

## SICAK SU İLE SIĞ SOĞUK SUYUN KARIŞMASINDAN MEYDANA GELEN SUDA KARIŞMADAN ÖNCE BUHAR VE ISI KAYBININ OLUP OLMADIĞININ SAPTANMASI

Makale Fournier ve Truesdell (1974)'den kısmen tercüme edilmiştir.

Mert ARSLAN\*

### SU KARIŞIM TESTİ

Yüksek debili birçok ılık kaynaklardaki su, derinden gelen sıcak su ile siğ soğuk suyun karışmasından meydana gelir. Bölgedeki ılık kaynağın sıcaklığı ve silis içeriği ile termal olmayan suyun sıcaklık ve silis içeriği kullanılarak karışmadan önce buhar ve ısı kaybının olup olmadığı saptanabilir.

Eğer birkaç kaynak mevcutsa, sıcaklık ve klorür, bor veya diğer oldukça duyarlı olmayan bileşenlerce değişiklikler karışık suyu gösterirler. Su sıcaklığı ve düzgün bir değişimin olduğu yerde böyle su sinyali verilir.

Diğer yaklaşım yüksek debili kaynak suyu bileşiminin kaynak suyunun yaklaşık  $\pm 25$  °C sınırlarındaki bir sıcaklıkta kimyasal denge gösterip göstermediğini test etmektir. Bariz dengesizlik karışık suyu ifade eder.

Kimyasal dengeyi test etmede Na-K-Ca jeotermometresi iyi çalışıyor görülür. Molalite cinsinden su bileşimi aşağıdaki eşitlikle sıcaklıkla ilişkilidir.

$$\log\left(\frac{Na}{K}\right) + f \log\left(\frac{Ca}{Na}\right) = \frac{1647}{273+T} - 2.24 \quad (1)$$

Burada 100 °C üzerinde dengeli su için  $\square=1/3$ , 100 °C altında dengeli su için  $\square=4/3$  dür. İlk önce  $\square=4/3$  100 °C altında sıcaklık veriyor mu görmek için test ederek; eğer değilse denge sıcaklığını hesaplamada  $\square=1/3$  kullanılacaktır.

## KARIŞIM MODELLERİ

Şekil 1A model 1'de bir fay veya kırık olan geçirgen bir kırık hattı boyunca derinden sıcak su yükselir. Bu durumda, su ve yeni oluşan buhar beraber yükselirler. Şekil 1A'da M olan bir noktada, sıcak su geçirgen bir tabakadaki soğuk suyla karşılaşır. Sıcak suyun soğuk suya oranına bağlı olarak, kaynak çok soğuktan kaynara sıralanan bir sıcaklığa sahip olur.

Şekil 1B model 2 de yükselen sıcak suda kaynamanın oluştuğunu ve sıcak su soğuk su ile karışmadan önce, meydana gelen buharın biraz veya tümünün o sudan kaçtığını (S noktası) varsayabiliriz. Buharın yeryüzüne çıktığı yerde fümerol ve soğuk su ile karışan sıcak suyun yüzeye çıktığı yerde ılık bir kaynak görürüz.

Şekil 1'in iki modelinde hesaplamalar karışmadan önceki soğuk su sıcaklıkları ve silis içeriği ile karışmadan sonraki ılık su sıcaklıkları ve silis içeriğine bağlıdır.

### HESAPLAMALAR

Sıcak su bileşenini karşılayan akiferin çözünmüş silis-sıcaklık ilişkisi solüsyon buhar basıncındaki kuvars eriyebilirliği ile verilir. Seçili değerler çizelge 1 de verilmiştir.

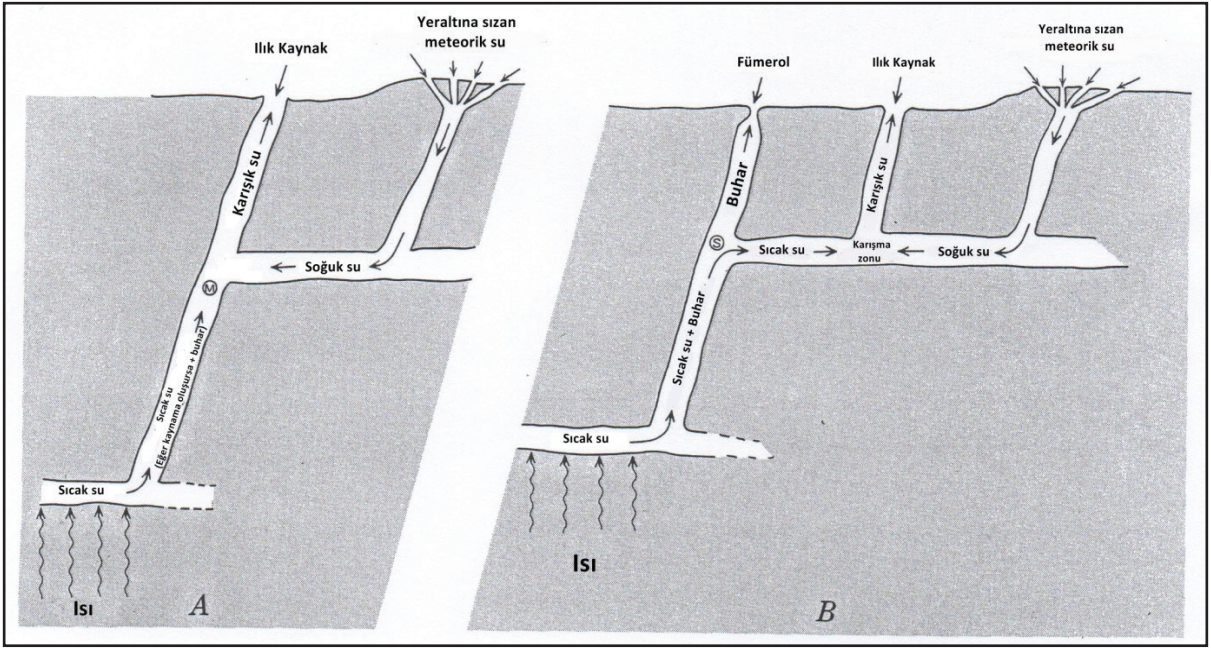
Bu çizelge 1 değerleri ile aşağıdaki gibi grafiksel bir çözüm elde edilebilir.

1. Çizelge 1 de listelenen sıcaklıklar için sıcak su entalpi değerleri serisi varsayılır ve aşağıdaki gibi her biri için  $X_1$ yi hesaplanır.

$$X_1 = \frac{(\text{sıcak suyun entalpi}) - (\text{ılık kaynağın sıcaklığı})}{(\text{sıcak suyun entalpi}) - (\text{sıcak kaynağın sıcaklığı}} \quad (2)$$

2. Kendisinden varsayılan sıcak su entalpi değerlerinin türetildiği sıcaklıklara dair hesaplanan  $X_1$  değerlerini işaretlerle (Şekil 2, A eğrisine bak).

\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, Ankara



Şekil 1- Sıcak su bileşeninin entalpi ve silis içeriği derin suyunkiyle aynı olan karışık sulu ılık bir kaynak elde etme adına A şematik modeli (model 1) ve sıcak su bileşeni soğuk su ile karışmadan önce buhar kaybetmiş B şematik modeli (model 2).

3. Çizelge 1 de listeli sıcaklık adına münaşip sıcak su silis içerikleri serisi varsayılır ve aşağıdaki gibi her bir silis içeriği adına  $X_{Si}$  hesaplanır.

$$X_{Si} = \frac{(C_{sıcak su} \cdot silis) - (C_{soğuk su} \cdot silis)}{(C_{sıcak su} \cdot silis) - (C_{soğuk su} \cdot silis)} \quad (3)$$

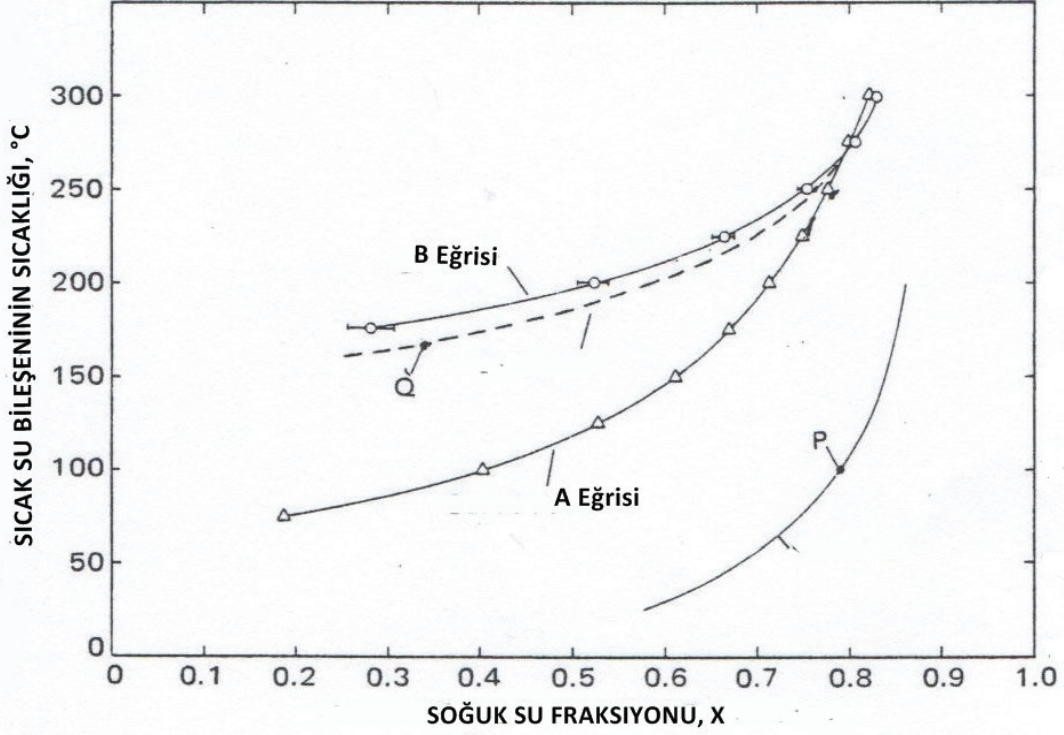
4. Önceden kullanılan grafik üzerinde silis içeriklerinin elde edildiği sıcaklıklara bağlantılı olarak hesaplanan  $X_{Si}$  değerlerini işaretleyiniz (Şekil 2, B eğrisine bakınız).

Eğer yükselen sıcak su soğuk suyla karışmadan önce buhar veya ısı kaybetmişse veya eğer amorf silis veya cam içeren kayaçla kontak sebebiyle karışık su ilave silis çözmüşse iki eğri kesişmez (Şekil 3) veya iki eğri aşırı yüksek bir sıcaklıkta kesişirler.

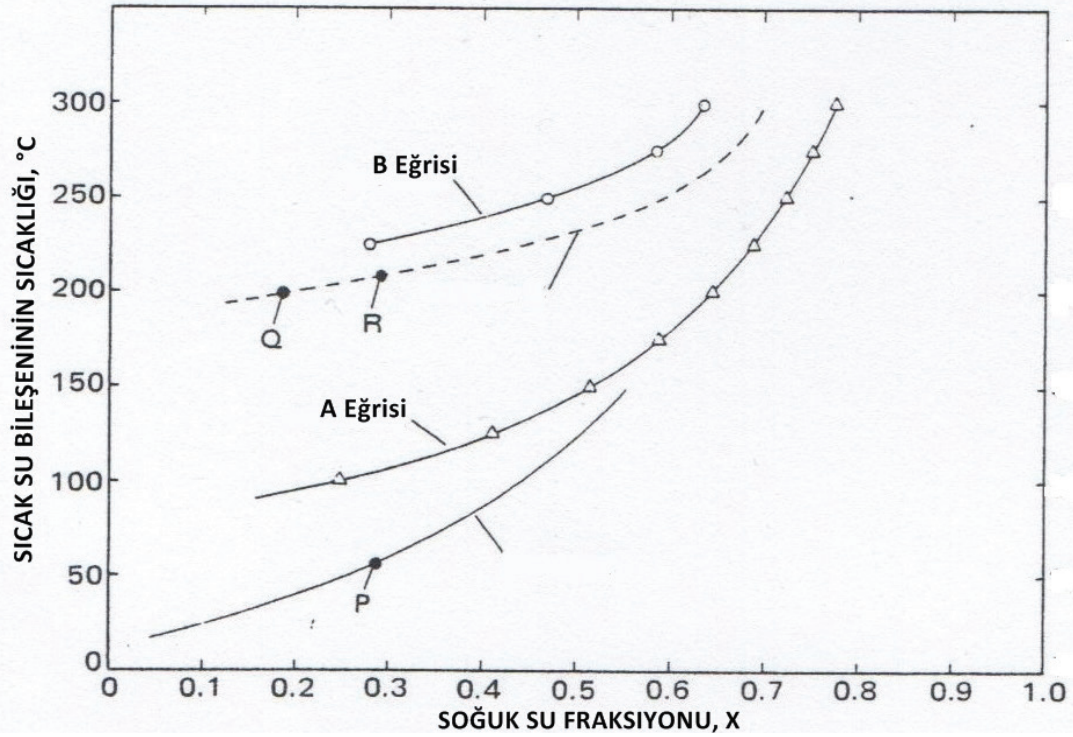
Karışık suların rezervuar sıcaklıklarının hesaplanmasında silis jeotermometresinin kullanımı için Arslan (2014)'a bakınız.

Çizelge 1. Birlikte olan buhar ve su için tahsis edilen seçili sıcaklık ve basınçlarda sıvı su entalpileri ve silis içerikleri.

| Sıcaklık<br>(°C) | Entalpi<br>(kal/g) | Silis<br>(mg/l) |
|------------------|--------------------|-----------------|
| 50               | 50                 | 13,5            |
| 75               | 75                 | 26,6            |
| 100              | 100,1              | 48              |
| 125              | 1125,4             | 80              |
| 150              | 151                | 25              |
| 175              | 177                | 185             |
| 200              | 230,6              | 265             |
| 225              | 230,9              | 365             |
| 250              | 259,2              | 486             |
| 275              | 289                | 614             |
| 300              | 321                | 692             |



Şekil 2- Terrace kaynağında sıcak su bileşeninin sıcaklık ve silis içeriği ile ilgili olarak soğuk su fraksiyonu. Üçgenler çizelge 2'de listeli  $X_t$  değerleridir; çemberler  $X_{Si}$  değerleridir.



Şekil 3- Interchange Kaynağında sıcak su bileşeninin sıcaklık ve silis içeriği ile ilgili olarak soğuk su fraksiyonu. Sembol ve eğrilerin açıklaması için şekil 2'ye bakınız.

## UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Önerili bu karışma modelleri Yellowstone National Park'daki yüksek debili birkaç ılık kaynağa uygulanmıştır.

Park'daki termal olmayan yeraltı suyunun ortalama silis içeriği  $25 \pm 2$  mg/l olarak bulunmuştur ve en soğuk kaynak yıllık ortalama  $4$  °C'lik sıcaklıkla iyi uygun  $5$  °C idi.

Madison Junction yakınındaki Terrace Kaynağı yaklaşık 5500 l/dak' da akar, su sıcaklığı  $62$  °C dir ve silis içeriği 140 mg/l dir. Suyun sodyum, potasyum ve kalsiyum içerikleri  $200$  °C lik hesaplanan akifer sıcaklığı verir. Bu sıcaklık  $62$  °C'lik kaynak sıcaklığından çok daha büyük olduğundan, kaynağın karışık su tipli olduğu varsayılır.

Değişik sıcak su sıcaklıkları olduğunu varsayarak ve model 1 ile 2 ve 3 nolu eşitlikleri kullanarak hesaplanan soğuk su fraksiyonları Çizelge 2 sütun 1 de listelenmiştir ve şekil 2 de A ve B eğrileri işaretlidir. Eğriler  $265$  °C de ve  $0,79$  luk soğuk su fraksiyonunda kesişirler. Bu sıcak su bileşeninin maksimum sıcaklığı olarak düşünülebilir.

Model 2'nin mükemmel sonuçlar verdiği Interchange Kaynağı ikinci örnektir. Interchange Kaynağı  $76$  °C sıcaklığa, 270 mg/l silis içeriğine, ve yaklaşık 2000 l/dak debiye sahiptir. Na-K-Ca içeriği  $205$  °C sıcaklık verir. Sıcak su bileşeninin soğuk suya göre hesaplanan fraksiyonları çizelge 2, sütun 2'de listelenmiştir ve şekil 3'te işaretlenmiştir.

**Çizelge 2. Yellowstone National Park'daki ılık kaynaklara karşılık sıcak su bileşeninin farklı sıcaklıklarda ki  $X_t$  ve  $X_{Si}$  değerleri.**

| Suyun sıcaklığı<br>(°C) | 1                  |                                          | 2                  |                                          |
|-------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|
|                         | $X_t$<br>(t=62 °C) | $X_{Si}$<br>(SiO <sub>2</sub> =140 mg/l) | $X_t$<br>(t=76 °C) | $X_{Si}$<br>(SiO <sub>2</sub> =270 mg/l) |
| 50                      | -                  | -                                        | -                  | -                                        |
| 75                      | 0,186              | -                                        | -                  | -                                        |
| 100                     | 0,401              | -                                        | 0,253              | -                                        |
| 125                     | 0,527              | -                                        | 0,410              | -                                        |
| 150                     | 0,610              | -                                        | 0,514              | -                                        |
| 175                     | 0,669              | 0,280                                    | 0,587              | -                                        |
| 200                     | 0,713              | 0,521                                    | 0,642              | -                                        |
| 225                     | 0,748              | 0,662                                    | 0,686              | 0,279                                    |
| 250                     | 0,776              | 0,751                                    | 0,721              | 0,469                                    |
| 275                     | 0,799              | 0,805                                    | 0,750              | 0,584                                    |
| 300                     | 0,820              | 0,828                                    | 0,775              | 0,633                                    |

Şekil 3'ün en göze çarpan özelliği, entalpi değerlerine bağlı A eğrisi ile silis değerlerine bağlı B eğrisinin kesişmemesidir. Açıkçası ya karışmadan önce sıcak su bileşeninden buhar

kaçtı ya da karışma olduktan sonra ılık kaynak suyu ekstra silis çözdü.  $76$  °C de amorf silis eriyebilirliği, kaynak suyunda bulunan 270 mg/l'nin analitik hatası içindeki 266 mg/l 'dir.

Burada birinci alternatif uygun görülür çünkü yüksek debi oranlarının amorf silisle denge yapması olasılık dışıdır.

## SONUÇLAR

Kaynayan ve kaynamayan kaynakların her ikisindeki su derinden gelen sıcak suyun ve yüze yakın meteorik su olan soğuk suların bir karışımı olabilir. A ve B eğrilerinin kesişmemesi, ya karışmadan önce sıcak su bileşeninden buhar kaçması ya da karışım olduktan sonra ılık kaynak suyunun ekstra silis çözmesinden kaynaklanır (Şekil 3).

## KATKI BELİRTME

Bu yazının hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Daire Başkanımız Sn. Hayrettin Okay ile Jeofizik Müh. M. Levent Bakar'a teşekkür ederim.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Arslan, M. 2014 Rezervuar sıcaklıklarını hesaplama amacıyla kullanılan silis jeotermometresi: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü *Doğal Kaynaklar Ve Ekonomi Bülteni*, Sayı:17, p. 127-130
- Fournier, R. O., Truesdell, A. H. 1974 Geochemical indicators of subsurface temperature- Part 2, estimation of temperature and fraction of hot water mixed with cold water: *Jour. Research U. S. Geol. Survey*, vol.2, No. 3, p. 263-270

