

## JEOTERMAL UYGULAMALARDA ÇEVRE SORUNLARI

Erman ŞAMİLGİL

Yıldız Üniversitesi, Kocaeli Mühendislik Fakültesi

**ÖZET:** İnsanlığın refah düzeyinin yükseltilmesi açısından düşünüldüğünde elbette ki, yeni enerji kaynaklarının bulunup işletilmesi, endüstrinin ve teknolojinin geliştirilmesi gibi olanaklardan vazgeçilmesi söz konusu olamaz. Ancak, tüm hammadde olanaklarından maksimum yarar sağlamanın teknolojisini geliştirmeye çalışırken bir taraftan da, doğal sonuç olarak ortaya çıkması kaçınılmaz olan çevre kirlenmesini minimuma indirecek yöntem ve stratejilerin saptanması ve bunun gerektireceği yaptırımlara kesinlikle uyulması gerekir. Kurulacak her endüstri tesisinin girdi ve çıktıları kıyaslanırken, yaratacağı çevre sorunlarının sonucunda yitireceği değerler de muhasebe ve mantık süzgecinden geçirilmeli, önlemler planlanmalı ve ancak bundan sonra icraata karar verilmelidir.

Çevre sorunları açısından petrol, kömür, radyoaktif mineral vb. enerji kaynaklarına kıyasla jeotermal akışkanların önemli ölçüde bir üstünlükleri vardır. Şöyle ki; jeotermal akışkanlar hiçbir katı kirletici içermedikleri gibi gaz fazındaki kirletici olarak ta, sadece belirli bazı sahalarda  $H_2S$  gazının kayda değer bir orana ulaştığı bilinmektedir. Buna mukabil bu akışkanlar, kimyasal bileşimlerinin ve asidite değerlerinin bir fonksiyonu olarak iletim borularında aşınma, paslanma veya tam tersine tıkanmalara neden olabileceği gibi, tarımsal kullanımda da olumsuz etkileri olabilir.

Tarımda, sulama sularının kirlenmesinde rol oynayabilecek olan en etkin faktörler Bor, artık (bakiye)  $Na_2CO_3$ , toplam tuzluluk, Alkalinite ve As değerlerinin belli limitlerin üzerine çıkmalarıdır.

Ne var ki bu olumsuz etkileri yok etmek veya hiç değilse hafifletmek amacıyla jeotermal akışkanın ve çevre sulama suyunun bileşimleri, debileri ve çevre tarımının arasında bilimsel ve sağlıklı bir denge kurularak, kullanımda gözönüne alınması gerekli sınırlayıcı faktörler ayrıntılı bir şekilde ve yaptırımlarıyla birlikte ortaya konulabilir.

Bu önlemlerin yetersiz kalabileceği bazı durumlarda ise U. S. A. vb. bazı ülkelerde ve bu arada İzmir-Balçova'da yapıldığı gibi "kuyucu eşanjör sistemi" uygulanarak jeotermal akışkan yeryüzüne hiç çıkarılmaksızın termal enerjileri yeryüzüne aktarılabilir; veya çıkarılan jeotermal akışkan, kullanımı müteakip, Japonya, U.S.A., Fransa vb. ülkelerde yapılageldiği gibi arazinin belirli yerlerine ve belirli derinliklerine yeniden zerk edilebilir, yani "reenjeksiyon" yapılabilir.

Her ne kadar son olarak zikrettiğimiz çözüm önerileri biraz emekli ve masraflı görülürlerse de gene de, jeotermal akışkanların olumsuz sorunları, diğer enerji hammaddelerinkilete kıyasla çok daha kolay ve ucuz yöntemlerle giderilmiş olacaktır.

## GİRİŞ

Bilindiği üzere tüm canlılar, ve bu arada insanoglu, yeryüzünde belirledikleri jeolojik devirlerden bu yana yaşam savaşı sürecinde, içinde buldukları ortamı, yani doğayı hem olumlu, hem de olumsuz yönde etkilemektedirler. Konu, salt insanoglu faktörü açısından ele alındığında olumsuz etkilerin ivmesi, gerek hızlı nüfus artışından, gerekse, özellikle 20.yüzyıl içerisindeki baş döndürücü sanayileşme hızına paralel olarak maalesef giderek büyümektedir. Hal böyle olunca, bu olumsuz etkiler gerek çeşitlilik, gerekse etkinlik bakımından korkunç boyutlara ulaşmaya doğru giden çevre sorunlarına yol açmaktadırlar.

Çevre sorunu yaratan faktörleri katı, sıvı ve gaz artıklar olmak üzere üç ana grupta toplamak olasıdır. Bu faktörlerin doğrudukları çevre sorunlarını ise atmosferin, yerüstü ve yeraltı sularının, deniz, kıyı ve toprağın kirlenmesi ve toprak erozyonu alt başlıkları altında incelemek mümkündür.

Nihayet bu sorunların sonuçlarını ise, insan ve hayvanların sağlıklarının bozulması ve hatta giderek hayatlarını yitirmesi, gerek doğal bitki örtüsünün, gerekse tarımsal bitkilerin yetiştirme ve gelişmede uğradığı zararlar, toprak kaybı, nihayet doğal güzelliklerin ve turistik değerlerin uğradığı zararlar şeklinde maddelendirmek olasıdır.

Bu olumsuz gidişi durdurmanın, veya hiç değilse frenlemenin elbette ki çeşitli yolları vardır ve bu konuda gerek Devlete, gerekse kişilere düşen görevler de vardır. Alınması gerekli önlemlerin en başında kuşkusuz eğitim ve kişilerin bilinçlendirilmesi gelir. Fakat bunların yanısıra elbette ki kirletici artıkların tüm olumsuz etkilerini giderici yaptırımların, ve nihayet gereği halinde de cezai müeyyidelerin titizlikle yürütülmesi gereklidir.

Ancak şunu da gözardı etmemek gerekir ki insanlığın refahı açısından elbette ki yeni enerji kaynaklarının bulunup işlenmesi, endüstrinin ve teknolojinin geliştirilmesi gibi olanaklardan vazgeçilemez. Şu halde yapılması gereken şey, bir taraftan, tüm hammadde olanaklarından maksimum yarar sağlamanın teknolojisini geliştirmeye çalışırken, diğer taraftan da, doğal sonuç olarak ortaya çıkması kaçınılmaz olan çevre kirlenmesini minimuma indirecek yöntem ve stratejilerin saptanması, ve bunun gerektireceği yaptırımlara kesinlikle uyulması olmalıdır. Ve tabii ki bu teknoloji ve stratejinin saptanmasından hemen sonra, kurulacak endüstri tesislerinin bir taraftan girdi ve çıktıları kıyaslanırken, diğer taraftan da çevre sorunları açısından kazanacaklarımız ve yitireceklerimiz muhasebe ve mantık süzgecinden geçirilmeli, yani eğer deyim uygunsu, tüm nimet ve külfetler terazinin kefelerine karşı karşıya konulduktan sonra, ağır basan taraf lehine icraata geçilmelidir.

## JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE

Çevre sorunları açısından petrol, kömür, radyoaktif mineral vb. enerji kaynaklarına kıyasla jeotermal akışkanların önemli bir ölçüde bir üstünlükleri vardır. Şöyle ki jeotermal akışkanlar hiçbir katı kirletici içermedikleri gibi gaz fazındaki kirletici olarak ta, sadece belirli bazı sahalarda  $H_2S$ (kükürtlü hidrojen) gazının kayda değer bir orana ulaştığı bilinmektedir (Yeni Zelanda'daki, İtalya'daki bazı kaynak ve kuyular ile Denizli-Tekkehamam kaynakları gibi).

Buna mukabil jeotermal akışkanlar, kimyasal bileşimlerinin ve asidite değerlerinin bir fonksiyonu olarak iletim borularında aşınma, paslanma veya tam tersine tıkanmalara neden olabileceği gibi tarımsal kullanımda da olumsuz etkileri olabilir.

Ne var ki her jeotermal akışkanın kullanım sürecine sokulmasından önce, sıvı ve gaz bileşimleri ile kuyubaşı basınçları sürekli denetim altında bulundurularak, bu tür olumsuzluklar büyük ölçüde giderilebilir. Örneğin asit özellikli sularda plastik iletim boruları yeğlenerek paslanma ve ko-

roziyon olayı bertaraf edilebilir; Üretim basıncını, testlerle saptanacak, her sahaya özgü bir limit değerini üzerinde tutarak kabuklaşma hızı önemli ölçüde yavaşlatılabilir, keza son yıllarda İtalya vb. bazı ülkelerde ve bu arada Afyon-Gecek'te yapıldığı üzere, özel bileşimde inhibitörler kullanılarak kireç kabuklaşması frenlenebilir. Amerika vb. bazı ülkelerde, ve bu arada İzmir-Balçova'da yapıldığı gibi kuyuyu eşanjörleri kullanılarak kabuklaşma yapacak özellikteki jeotermal akışkan yeryüzüne hiç çıkarılmadan, termal enerjileri yeryüzüne aktarılabilir, veya bazı özel durumlarda, kullanıma sevk edilmeden önce jeotermal akışkanın silisi ve/veya kireci, dinlendirme havuzlarında tutulabilir.

Diğer taraftan jeotermal akışkanın ve çevre sulama suyunun bileşimi, debisi ve çevre tarımının ilişkileri bilimsel bir biçimde kurularak, kullanımda gözönüne alınması gerekli sınırlayıcı faktörler ayrıntılı ve sağlıklı bir şekilde ortaya konulabilir, (ki aşağıdaki paragraflarda iki sahama uygulamamız bu tür çalışmaları özetle sergileyeceğiz), ve nihayet tüm bu önlemlerin yetersiz kaldığı bazı durumlarda ise kullanımı müteakip artık akışkan Japonya, Amerika, Fransa vb. birçok ülkede yapılageldiği gibi arazinin belirli yerlerine ve belirli derinliklerine yeniden zerk edilebilir (yani re-enjeksiyon yapılabilir).

## TARIMSAL SULARA ETKİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Görüldüğü üzere jeotermal artık suların neden olabilecekleri başlıca çevre sorununu, kimyasal bileşimlerinin bir fonksiyonu olarak tarımsal ürünler üzerindeki etkileridir. Biz bu bölümde önce, sulama sularının bileşimlerinin meyve, sebze ve diğer tarımsal ürünler üzerindeki etki derecesini genel anlamda gözden geçireceğiz; daha sonra bu kuralların önce Afyon-Gecek ve sonra Denizli-Kızıldere özelinde irdelemelerini yapacağız, ve son bölümde de, her sahanın özelinde çevre sorunlarını giderici veya sınırlayıcı çözüm önerilerimizi sergileyeceğiz:

## 1) SU BİLEŞİMİNİN TARIMA ETKİSİ

### A - Sulama Sularındaki Bor Miktarının Bitkilere Etkisi:

Ek 1-a'da Bor'a hassas, yarı hassas ve dayanıklı bitkiler için, sulama sularının Bor konsantrasyonları açısından sınıflandırılmalarına baz teşkil eden limit değerler gösterilmiştir. Ek.1-b'de ise sulama sularındaki Bor elementine karşı hassas, yarı hassas ve dayanıklı olan sebze, meyva ve tahıl ürünlerinin sınıflandırılması, dayanıklılık derecelerine göre dizili olarak verilmiştir.

Ancak burada şunu da kaydetmek yerinde olur ki bitkilerin Bor elementinden olumsuz yönde etkilenmeleri, yalnızca sulama sularından kökler kanalıyla çekilen Bor nedeniyle değil, fakat bundan daha da önemli olarak, borlu sularla püskürtme yoluyla yapılan sulamalarda yaprakları yakarak çürümeye neden olmalarıdır.

### B - Artık Sodyum Karbonat Miktarının Bitkilere Etkisi:

Sulama sularındaki artık  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  değeri 1.25 miliekivalan/litreden az ise bu su, tarımda rahatlıkla kullanılabilir. Bu değer 1.25 ile 2.5 miliekivalan/litre arasında ise sulamada zararlılık yapabilir. 2.5 miliekivalan/litre'den fazla olması halinde ise o su tarımda kullanılamaz.

Bir suyun artık  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  değeri  $r(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - r(\text{Ca} + \text{Mg})$  cebrik toplamı ile belirlidir.

### C - Toplam Tuzluluğun Bitkilere Etkisi:

Toplam tuzluluk (T), veya elektrik geçirgenlik ( $C_{sp} = \text{Conductivité spécifique}$ ),  $25^\circ\text{C}$  ta Micromhos/cm birimi ile ifade edilen bir değerdir. Buna göre sulama sularını 4 sınıfa ayırmak olasıdır:

a) T1 sınıfı = Az tuzlu sular: 100 Micromhos/cm  $< C_{sp} < 250$  Micromhos/cm.

b) T2 sınıfı = Orta tuzlu sular: 250 Micromhos/cm  $< C_{sp} < 750$  Micromhos/cm.

c) T3 sınıfı = yüksek tuzlu sular: 750 Micromhos/cm.  $< C_{sp} < 2250$  Micromhos/cm. Yeterli drenaj şartlarında dahi özel tuzlu-

luk kontrolünü ve tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesini gerektirir.

d) T4 sınıfı = Çok yüksek tuzlu sular: Csp > 2250 Micromhos/cm. ise ancak çok özel durumlarda, ve tuzluluğa çok dayanıklı bazı bitkiler için kullanılabilir.

#### D- Sulama Sularındaki Alkaliliğin Bitkilere Etkisi :

Bir suyun alkaliliği A1, A2, A3 ve A4 rümuşları ile temsil edilen dört sınıftan birisi ile ifade edilir: Şöyle ki:

a) A1 sınıfı = Az sodyumlu sular: Hemen bütün topraklarda emniyetle kullanılabilir.

b) A2 sınıfı = Orta Sodyumlu sular: Kaba tekstürlü (Kumlu), ve geçirgenliği iyi olan organik (turbiyer) topraklarda kullanılabilir.

c) A3 sınıfı = Yüksek Sodyumlu sular: Ancak iyi drene edilebilen ve alçıtaşı içeren topraklarda zararsızca kullanılabilir. Veya suyun tuzluluğu çok yüksek değilse sudaki sodyumun yerini kalsiyumun alabileceği şekilde kimyevi maddeler ilâve edilmelidir.

d) A4 sınıfı = Çok yüksek Sodyumlu Sular: genellikle sulamada kullanılamazlar. Ancak bu sular düşük veya orta derecede tuzlu (T1A4 ve T2A4 sınıflarından birisinde) olmaları halinde, kireçli veya alçıtaşı topraklarda kullanılabilirler.

Bir suyun A sınıfını saptamak için önce, Na, Ca ve Mg'in meq/lt biriminden konsantrasyonları Ek:2 deki monograma yerleştirilerek, veyahut ta

$$S.A.R. = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}}$$

formülünü uygulayarak S.A.R. (Sodyum Adsorpsiyon oranı) bulunur, sonra da bu değer Ek: 3 teki diagrama taşınarak, spesifik kondüktivitenin de bir fonksiyonu olarak A=S sınıflarından birisi saptanmış olur.

#### E- Sulama Sularındaki Arsenik Miktarının Bitkilere Etkisi :

Bitkiler için kabul edilebilen maksimum As konsantrasyonu 10 ppm civarındadır.

#### 2) AFYON-GECEK 'TEKİ UYGULAMA

Jeotermal akışkanların tarımdaki etkileri yurdumuzda ilk defa Afyon-Gecek yöresinde tarafımızca incelenmiştir.

Afyon'da Gecek ılıcalarının 500 m. SE.sunda 1970 yılında MTA.ca açılmış olan sondaj, 82° C sıcaklıklı ve 10 lt/s debili su vermiş ve bu, yakınından geçen Araplidere'ye bağlanmıştı. Sondajın 1.4 km. memba ve 650 m. mansap tarafından Araplidere ile bağlantılı bir de sulama arkı bulunuyordu. Yapılan araştırma, sondaj suyunun, sulamada kullanılmakta olan bu sulara yapacağı etkilerin saptanması ve öneri getirilmesini kapsıyordu.

Ek. 4'te lokasyon haritası, Ek.5'te sondaj suyu ile derenin ve sulama arkı sularının gerek ayrı ayrı, gerekse ikili ve üçlü karışımlarının mukayeseli analiz tablosu, Ek.6'da ise kimyasal özellikler açısından bu suların, sulamada kullanılabilirlik tablosu görülmektedir.

Ek.5'ten anlaşılmaktadır ki Toplam tuzluluk (Csp) ile Bor HCO<sub>3</sub>, Mg<sup>++</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-</sup> değerleri Araplidere'ye sondaj suyu karıştığında yükselmekte, mansapta sulama arkı suyu ile karıştığında ise tekrar düşmektedir. Ca<sup>++</sup> konsantrasyonu ise, bunların aksi yönde gelişmektedir. Bu ise, deren suyunun, Ca<sup>++</sup> konsantrasyonu bakımından sondaj suyundan daha yoğun olması nedeniyle gayet doğaldır.

#### a) Üçlü Karışımdaki Toplam Tuzluluğun Tarıma Etkisi :

Araplidere+sulama arkı toplam debisinin minimum (307 lt/s) olduğu 19 Temmuzda sondaj debisi de 10 lt/s olduğundan maksimum etki 1/31 olur. Bu durumda karışım suyunun tuzluluğu :

$$\frac{31 \times 808 + 1 \times 6410}{31+1} = 983 \text{ m. mhos/cm.}$$

olur, yani sulama suyu yönünden Araplı-dere orijinal suyunun kurak aylardaki sınırı olan C<sub>3</sub> sınıfı içerisinde kalır.

### b) Üçlü Karışımdaki Bor Miktarının Tarıma Etkisi:

Toplam debinin minimum olduğu 19 Temmuz gününde 1/31 oranında maksimum etkiye erişen sondaj suyunun üçlü karışım vereceği Bor konsantrasyonunu bulalım:

$$\frac{0.40 \text{ mg/lt} \times 31 + 10.73 \text{ mg/lt}}{31 + 1} = 0.72 \text{ mg/lt}$$

Bu değer, kurak mevsimde hassas bitkiler için 2-3 üncü sınıf, yarı hassas bitkiler için 1-2nci sınıf, dayanıklı bitkiler için ise 1'inci sınıf bir suya işaret eder (Yani en kurak aylarda orijinal sudan biraz daha olumsuz, diğer aylarda ise orijinal sudan farksız bir etki yapar).

### c) Üçlü Karışımın, Sodyum Adsorpsiyon Oranının Tarıma Etkisi:

Üçlü karışım yine, Araplıdere orijinal suyunda olduğu gibi (S<sub>1</sub>) sınıfındadır, yani sulamaya elverişlidir.

### d) Üçlü Karışımın Artık Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Miktarının Tarıma Etkisi:

Araplıdere+Ark toplam debisinin minimum olduğu en elverişsiz debi şartlarında (19 Temmuz günü için) artık Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarını hesabedelim: Bunun için önce Araplıdere'nin aynı tarihteki rNa<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> değerini bulalım:

$$(5.00 + 0.02) - (4.20 + 0.50) = 0.32 \text{ méq/lt}$$

Şimdi de sondaj suyunun aynı tarihteki rNa<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> değerini bulalım:

$$(12.90 + 1.04) - (1.00 + 1.20) = 11.74 \text{ méq/lt}$$

Bu tarihteki debilere göre sondaj suyunun maksimum etkisi 1/31'dir. Şu halde üçlü karışımın rNa<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> değeri:

$$\frac{31 \times 0.32 + 1 \times 11.74}{31 + 1} = 0.71 \text{ méq/lt bulunur.}$$

Şu halde debi şartlarının en elverişsiz olduğu dönemde bile,  $0.71 < 1.25$  méq/lt olduğundan, artık Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarı bakımından sulamaya hiçbir olumsuz etki söz konusu değildir.

### ARA SONUÇ:

Yukarıdaki yöntemlerle gerek sondaj ve sulama sularının çeşitli kombinasyonları, gerekse kurak ve yağışlı periyodlar gözönüne alınarak, suların kimyasal özellikleri yönünden sulamada kullanılabilirlik tablosu hazırlanmıştır (Ek 6). Özet olarak:

a) Kasım - Haziran arası periyotta Araplıdere orijinal suyu ile üçlü karışım suyu tamamiyle aynı özelliklere sahiptirler: C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>+2/1/1 sınıfı.

b) Aynı iki su Temmuz - Ekim periyodunda (C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>+) özelliklerinde ortak, Bor sınırı bakımından ise yarım derecelik ufak bir olumsuzlaşma dışında çok benzerdir. Esasen çevrede Bor'a hassas bir ekim de tesbit edilmiş değildir.

c) Tablodaki Araplıdere suyu ile Araplıdere Sondaj karışımı kıyaslaması yapıldığında 650 m. lik bu kesim içerisinde yaz periyodunda tarımsal açıdan bir olumsuzlaşma göze çarpar. Ancak tahıl ürünü tarladan Temmuzdan evvel kalktığından, yazın bir sulama problemi yoktur. Buna mukabil mısır, domates, lahana ve vişne için yazın bir sulama sözkonusu olabileceğine göre şu üç şıktan birisinin muhakkak surette yerine getirilmesi gerek ve yeterdir:

I) Sondaj ile, 650 m. aşağıdaki sulama arki karışım noktası arasında kalan tarlalar yaz mevsiminde Araplıdere'den sulanmak yerine sol yakasında 50-100 m. açığından geçen sulama arkından pompalama yapılarak sulanmalıdır.

II) Bu gerçekleştirilemiyor ise yazın sulama arkının debisi düşürülerek, Araplıdere'nin debisi 300 lt/saniye'ye kadar yükseltmeli, böylece karışımın tuzluluğu ve Bor konsantrasyonu, zararlılık limitlerinin altına düşürülmelidir.

III) Eğer bu da gerçekleştirilemiyor ise sondajın suyu Araplıdere'ye akıtılmak yerine, yaz mevsimindeki minimum debisi 266 lt/s. olan sulama kanalına akıtılmalı-

dır. Böylelikle Araplıdere suyunun orijinal bileşimi bozulmamış olacağı gibi, yaz mevsimindeki debisi Araplıdere'ninkinden hayli yüksek olan sulama arki suyunu da zararlılık limitine eriştiremeyecektir.

### 3) DENİZLİ-KIZILDERE'DEKİ UYGULAMA

Denizli-Kızıldere yöresinde açılmış olan jeotermal sondaj sularının tarıma etkileri 1972 yılında tarafımızca incelenmiştir.

Ek: 7, atık suyu drene edecek olan ve sulamada önemli rolü olan Menderes nehri ile üretim sondajlarının lokasyon haritasını, Ek: 8, Menderes nehrinin Çubukdağ yöresindeki akım rejimini, Ek: 9 ise başlıca üretim sondajlarından ve Menderes'in sondajlara göre memba tarafından alınan su örneklerinin karşılaştırılmalı olarak kimyasal analizlerini göstermektedir. Bunlara göre tarıma etki etüdümüzün sonuçlarını kısaca özetleyelim:

#### a) Bor Konsantrasyonu Bakımından Etki:

En olumsuz etki kuşkusuz Menderes nehri debisinin minimuma indiği zaman vukua gelecektir. Bu da 17 yıllık rasatlara göre  $5.750 \text{ m}^3/\text{s}$  veya  $207000 \text{ m}^3/\text{h}$ 'tır. Dört üretim kuyusunun toplam debisi  $2095 \text{ m}^3/\text{h}$ ; dolayısıyla nehir ve sondaj sularının toplam debisi  $22795 \text{ m}^3/\text{h}$  ve bu toplam suyun içerdiği toplam Bor miktarı ise  $96.886.000 \text{ mg}$  dir.

Şu halde karışım suyunun Bor konsantrasyonu olarak:

$$\frac{96.886.000 \text{ mg}}{22.795.000 \text{ lt}} = 4.25 \text{ mg/lt}$$

bulunur ki bu değer, Bor'a dayanıklı bitkiler için dahi elverişli olmayan (yani 5.sınıf) bir su olduğunu gösterir.

Hesabı 17 yıllık minimum akım değerine göre yapmak yerine herhangi bir yılın (örneğin 1968 yılının) minimum akım değerine göre yaptığımızda karışım suyunun Bor konsantrasyonu olarak  $2.1 \text{ mg/lt}$  değeri bulunur ki bu değer, hiç değilse Bor'a dayanıklı ve hatta yarı dayanıklı bitkiler için kullanılabilirliği ifade eder.

Ancak şunu da kaydedelim ki henüz sondajların açılmadığı 1967 yılının ilkbaharında Menderes nehrinin Denizli kesiminden alınan su numunesinde  $0.38 \text{ mg/lt}$  Bor bulunmasına karşın Tekkeköy ve Kızıldere kaynaklarına göre mansapta bulunan Çubukdağ kesiminden alınan su numunesinde  $1.4 \text{ mg/lt}$  Bor bulunması, sondaj yokken dahi nehrin bu kesimlerdeki suyunun Bor'a hassas bitkiler için uygun olmadığını gösterir.

#### b) Artık $\text{Na}_2\text{CO}_3$ Miktarı Bakımından Etki:

Örnek olarak KD 14 sondaj suyunun artık  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  miktarını hesabedelim:

$$\begin{aligned} \text{Artık } \text{Na}_2\text{CO}_3 &= r(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - \\ &r(\text{Ca} + \text{Mg}) \\ &= \frac{588}{30} + \frac{1525}{61} - \frac{1.2}{20} - \frac{0.2}{12} \\ &= 19.33 + 25 - 0.06 - 0.02 = 44.25 \text{ meq/lt} \end{aligned}$$

Bu yüksek dozu içeren  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$  debili suyu bitkiler yönünden zararsız kılabilmek için bu miktarın  $1.25 \text{ meq/lt}$ 'nin altına düşmesi, bunun için de en az  $75000 \text{ m}^3/\text{h}$  (yani  $20.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) debili nehir suyuna karışması gereklidir ki bu miktar akım, kurak geçen bazı yılların yaz aylarında mevcut değildir (Ek: 8).

#### c) Toplam Tuzluluğun Etkisi:

Tip olarak aldığımız KD 14 suyu (ve diğer sondaj suları)  $T=420$  mikromhos/cm civarında bir toplam tuzluluğa sahiptir. Orta bir tuzluluk ifade eden bu değer, Menderes'in tuzluluğuna pek yakın olduğundan bitkiler için ayrıca olumsuz etkisi sözkonusu değildir.

#### d) Alkalilik Bakımından Etki:

Analiz tablosu ile Ek: 2 ve Ek: 3 teki grafikler yardımıyla şu sonuca varılmıştır ki sondajlar, çok yüksek alkali zararı tevliheden bir sınıfa dahil olup, Menderes suyu ile karıştıktan sonra dahi genellikle sulamada kullanılamaz. Ancak toprağın çok kireçli ve jipsli olduğu özel durumlarda karışım suyu sulamada kullanılabilir.

### e) Arsenik Miktarının Etkisi :

Sondaj sularında 38 ppm. civarında Arsenik mevcut olduğundan bu su yalnız olarak sulamada kullanılamaz. Zira bitkiler için kabul edilebilen maksimum Arsenik konsantrasyonu 10 ppm. civarındadır. Bununla beraber Menderes'in debisinin en düşük olduğu periyod içerisinde dahi karışım suyunun Arsenik konsantrasyonu tehlike limitinin daima altında kalır.

### ARA SONUÇ

Sonuç olarak görülmüştür ki sondajlardan çıkan 2000 m<sup>3</sup>/h toplam akışkan, üretim artışı olarak doğrudan doğruya Menderes nehri tarafından drene edildiği takdirde bilhassa yüksek Bor konsantrasyonu, artık Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> değeri ve yüksek alkalilik nedenleriyle Menderes'in suyunu tarımsal yönden olumsuz olarak büyük ölçüde etkiler. Ancak atık suyun 1000 m<sup>3</sup>/h in üzerindeki miktarının gözenekli bir formasyona reenjekte edilmesi halinde çevre sorunları yönünden sınırlayıcı bir neden kalmayacaktır. Reenjeksiyon yöntemi pahalı görüldüğü veya pratik bulunmadığı takdirde, atık sudaki Bor ve sodyum fazlası fiziksel veya kimyasal yollarla zaptedilmelidir.

### GENEL SONUÇ

Yukarıda zikrettiğimiz iki yerel örnekten anlaşılacağı üzere, jeotermal akışkanların yaratabilecekleri çevre sorunları genellikle yalnızca tarımsal sulamada ken-

disini hissettirebilmekte, ancak sulama suyu-sondaj suyu-çevre tarımı arasında kurulacak bir denge sistemi ile bu soruna yerel çözüm yolları getirilebilmektedir.

Daha etkin bir olumsuzluğun sözkonusu olması halinde ise, kuyu içi eşanjörü veya reenjeksiyon gibi daha köklü, ve bu durumda tabii ki daha masraflı çözüm yollarına, başvurma zorunluluğu doğacaktır.

Fakat her durumda, jeotermal akışkanların olumsuz sorunları, diğer enerji hammaddelerine kıyasla çok daha kolay ve ucuz yöntemlerle giderilmiş olacaktır.

### YARARLANILAN BELGELER

- 1 - ŞAMİLGİL, Dr.Erman, 1973, Jeotermal Suların Tarıma Etkileri ve Afyon-Gecek Sahasına Uygulaması: Türkiye 1. Jeotermal Enerji Simp.S.166-184, M. T. A., Ankara.
- 2 - ŞAMİLGİL, Dr.Erman, 1973, Kızılderre'deki Jeotermal Akışkanın Tarıma Etkisi: Türkiye I. Jeotermal Enerji Eğitim Kursu, M. T. A., Ankara.
- 3 - THORNE ve PETERSON, Irrigated Soils: The Blakiston Company, Philadelphia and Torino.
- 4 - U. S. D. A., Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils: Handbook no: 60
- 5 - ZİRAAT Fak., 1964, Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhis ve Islahları: Çeviri yayını, Ankara.

## SULAMA SULARINDAKİ BOR SINIFLARININ LİMİT DEĞERLERİ

Bor sınıfı	Hassas bitkiler için Bor miktarı (ppm)	Yarı hassas bitkiler için Bor miktarı (ppm)	Mukavim bitkiler için Bor miktarı (ppm)
1	...0.33 ten az	...0.67 den az	1.00 den az
2	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
4	1.00-1.25	2.00-1.25	3.00-3.75
5	1.25 ten çok	2.50 den çok	3.75 ten çok

EK:1-A

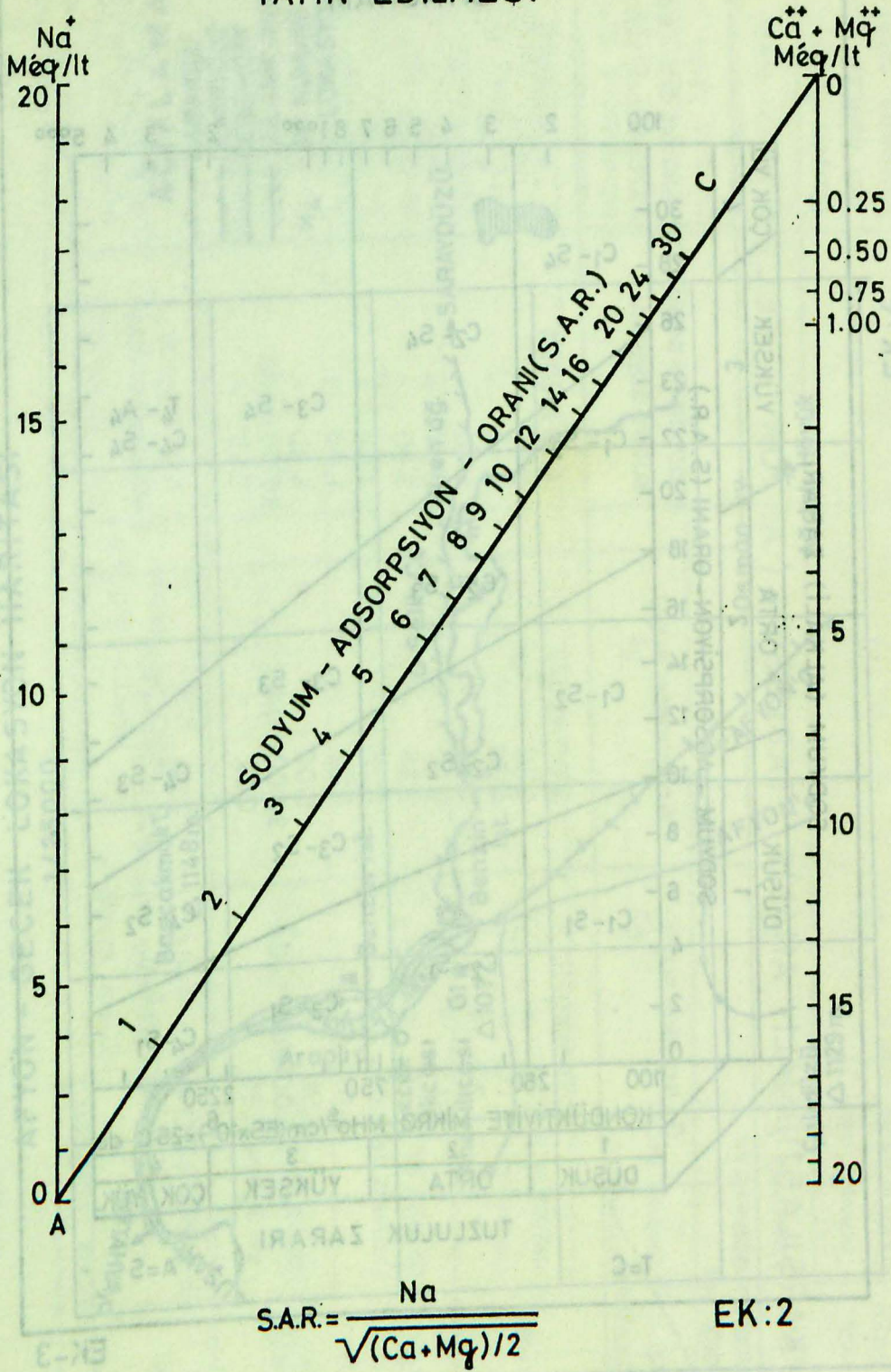
## SULAMA SUYUNDAKİ BOR MİKTARI BAKIMINDAN BİTKİ SINIFLARI

Hassas bitkiler	Yarı hassas bitkiler	Mukavim bitkiler
Pekan	Ayçiçeği	Kuşkonmaz
Ceviz	Patates	Şeker Pancarı
Enginar	Pamuk	Hayvan Pancarı
Fasulye	Domates	Bahçe Pancarı
Karaağaç	Bezelye	Yonca
Erik	Turp	Glayöl
Armut	Zeytin	Bakla
Elma	Arpa	Soğan
Üzüm	Buğday	Şalgam
İncir	Mısır	Lâhana
Hurma	Yulaf	Marul
Kiraz	Balkabağı	Havuç
Şeftali	Biber	Karnibahar
Kayısı	Tütün	
Portakal		
Greyfrut		
Limon		

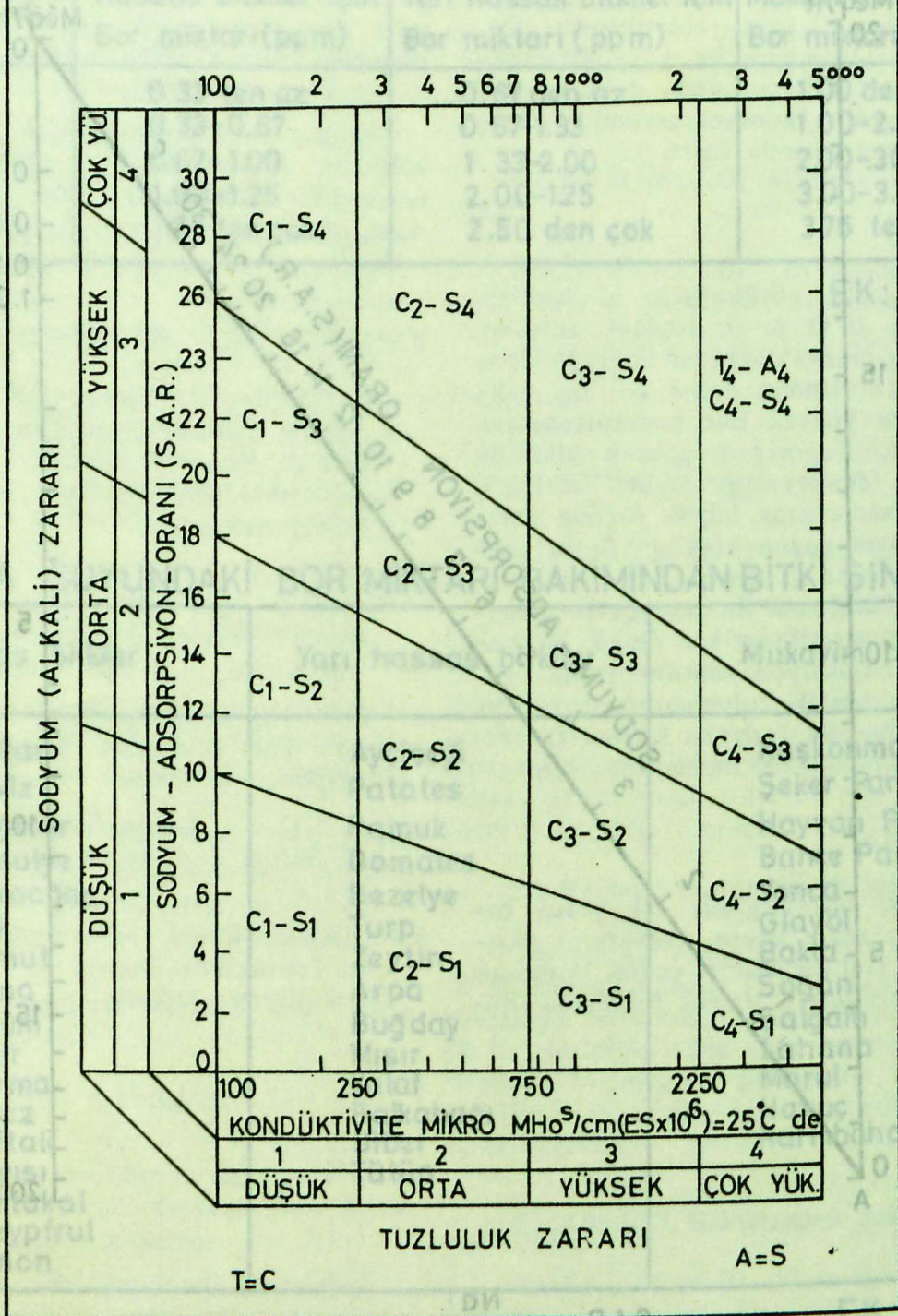
EK:1-B

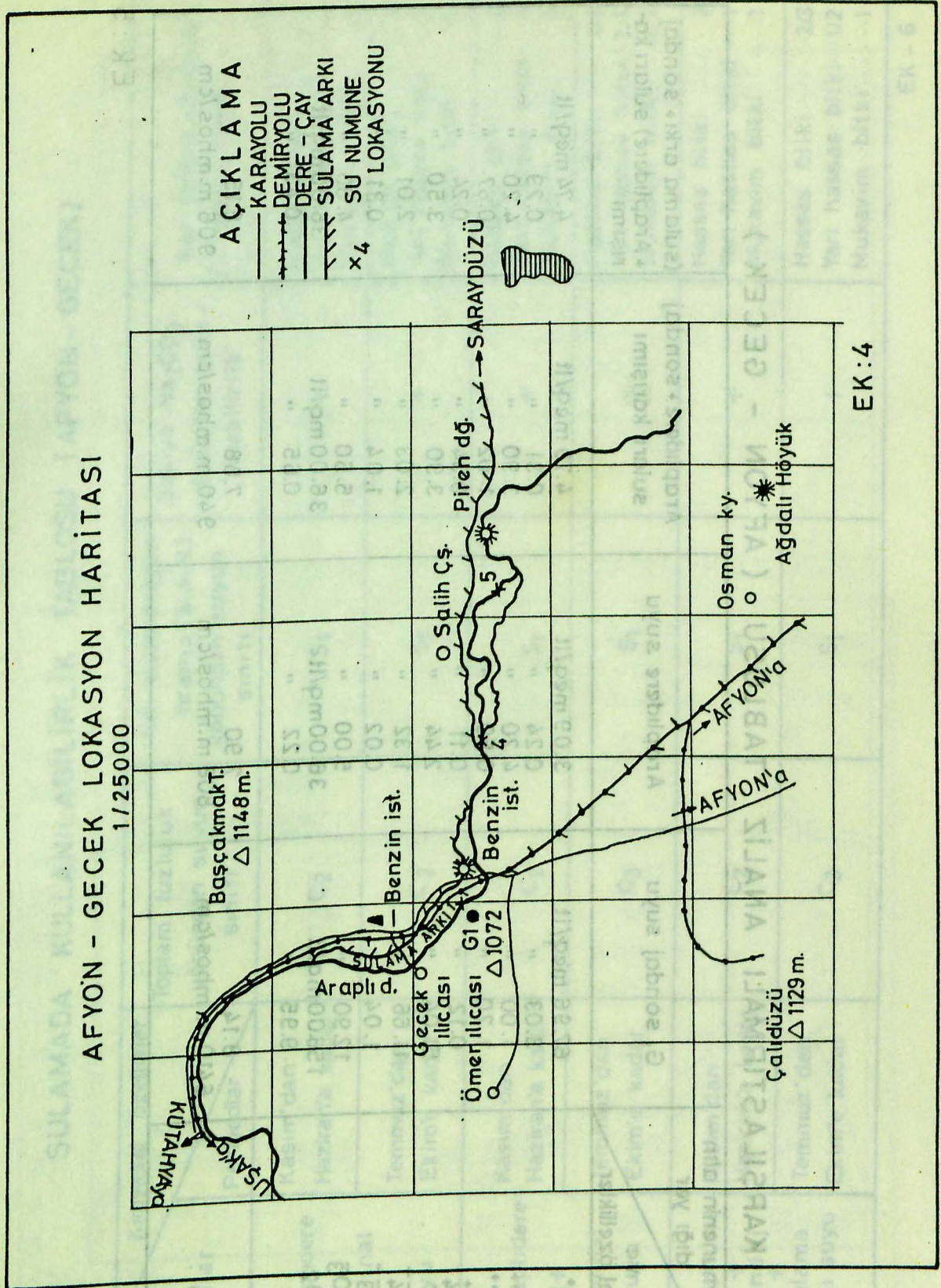


## SULAMA SUYUNUN S.A.R.(SODYUM ADSORPSİYON ORANI) DEĞERİNİN TAYİN EDİLMESİ



## SULAMA SULARININ SINIFLANDIRILMASI İÇİN DİYAGRAM





KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ TABLOSU ( AFYON - GECEK )

Nümunenin alın- dığı yer	G <sub>1</sub> sondaj suyu	Ardıplidere suyu	Araplıdere + sondaj suları karışımı	(sulama arki + sondaj + Araplıdere) suları ka- rışımı
Fiziksel ve Kimyasal özellikler				
Na <sup>+</sup>	67.96 meq/lt	3.09 meq/lt	4.79 meq/lt	4.74 meq/lt
K <sup>+</sup>	3.03 "	0.24 "	0.31 "	0.29 "
Ca <sup>++</sup>	1.00 "	4.20 "	3.90 "	4.20 "
Mg <sup>++</sup>	1.20 "	0.50 "	1.02 "	0.67 "
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.12 "	0.11 "	0.34 "	0.24 "
Cl <sup>-</sup>	51.04 "	2.44 "	3.90 "	3.50 "
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	11.66 "	1.32 "	2.03 "	2.01 "
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.04 "	0.02 "	1.04 "	0.31 "
HCO <sub>3</sub>	12.90 "	5.00 "	5.50 "	4.80 "
SiO <sub>2</sub>	156.00 mq/lt	36.00 mq/lt	36.00 mq/lt	36.00 mq/lt
Bor	9.95 "	0.22 "	0.65 "	0.43 "
pH	8.14	7.90	7.88	8.15
Csp	6410 m. mhos/cm	808 m. mhos/cm	940 m. mhos/cm	906 m. mhos/cm

Ek : 5

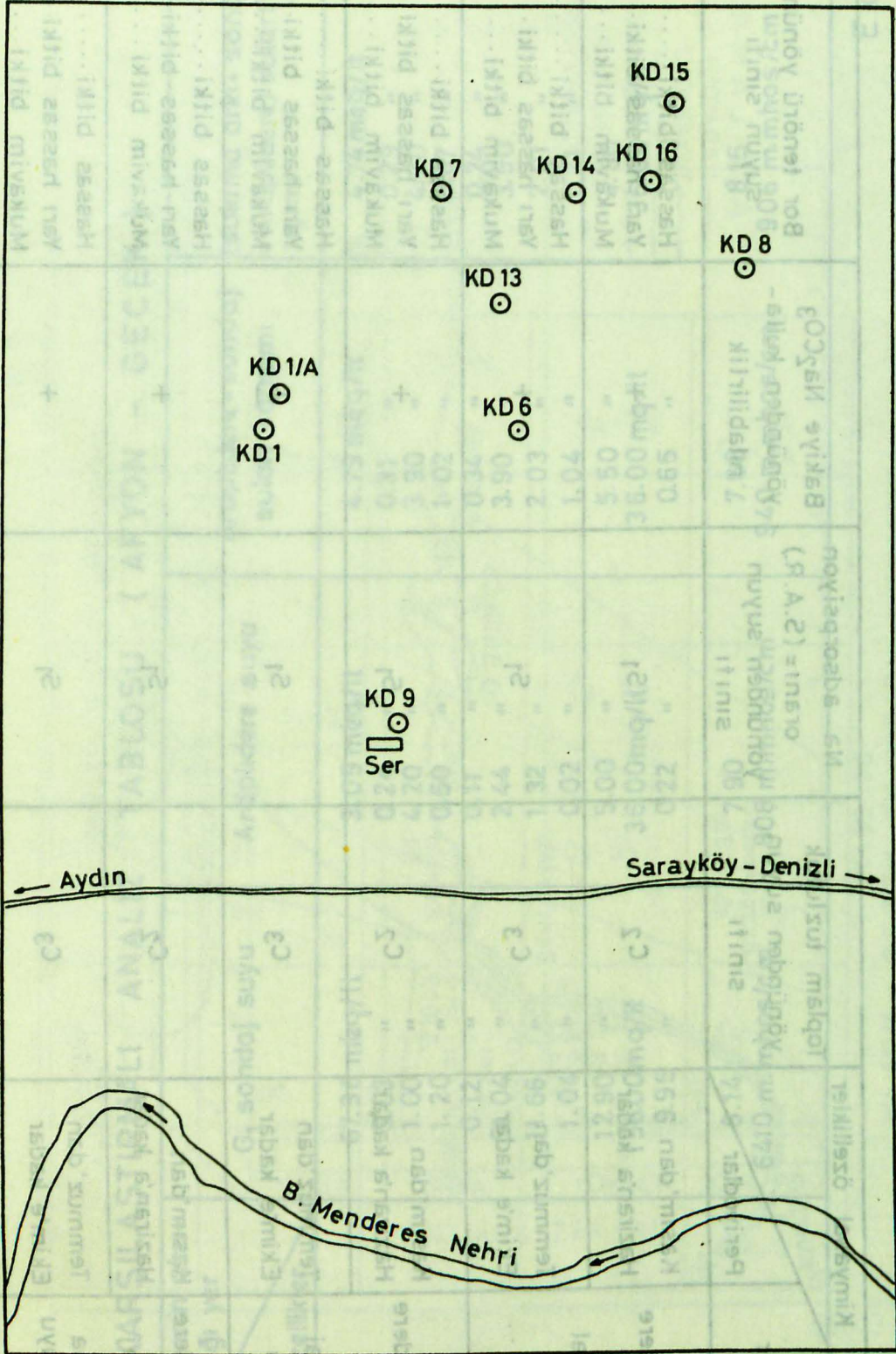
SULAMADA KULLANILABİLİRLİK TABLOSU (AFYON - GECEK)

Sular	Kimyasal özellikler		Toplam tuzluluk yönünden suyun sınıfı	Na adsorpsiyon oranı= (S.A.R.) yönünden suyun sınıfı	Bakiye Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> yönünden kulla- nılabilirlik	Bor tenörü yönünden suyun sınıfı
	Periyodlar					
Araplıdere Orijinal suyu	Kasım'dan Haziran'a kadar		C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	+	Hassas bitki.....2 Yarı hassas bitki....1 Mukavim bitki.....1
	Temmuz'dan Ekim'e kadar		C <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	+	Hassas bitki.....2 Yarı hassas bitki....1 Mukavim bitki.....1
Araplıdere + Sondaj suyu	Kasım'dan Haziran'a kadar		C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	+	Hassas bitki.....2 Yarı hassas bitki....1 Mukavim bitki.....1
	Temmuz'dan Ekim'e kadar		C <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	+ -	Hassas bitki.....4/5 Yarı hassas bitki...3/4 Mukavim bitki....2/3
Araplıdere + Sondaj + Sulama arkı suyu	Kasım'dan Haziran'a kadar		C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	+	Hassas bitki.....2 Yarı hassas bitki....1 Mukavim bitki.....1
	Temmuz'dan Ekim'e kadar		C <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	+	Hassas bitki.....2/3 Yarı hassas bitki...1/2 Mukavim bitki.....1

EK - 6

## DENİZLİ - KIZILDERE JEOTERMAL SONDAJ LOKASYONLARI

ÖLÇEK: 1/10 000



EK-7

SULAMA VE KIRILIM BİLGİLERİ (AYYON - GECEK)

## MENDERES NEHRİ AKIM REJİMİ-(ÇUBUKDAĞ CİVARI)

1968 Su Yılı (E.İ.E 1970 sayfa 53 )

- 17 Yıllık ortalama akım :..... 49,556 m<sup>3</sup>/sn (1952 -1698 )
- 1968 yılı ortalama akımı :..... 67,947 m<sup>3</sup>/.
- 1968 yılı maksimum akımı:..... 484,000 m<sup>3</sup>/sn.(13-III-1968)
- 1968 yılı minimum akımı:..... 25,500 m<sup>3</sup>/sn.(21,VIII-968)
- 17 yıllık minimum akım :..... 5,750 m<sup>3</sup>/sn (16-VII-1952)
- Yıllık toplam akım : 2,149 000.000.000 m<sup>3</sup> /yıl (1968 e ait )

EK : 8

## KİMYASAL ANALİZ TABLOSU (DENİZLİ KIZILDERE)

	KD.7	KD.13	KD.14	KD.15	Menderes
Ca	40,0 ppm	21,6 ppm	1,2 ppm	10,8 ppm	4,7 meq/l
Mg	2,4 "	0,8 "	0,2 "	1,1 "	4,0 "
Na	1004 "	1052 "	1312 "	1232 "	1,9 "
K	73 "	119 "	153 "	141 "	0,2 "
NH <sub>4</sub>					0,01 "
Sr	4,80 "	1,80 "	0,49 "	5,60 "	
Li	1,9 "	3,8 "	4,8 "	4,6 "	
Rb	325 ppb	545 ppb	730 ppb	670 ppb	
Cs	300 "	400 "	500 "	550 "	
HCO <sub>3</sub>	1878,8 ppm	2244,8 ppm	1525 ppm	1744,6 ppm	5,0 "
CO <sub>3</sub>			588 "	372 "	
SO <sub>4</sub>	620 "	500 "	600 "	560 "	5,8 "
Cl	122,47 "	97,62 "	149,10 "	111 82 "	0,4 "
F	4,8 "	18,4 "	27 "	23 "	
B	30 "	28 "	35 "	35 "	1,4 ppm
SiO <sub>2</sub>	355 "	306 "	365 "	376 "	

EK : 9

MENDERES NEHRİ AKIM REJİMİ-(ÇUBUKDAĞ CIVARI)

Yıllık toplam akım : 2,149.000.000 m<sup>3</sup> yıl (1968 & ait )  
 - 12 yıllık minimum akım : 2,750 m<sup>3</sup>/an (16-VII-1952)  
 - 1968 yılı minimum akım : 25.500 m<sup>3</sup>/an (21-VIII-1968)  
 - 1968 yılı maksimum akım : ... 484.000 m<sup>3</sup>/an (13-III-1968)  
 - 1968 yılı ortalama akım : ... 87.947 m<sup>3</sup>/an  
 - 12 yıllık ortalama akım : ... 7.49.556 m<sup>3</sup>/an (1952 - 1968)  
 1968 2u Yılı (E.I.E 1970 sayfa 23 )

EK: 8

KİMYASAL ANALİZ TABLOSU (DENİZLİ KIZILDERE)

	KD.7	KD.13	KD.14	KD.15	Menderes
Ca	40,0 ppm	21,6 ppm	1,2 ppm	10,8 ppm	4,7 mg/l
Mg	2,4 "	0,8 "	0,2 "	1,1 "	4,0 "
Na	1004 "	1022 "	1312 "	1232 "	1,9 "
K	23 mg/l	123 "	141 "	141 "	0,2 "
NH <sub>4</sub>	0,01 "				0,01 "
Si	4,80 "	1,80 "	0,48 "	2,80 "	
Li	1,9 "	3,8 "	4,8 "	4,8 "	
Rp	325 ppb	245 ppb	230 ppb	270 ppb	
Cs	300 "	400 "	500 "	250 "	
HCO <sub>3</sub>	1878,8 ppm	2244,8 ppm	1522 ppm	1244,8 ppm	5,0 "
CO <sub>3</sub>			288 "	372 "	
SO <sub>4</sub>	620 "	500 "	600 "	250 "	5,8 "
Cl	122,47 "	242,2 "	114,910 "	111,82 "	0,4 "
F	4,8 "	18,4 "	27 "	23 "	
B	30 "	28 "	32 "	32 "	1,4 ppm
SiO <sub>2</sub>	322 "	306 "	362 "	326 "	

EK: 9