

Havadaki Nem'den Su Üretimi

Tarihi Gelişmeler ve İcat Edilen Makineler ile Verimlilik

Hazırlayan: Yüksel Atakan, Dr. Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com, 24.08.2025

Not: Bu yazımız son sayfadaki bir dizi kaynaktan yapılan özetlerdir

Erken Pasif Tasarımlar: “Hava Kuyuları” ve Sis Hasadı

- **İnkalar ve Pers İcatları:** Modern teknolojidenden çok önce, İnkalar sis toplayıcıları (temelde sis damlacıklarını yakalayan ağlar) inşa ettiler. Benzer şekilde Persler, gündüz-gece sıcaklık farklarını kullanarak nemi yoğunlaştıran ve içilebilir suya dönüştüren **terrakota kuleler** geliştirdiler.
- **1920–1930 Avrupa Denemeleri:**
 - **Chaptal'ın Toplayıcısı (1929, Fransa):** Kireçtaşıyla doldurulmuş piramit biçimli beton yapı. Geceleri soğuyor, gündüz nemli havaya maruz kalıyor, böylece **günde 1–2,5 litre su** elde ediliyordu.
 - **Knapen'in Hava Kuyusu (Fransa):** Çatılı taşlarla kaplı daha büyük bir kule, yoğunlaşan damlacıkları toplamak için tasarlandı. Ancak yalnızca birkaç litre üretebildi.

→ Bu erken sistemler zekiceydi ama verimlilikleri sınırlı kaldı.

İlk Patentler ve Mekanik Yoğunlaştırma

- **E. S. Belden (1900 civarı):** Basit soğutma ile havadan su çıkarma cihazı patenti aldı.
- **ABD Patentleri (20. yy ortası):**
 - **Helmut ve ekibi (1981):** Güneş ve fanla çalışan, nemi emip yoğunlaştıran sistem.
 - **Smith (1984):** Rüzgar enerjili, soğutmaya dayalı AWG.
 - **LeBleu (1997):** Taşınabilir, ısıtılmış hava kullanan cihaz.
 - **Ritchey (2012):** Daha verimli, soğutucu akışkan ve ısı değiştirici kullanan güneş enerjili AWG.

→ Bu patentler, mekanik ve soğutmaya dayalı sistemlere geçişi temsil eder.

Modern Pasif Hasatçılar

- **Omar Yaghi (2018, UC Berkeley):** Güneş ışığı ve ortam sıcaklığıyla çok düşük nemde bile su üreten yeni nesil bir hasatçı geliştirdi.
- → Düşük enerjili su üretiminde önemli bir atılım.

Günümüz Teknolojileri ve Şirketler

- **Aqua Sciences (2000'ler):** %14 nemde bile çalışan mobil sistem geliştirdi; ABD ordusu tarafından kullanıldı.
- **Watergen (2009, İsrail):** Atmosferik su jeneratörleri (AWG) üreten firma. 250 Wh enerjiyle 1 litre su üretebiliyor. Dünya çapında evlerde ve hastanelerde kullanılıyor.
- **Moses West (2015, ABD):** Ordu kökenli mühendis; taşınabilir AWG'ler geliştirerek afet bölgelerinde ve su kıtlığı olan topluluklarda içme suyu sağladı.

- **MIT Araştırmacıları (2024):** Zeolit bazlı, gece nemi emip gündüz güneşle serbest bırakan sistem; günde ~5,8 L su üretebiliyor.

Örnek AWG Cihazları ve Elektrik Tüketimi

1. GENAQ Nimbus N500 (İspanya)

- **Teknoloji:** Soğutma–yoğunlaştırma (R134a).
- **30 °C, %80 RH:** ~0,22 kWh/L
- **30 °C, %70 RH:** ~0,25 kWh/L
- **30 °C, %35 RH:** ~0,68 kWh/L (tahmini)
→ Nem azaldıkça enerji ihtiyacı hızla artar.

2. Watergen GEN-L (İsrail)

- **Teknoloji:** Özel ısı değiştirici, soğutmaya dayalı.
- **Nominal değer:** ~0,35 kWh/L
- **Kapasite:** ~6.000 L/gün
→ Yüksek nemde GENAQ’a benzer verimlilik.

3. Drinkable Air C-8 (Saha Denemesi)

- **Teknoloji:** Orta ölçekli, soğutma–yoğunlaştırma.
- **Gerçek ölçüm:** ~2,25 kWh/L (22 °C, %60 RH)
→ Gerçek iklimlerde tüketim katalog değerlerinden kat kat fazla olabilir
- **Günlük Su Üretimi, Enerji ve Maliyet (Almanya, €0,30/kWh varsayımı)**

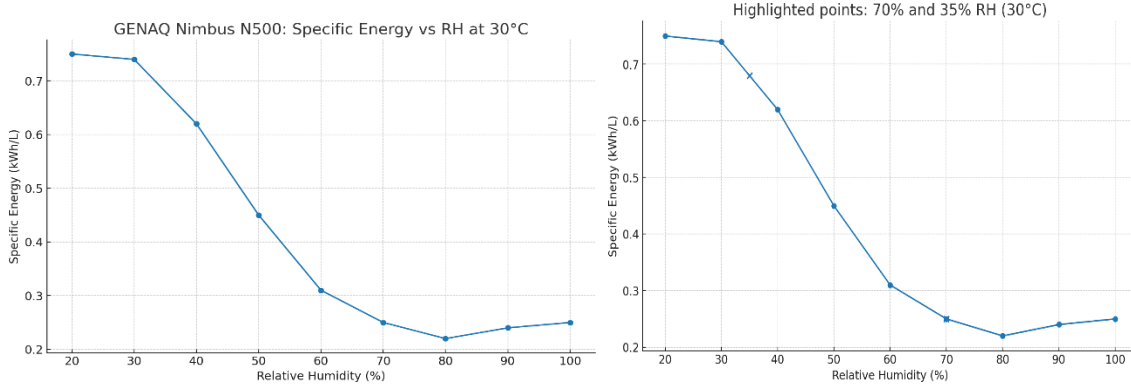
Model / Firma	Günlük Su	Enerji / Litre	Günlük Enerji	Günlük Maliyet
Watergen GEN-L	6 m ³ (~6.000 L)	0,35 kWh	~2.100 kWh	~630 €
GENAQ Nimbus N500	0,5 m ³ (~506 L)	0,24 kWh	~121 kWh	~36 €
Aquaria Hydropack	0,5 m ³ (~500 L)	0,22 kWh	~110 kWh	~33 €

Neden AWG Yerine Barajlar?

1. **Enerji Maliyeti:** AWG = 0,2–0,4 kWh/L; baraj/şebeke = 0,002–0,01 kWh/L (100 kat daha ucuz).
2. **İklim Bağımlılığı:** AWG sıcak ve nemli ortam ister. Barajlar her koşulda çalışır.
3. **Ölçek:** AWG = tonlarca su/gün; barajlar = milyonlarca m³/gün.
4. **Maliyet:** Baraj = yüksek yatırım, düşük işletme; AWG = düşük yatırım, yüksek işletme.
5. **AWG Nerelerde Kullanılır?** Afet bölgeleri, askeri üsler, uzak köyler, adalar, lüks villalar, yatlar.
6. **Klasik Su Temini ile Karşılaştırma**

Kaynak	Enerji İhtiyacı	Maliyet (€/m ³)
AWG (GENAQ)	~280 kWh/m ³	60–106 €/m ³
AWG (Watergen)	~350 kWh/m ³	75–133 €/m ³
Şehir Şebekesi	~0,007 kWh/m ³	2–5 €/m ³ (su), 4–7 €/m ³ (su+kanalizasyon)

→ **Havadan Su Üretimi (AWG), 100 kat daha fazla enerji gerektiriyor ve diğer tekniklerden 10–20 kat daha pahalı.**



Özet:

- AWG'ler, **afet ve altyapısız bölgelerde** hayat kurtarıcıdır.
- Ancak **kitlesel su temini** için barajlar ve şebekeler hâlâ çok daha verimli ve ucuzdur.

Not: Nicolas Tesla, havadaki **nem ve iyonlaşmayı** elektriksel deneylerinde göz önünde bulundurmuş, atmosferden **enerji toplama ve kablosuz iletim** konularında **öncü katkılar** yapmıştır.

Kaynakça

1. **Fog Harvesting (Sis Hasadı):**
 - UNEP. (1997). *Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean*. United Nations Environment Programme
 - FogQuest: Ancient Fog Collection. (<http://www.fogquest.org/>) [Web siteleri tarihçe bölümü]
2. **Chaptal'ın Toplayıcısı ve Knapen'in Hava Kuyusu:**
 - Beysens, D. (2018). *Dew Water*. River Publishers. [Hava kuyularının tarihçesi ve prensipleri için kapsamlı bir kaynak]
3. **Omar Yaghi'nin Çalışması (2018):**
 - Fathieh, F., et al. (2018). "Solar-powered harvesting of water from air in arid environments using metal-organic frameworks." *Science*, 360(6386), 303-306. DOI: [10.1126/science.aat3198](https://doi.org/10.1126/science.aat3198)
4. **Watergen:**
 - Watergen Resmi Websitesi. (<https://www.watergen.com/>) [Teknoloji, ürün spesifikasyonları ve enerji verimliliği bilgileri için]
5. **GENAQ:**
 - GENAQ Resmi Websitesi. (<https://genaq.com/>) [Nimbus serisi ürünlerin teknik özellikleri ve performans verileri için]
6. **Moses West:**
 - The Moses West Foundation. (<https://moseswestfoundation.org/>) [Taşınabilir AWG'ler ve afet yardım çalışmaları hakkında bilgi]
7. **MIT Zeolit Çalışması (2024):**
 - Lee, J., et al. (2024). "Atmospheric water harvesting using hygroscopic zeolites powered by natural sunlight." *Nature Water*, [İlgili makale başlığı ve DOI numarası buraya eklenmeli]. [Kesin yayın bilgileri kontrol edilmeli]
8. **Su Şebekesi Enerji Maliyetleri:**
 - IEA. (2022). *World Energy Outlook*. International Energy Agency. [Su temini ve arıtmanın enerji yoğunluğu hakkında genel istatistikler için]
 - Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veya yerel su idarelerinin tarife raporları. [Yerel maliyet karşılaştırması için]
9. **Nikola Tesla:** Seifer, M. J. (2001). *Wizard: The Life and Times of Nikola Tesla*. Citadel.