° 14' 35" enlem ve boylamlarında Keçi Burcunun altında yer almaktadır. Değirmen tamamıyla yıkılmış durumda olduğu için herhangi bir ölçüm yapılamamaktadır. (Şekil 4)



Şekil 4. Hevsel Bahçeleri Değirmen III; a) Yandan görünüm, b) Depolama haznesi

Değirmen IV, 37° 54' 18" ,40° 14' 14" enlem ve boylamlarında yer alan değirmenin yapı malzemesi olarak kanal ve kuyusunda bazalt taşı kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, kuyu çapının 2.30 m, kanal genişliği ve derinliğinin 57x53 cm olarak ölçülmüştür. Depolama bölgesinin uzunluğu 5.15m'dir. (Şekil 5)



Şekil 5. Hevsel Bahçeleri Değirmen III; a) Üstten görünüm a1; Depolama haznesi, b) Yandan görünüm

Değirmen V, Beylerbeyi Değirmenlerinden biri olan bu değirmen  $37^{\circ} 53' 59''$ ,  $40^{\circ} 13' 47''$  enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Fiskaya-Hz. Süleyman Camii'nin aşağısında yer alan bu değirmen heysel bahçelerinde bulunan diğer değirmenlere göre daha uzun süre faaliyette bulunmuş ve bu sayede yapı olarak daha uzun süre ayakta kalmayı başarmıştır. Değirmen kanalı, 2 adet bazalt taşından yapılmış ayak üzerine oturtulmuştur. Değirmen kuyusu diğer değirmenlere göre daha derin olduğu için tedbir amaçlı kuyu ağzı demir şişler ile kaplanmıştır. Değirmen kanalı boyutları 62x50 cm ve kuyu çapı 2.1 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Heysel Bahçeleri Değirmen V; a) Üstten görünüm a1; Depolama haznesi a2; Değirmen Kanalı, b) b1; Değirmen taşı ve çarkı, b2; Depolama haznesi

Değirmen VI, Beylerbeyi Değirmenlerinden diğeri olan bu değirmen, diğer değirmen ile aynı enlem ve boylamlarında  $37^{\circ} 53' 59''$ ,  $40^{\circ} 13' 47''$  yer almaktadır. Şekil 7' de görüldüğü gibi değirmen kanalı ve kuyusu tamamıyla yıkık halde olduğu için herhangi bir ölçüm yapılamamıştır.

Değirmen VII, Yapılan geniş literatür taramalarında ve arazi çalışmalarında değirmenin yerine dair herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.



Şekil 7. Heysel Bahçelerinde yer alan su değirmeni VI

### Değirmenli Köyü Değirmenleri

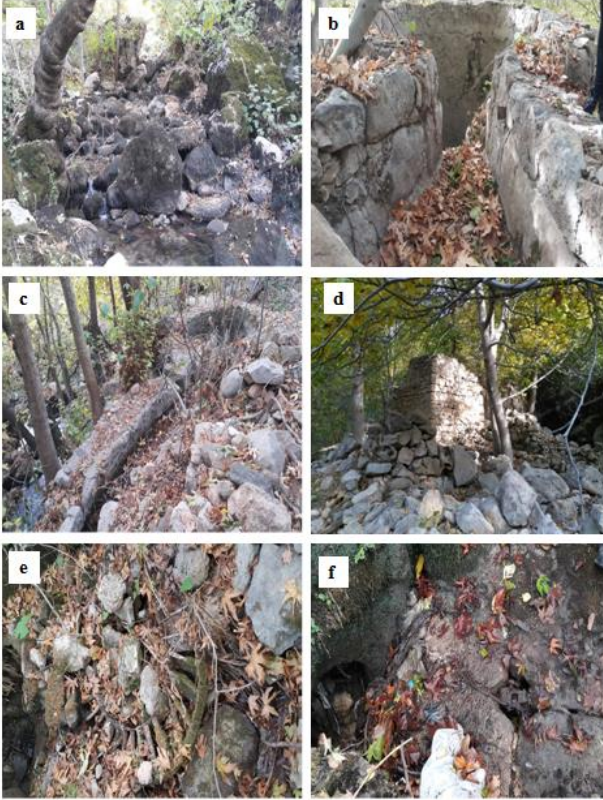
Değirmenli Köyü; Diyarbakır iline 119 km, Dicle ilçesine 18 km uzaklıktadır. Değirmenli Köyü koordinatları  $38^{\circ} 25' 6,3084''$  ve  $40^{\circ} 12' 1,4580''$  şeklindedir. Köyde eski yapı olarak adlandırabileceğimiz 12 adet su değirmeni bulunmaktadır. Köyün, adını bu değirmenlerden aldığı söylenebilir.



Şekil 8. Değirmenli Köyündeki Değirmen-I İncelemesi

Değirmenli Köyünde yer alan değirmenlerin konum olarak birbirlerine yakın ve yapı olarak aynı tarzda olduğu gözlemlenmiştir. Farklı değirmenlere ait yapılara rastlanmıştır. Şekil 9'de burada yer alan değirmenlerin bazılarının ait sırası ile su kaynağı, kuyu yapısı, kanal yapısı, hazne yapısı, çarkı ve değirmen taşı verilmiştir.





Şekil 9. Değirmenli Köyü Değirmenleri a) su kaynağı, b) kuyu yapısı, c) kanal yapısı, d) hazne yapısı, e) çark, f) değirmen taşı

### Satı Köyü Değirmenleri

Satı Köyünde 3 değirmen tespit edilmiştir. Bunlar sırası ile Değirmen I, Değirmen II ve Değirmen III olarak adlandırılmıştır. Konum olarak,  $37^{\circ} 51' 2''$ ,  $40^{\circ} 20' 56''$  enlem ve boylamlarında yer alan Değirmen I, kuyu ve kanal yapısı bazalt ve kalker taşından yapıldığı ve kuyunun beton ile sıvandığı gözlemlenmiştir. Değirmen çapının dairesel olmadığı ve yapılan ölçümlerde 1.95-2m arası değişmekte olduğu belirlenmiştir. Kanal boyutları 63x72 cm olup kanala her 1m' de 2 cm meyil verildiği gözlemlenmiştir. Su düşü yüksekliği ise 5.1 m olarak ölçülmüştür.

Değirmen I'in hemen yanında yer alan bu değirmen  $37^{\circ} 51' 1''$ ,  $40^{\circ} 20' 56''$  enlem ve boylarında yer almaktadır. Diğer değirmene göre daha az hasar almış olan bu değirmen, diğer değirmen gibi kuyusunun beton ile sıvandığı gözlemlenmiştir. Kanal boyutları 52x83 cm olup kuyu çapı 1.75m ve 1.85m arası

değişmektedir. Kanala her 1m' de 2 cm meyil verilmiştir. Su düşü yüksekliği 4,7 m'dir.



Şekil 10. Satı Köyündeki Değirmen I



Şekil 11. Satı Köyündeki Değirmen II

Diğer iki değirmenden yaklaşık 300-400 m uzakta yer alan bu değirmen  $37^{\circ} 50' 47''$ ,  $40^{\circ} 20' 53''$  enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Kanal boyutları 60x70 cm olup kuyu derinliği ve çapı 3x3.5 m'dir. Değirmenin diğer iki değirmene göre kuyu çapının geniş fakat yüksekliği az olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 12. Satı Köyündeki Değirmen III

### Neden Dönüşüm

Bu çalışmada, değirmenlerin hidrolik enerji üretimi sistemine (hidroelektrik santral) dönüştürülmesi için sistemde yapılması gereken değişiklikler araştırılmıştır. Şu an yaygın olarak inşa edilen nehir tipi hidroelektrik santraller için bile ya akarsuyun düzenli bir rejime sahip olması gerekmektedir ya da yıl boyunca belli bir



kapasitede enerji üretiminin yapılabilmesi için bir hazneye gereksinim duyulmaktadır. Oysa değirmenler için akarsu debisinin çok yüksek olmasına gerek olmadığı için en küçük su kaynakları bile bu amaçla kullanılabilir. Diğer taraftan tarihi su değirmenlerinin konumları, düşü yüksekliği ve su kaynakları belli olduğu için ayrıca ciddi bir ön etüt (istikşaf) ihtiyacı olmamaktadır. Yine bu yapılar genellikle yerleşim birimlerine yakın olduğu için enerji iletim hatları maliyeti yüksek değildir. Çok kompleks ve pahalı sistemler olmadıkları için ilk yatırım bedelleri düşüktür. İleri teknoloji kullanılmasına çok ihtiyaç duymadıkları için kurulumları hem kolay hem ucuzdur hem de ithalat gerektirmemektedir.

Antik su değirmenlerinin öğütme biriminin yapı malzemesi taş veya ahşap olup genellikle tek katlı olarak inşa edilmiştir. 20. yy'da bu birimin inşasında beton da kullanılmıştır. Mekanik enerji üretim birimi genellikle öğütme biriminin altında veya yan taraflarında kurulmaktadır. Bir su değirmeni sistemi; ark, oluk/ana oluk, boyra ve çark gibi alt sistemlerden meydana gelmektedir. Ark, suyu ana kaynaktan değirmen bölgesine götüren sistem olup antik olanlarının tamamı taştan daha sonra inşa edilenlerin bir kısmı ise betondan yapılmıştır. Oluk/ana oluk, suyu değirmenin çarkına taşıyan sistem olup antik olanlarının tamamı taştan daha sonra inşa edilenlerin bir kısmı ise betondan yapılmıştır. Boyra, suyun çarka vurduğu yerdir. Çark ise değirmen taşının dönmesini sağlayan ve genellikle sac kaplamalı ahşaptan yapılan tekerlek biçimindeki sistemdir (Gürses ve Karababa Taşkın, 2007). Anadolu'da çok yerde *oluk* adı verilen bu arklar, suyun araziye dağılmasını önlemede önemli bir işlev görür. Dağlık bölgelerdeki değirmenlerde su, dik bir oluktan beslenen ve dikeyle 30o'lik bir açı yapan bir su jeti aracılığı ile yatayda yerleştirilen tekerlek şeklindeki paletlere yöneltilmektedir (Wikander, 2000). Her ne kadar Landels (1978), Bu değirmenler için en az 3 metrelik bir düşünün gerekli olduğu belirtilse de değirmen taşının büyüklüğü, ağırlığı, çark ile değirmen taşı arasındaki bağlantılarda meydana gelen enerji kayıplarının da düşü yüksekliği üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

## Nasıl Bir Dönüşüm

Su değirmenlerinin hidrolik enerji üretim kapasitesi aşağıdaki şekilde yaklaşık olarak hesaplanabilir. Hesaplamalarda birim SI birim sistemi kullanılmıştır. Kanal en kesiti ve kesit ortalama akım hızı yerinde ölçüldükten sonra süreklilik denklemi (denklem 1) ile akımın debisi hesaplanır.

$$Q = A \cdot v \quad (1)$$

Burada Q (m<sup>3</sup>/s), A (m<sup>2</sup>) ve v (m/s) sırasıyla suyun debisi, kesit alanı ve kesit ortalama akım hızıdır.

Suyun kinetik enerjisi, denklem 2 ile hesaplanır.

$$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2)$$

Burada W (N.m) ve m (kg) sırasıyla suyun kinetik enerjisi ve suyun kütlesidir.

Suyun özgül kütlesi denklem 3 ile hesaplanır.

$$\rho = m/V \quad (3)$$

Burada,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) ve V (m<sup>3</sup>) sırasıyla suyun özgül kütlesi ve hacmidir

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (4)$$

Burada, P (N/ m<sup>2</sup>) suyun kabarma basıncıdır.

$$P_g = P \cdot v \cdot A \quad (5)$$

Burada, P<sub>g</sub> (Watt) santralin kurulu gücüdür.

Ayrıca denklem 6 ile net kurulu güç KW cinsinden elde edilebilir:

$$W = \gamma Q H \eta \quad (6)$$

Burada  $\gamma$  suyun birim hacim ağırlığı (MKS birim sisteminde t/m<sup>3</sup>), H düşü yüksekliği (m) ve  $\eta$  ise 0.85 – 0.90 arasında değişen ve sistemin verimliliğini ifade eden boyutsuz bir katsayıdır.

## Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar iki madde altında sıralanmıştır.

1. Mini HES kullanımına ve Su Değirmenlerinin mini HES olarak revize edilmesine yönelik genel olarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Son yıllarda gelişmekte olan ülkelerde mikro su kuvvetinin uzak kırsal alanların, özellikle de dağlık alanların, enerji ihtiyaçlarının giderilmesinde ve ekonomik kalkınmasında önemli rol oynadığı fark edilmiştir. Mini HES'ler, evsel, ticari ve sanayi enerjisi ihtiyacını karşılamada gittikçe önemli bir yer tutmaktadır. Eski su değirmenlerinin de böyle bir amaçla kullanılabileceği düşünülmektedir.
- Su değirmenlerinin hidrolik enerji üretiminde kullanılması, enterkonnekte şebeke bağımlılığından kurtararak, iletim tesisleri masrafları ile hatlardaki enerji kayıplarının önlenmesinde büyük katkısı olacaktır.
- Literatür çalışması sırasında gerek ulusal, gerek uluslar arası düzeyde bölgeye yönelik her hangi bir çalışmaya veya su değirmenlerinin mini HES olarak revize edilmesine yönelik pratik bir uygulamaya rastlanmamıştır. Bu çalışma bu alandaki ilk çalışmalardan biri olarak kabul edilebilir. Bu yönde çalışmaların yapılmasında yarar görülmektedir.

2. Çalışma alanına dair aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Diyarbakır ilinin yapı itibariyle su değirmenlerinin varlığına elverişli olduğu belirlenmiştir.
- Arazi incelemelerinde şu ana kadar Diyarbakır ili sınırları içinde çalışır ve çalışmaz durumda olan, Değirmenli Köyü'nde 12, Hevsel Bahçeleri'nde 7, Ambar Köyü'nde 1 ve Satı Köyü'nde 3 olmak üzere toplamda 23 su değirmenine rastlanmıştır.
- Değirmenlerin bölgesel olarak aynı yapıda olduğu ve benzer inşa edildiği gözlemlenmiştir.
- İncelenen değirmenlerin genel özelliklerinin ve yapılan ölçümlerin yer aldığı Tablo 1 aşağıdaki şekildedir.

Sonuç olarak, Su değirmenlerinin mini ve mikro düzeyde hidroelektrik enerji üretiminde öncü olmaları ve Diyarbakır ilinde su değirmenlerine sıkça rastlanması, bu çalışmada su değirmenlerinin hidrolik enerji üretiminde kullanılıp kullanılmayacağını araştırılmasına fırsat tanımaktadır. Çalışma henüz devam eden bir çalışma olup ilde bulunan tüm su değirmenlerinin sayısı ve konumu tam olarak belirlendikten sonra ilin değirmenlerden elde edilebilecek hidrolik enerji potansiyeli daha net ortaya çıkarılacaktır.

**Tablo 1:** İncelenen değirmenlerin genel özellikleri ve ölçümleri

Değirmen Adı	Değirmen Konumu	Yapı Malzemesi	Kanal Malzemesi	Kanal Boyutları (cm)	Kuyu Derinliği (m)	Kuyu Çapı (m)
Hevsel Bahçeleri Değirmen I	37° 54' 16" 40° 14' 16"	Bazalt taşı	Bazalt taşı (Beton kaplama)	60x35	6.5	2.14
Hevsel Bahçeleri Değirmen II	37° 54' 20" 40° 14' 11"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	62x84	Ölçüm yapılamamıştır	2.2
Hevsel Bahçeleri Değirmen III	37° 54' 56" 40° 14' 35"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır
Hevsel Bahçeleri Değirmen IV	37° 54' 18" 40° 14' 14"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	57x53	5.15	2.30
Hevsel Bahçeleri Değirmen V	37° 53' 59", 40° 13' 47"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	62x50	Ölçüm yapılamamıştır	2.1
Hevsel Bahçeleri Değirmen VI	37° 53' 59", 40° 13' 47"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır
Hevsel Bahçeleri Değirmen VII	Ölçüm yapılamamıştır	Bazalt taşı	Bazalt taşı	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır
Değirmenli Köyü Değirmenleri	38° 25' 6,30" 40° 12' 1,45"	Bazalt taşı	Bazalt taşı	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır	Ölçüm yapılamamıştır
Satı Köyü Değirmen I	37° 51' 2" 40° 20' 56''	Bazalt ve kalker taşı	Bazalt taşı (Beton kaplama)	63x72	5.1	1.95-2
Satı Köyü Değirmen II	37° 51' 1" 40° 20' 56"	Bazalt ve kalker taşı	Bazalt taşı (Beton kaplama)	52x83	4.7	1.75-1.85
Satı Köyü Değirmen III	37° 50' 47" 40° 20' 53"	Bazalt ve kalker taşı	Bazalt taşı (Beton kaplama)	60x70	3.0	3.5



## Kaynaklar

- Abay O., Yaşar M., Baykan N.O., Türkiye'nin Mikro Su Kuvveti Potansiyelinin Belirlenmesi, 2011, II. Su Yapıları Sempozyumu - 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır
- Ağralıoğlu, N, 2004, Baraj Planlama ve Tasarımı Cilt I, Su Vakfı yayımları, İstanbul
- Alashan S., Sen Z., Toprak ZF. (2016), Hydroelectric Energy Potential of Turkey: A Refined Calculation Method, The Arabian Journal for Science and Engineering(Arab J Sci Eng), DOI 10.1007/s13369-015-1982-5
- Aytek, A. & Toprak, Z. F. (2001). Fresh Water-Saltwater Distribution and Freshwater Potential of Turkey, Proc. International Symposium on Water Resources and Environmental Impact Assessment, 233 - 238, İstanbul.
- Bakis R, Demirbas A (2004), Sustainable development of small hydropower plants (SHPs), ENERGY SOURCES 26 (12): 1105-1118 OCT 2004.
- Bal Krishnan L., Women & Micro-Hydro Systems, 2006, Himalayan Small Hydropower Summit (October 12-13, 2006), Dehradun
- Balat M (2005), Current hydropower potential in Turkey and sustainability of hydropower for Turkey's energy demand, ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION 23 (1): 1-18 2005
- Bektaşoğlu, M., (2013), Anadolu Şehrinin Su Yapıları, Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s:149
- Bir, A. ve Kayral, M.,(1998) Osmanlı döneminde Anadolu'da kullanıldığı bilinen alttan çevirmeli su değirmenleri ve su kaldırma düzenleri. <http://istanbul-universitesi.beta.dergipark.gov.tr/download/article-file/13370>
- Birici, S., (2007). Klasik Türk Edebiyatında Asiyâ, Fırat üniversitesi sosyal bilimler dergisi, Elazığ. C: 17, SAYI: 1, SAYFA: 99
- Centre for Rural Technology, Improved Water Mill in Nepal- A Status Review, 2014 , Nepal (CRT/N) Bhanimandal, Lalitpur- January 2014
- CII – Godrej GBC Publication (2004), Small Hydro – Potential & Prospects, RES - Fact Sheet - No.2.
- Demirbas A (2002), Sustainable developments of hydropower energy in Turkey, ENERGY SOURCES 24 (1): 27-40 JAN 2002
- Demirbas A, Bakis R (2004), Energy from renewable sources in Turkey: Status and future direction, ENERGY SOURCES 26 (5): 473-484 APR 2004.
- Demirbas A, Sahin-Demirbas A, Demirbas AH (2004), Turkey's natural gas, hydropower, and geothermal energy policies, ENERGY SOURCES 26 (3): 237-248 FEB 2004
- Eris, E ve Toprak, ZF, 2011, Biriktirmesiz Hidroelektrik Santralleri ve Dünyada ve Türkiye'deki Mevcut Durumları, 2. Su Yapıları Sempozyumu, 16-18 Eylül, 2011, Diyarbakır.
- Kaygusuz K (1999), Hydropower potential in Turkey, ENERGY SOURCES 21 (7): 581-588 AUG-SEP 1999
- Kaygusuz K(2001), Hydropower and biomass as renewable energy sources in Turkey, ENERGY SOURCES 23 (9): 775-799 OCT 2001.
- Malghan VR (1996) History of MHD power plant development, Energy Conversion and Management 37 (5): 569-590.
- Ozturk HK (2004) Present status and future prospects of hydroelectric energy in Turkey, ENERGY SOURCES 26 (9): 829-840 JUL 16 2004
- 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.
- Toprak, Z.F., Türkiye'de ve Dünyada Hidrolik Enerji Potansiyeli, 2014, Enerjisini arayan Türkiye-Makale, Ocak-Şubat 2014
- 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

## **An Investigation of Hydraulic Energy Potential of Water Mills: A Case Study for Diyarbakir – Turkey**

### **Extended abstract**

*Water mills, which built near by a water source and powered by water, were used for milling the grain to obtain flour or animal food in the past. However, paralleling to the technological development, today water mills are not used for the stated purpose. Therefore, most of them have been demolished or physically damaged.*

*The working principle of water mills is based on the hydraulic energy obtained by converting the potential energy to the kinetic energy first and then to mechanical energy.*

*Today globally, micro portable HPPs are at the top due to the increased interest in renewable energy. Although the amount of fresh water is limited, population is increasing gradually and advancing in technology and proceeding to higher standard of living, which means increase in the usage of the water and energy, our country must point out all the water resources including from the smallest to the largest one and make it edible without giving any harm to the nature. Depending on the EU acquis, the revisions made in the Turkey national legislations on energy and particularly in renewable energy allow the assessment of very small water resources.*

*Within the scope of this study, first, the available literature has been studied and then to determine the hydraulic energy potential of water mills the hydraulic energy generating mechanism of water mills has been investigated. For the purpose, Diyarbakir, where water mills are frequently used in the past, was chosen as the study area.*

*In field work, water mills were found in the city center (at the Hevsel Gardens) 7, in the Degirmenli Village of Dicle 12, 1 in Ambar and 3 in Satı Village connected to the city center in total 23 in the Diyarbakir province. It is observed that the mills have the same structure locally and that they are constructed similarly.*

*As a result, the fact that water mills are the pioneers in the production of hydroelectric power at mini and micro level and water mills are frequent in Diyarbakir province, this study gives an opportunity to investigate whether water mills can be used in hydropower generation.*

*The study is still ongoing and after the number and location of all water mills on the ground have been fully identified, the hydraulic energy potential that can be obtained from the mills will be revealed more clearly.*

**Keywords:** *Water mills, Diyarbakir, Hydro power, micro HPPs and portable HPPs*