

## 2. Tuz (NaCl) Üretim Yöntemleri

Ham tuzun üretimi için bugün dünyada uygulanan belli başlı üç yöntem vardır.

1. Deniz, göl ve diğer doğal tuzlu suların güneş altında buharlaştırılması sonucu tuzun kristalleştirilmesi yöntemi (Evaporasyon). Bu yöntemin uygulanabilmesi o bölgenin iklim koşullarına bağlıdır.

2. Yerkabuğu içerisinde tabakalaşmış tuz yataklarının, kömür üretiminde uygulanan yöntemlerle işletilmesi. Bu tip üretimde en yaygın yöntem oda-topuk yöntemi olmaktadır.

3. Yer kabuğu içerisindeki tuz yataklarının çözelti madenciliği ile işletilmesidir.

Bu yöntemde, yeryüzünden acıtan bir sondaj kuyusuyla tuz kütlesi üzerine su basılır, tuzca doymuş bir çözelti oluşturulur. «(Brine)

Bu çözelti, pompalarla yeryüzüne çekilerek suyundan kurtarıldığında tuz üretimi gerçekleşmiş olur.

### ÜLKEMİZDE UYGULANMAKTA OLAN TUZ ÜRETİM YÖNTEMLERİ.

#### **Deniz suyundan Tuz Üretimi**

Deniz suyundan tuz üretimi Çamaltı Tuzla'sından yapılmaktadır. Çamaltı Tuzlası 1863 den beri çalışmakta olup, 1952 yılında bugünkü durumuna getirilmiştir. Bu tuzla izmir körfezinde, Karşıyakadan 26 km uzaklıktadır. Şimdiki alanı 21 km<sup>2</sup> dir. Halen 7 km<sup>2</sup> lik bir genişletme yapılmaktadır. Çalışma sahasının çok geniş olması nedeniyle işletme birinci ve ikinci tuzla olmak üzere ikiye ayrılmış olup, bu iki saha da

ayrıca küçük havuzlar içeren şubelere ayrılmışlardır. Tuzladaki bir şubenin üretim yöntemi şu şekildedir :

Mart ve Nisan aylarında, bir önceki yıldan havuzlarda kalmış olan yosun ve benzeri kirliliklerin temizlenmesi denizden çekilen sularla yapılır ve yıkama suları tekrar denize atılır. Havuzların tabanı su geçirmez bir killi tabaka ile kaplı olup tabanlarda bozulma varsa bunların çalışmaya başlamadan önce onarılması gerekir. Havuzlar birbirlerine tahta kapaklarla bağlanmışlardır. Bir havuzdan yanındakine suyun taşınması, kapakların açılarak suyun kendi kendine geçmesi ile oluşmaktadır.

Üretim işlemleri Mayıs ayında başlar ve deniz suyu, 400X800 m boyutunda, denizden yüksekliği 2 m olan ham su havuzlarına tımpana denilen ve emme-basma tulumba görevini gören su dolaplarıyla taşınır. Havuza alınan su yüksekliği 35-40 cm dir. Havuza alınmış olan ham deniz suyunun tuzluluk derecesi mevsime göre 2,5-3° ya da 4,5-5° Be' dir.

Bu sular güneşin buharlaşana etkisine bırakılarak 6 Be' ye kadar yükseltirler. 6 Be' ye gelen su buradan soğuk su yedeği adı verilen bir sonraki havuzlara gönderilir. Boşalan ham su havuzlarına tekrar denizden su çekilir. Ham su havuzlarındaki bekleme sırasında, deniz suyunda bulunan yabancı maddeler dibe çökerler.

Soğuk su yedeğine gelen sular, bu havuzlarda 6-9° Bé arasında tutulur. Bekleme sırasında kalsiyum karbonat, demir üç oksit gibi yabancı maddeler dibe çökertilir. Sonra bu sular sıra ile birinci, ikinci, üçün-

cü yedek su havuzlarına gönderilir, ve her birinde 9-13° Be', 13-17° Bé ve 17-20" Be' ye gelinceye kadar bekletilir. Bu havuzlarda da kalsiyum sülfat çöker.

Yoğunlukları 20° Be' ye kadar artmış olan bu sular, bundan sonra 300x400 m boyutundaki sıcak su (teksif) havuzlarına gönderilerek 25° Be' ye gelinceye kadar bekletilir.

Tuz kristallerinin ayrılması bu yoğunlukta başladığından sıcak su havuzları esas kristal izasyon havuzlarının bir çeşit ana çözelti kaynağı olarak kabul edilebilir.

Sıcak su havuzlarına kadar suların kendi kendine taşınması sağlanır, (havuzlar arasındaki kapaklarla) fakat bundan sonra su bir timpana ile çekilerek, «azmak» adı verilen bir ara kanaldan esas tuz kristal izasyon havuzlarına gönderilir. Azmaklar 100x100 m. boyutundadır. Fakat son yıllarda havuzlar arasındaki setler yıkılarak azmaklar 100x300 m, boyutuna getirilmiştir. Azmakların deniz düzeyinden yüksekliği 117 cm dir. Sular bu havuzlarda 27° Be' ye kadar bekletilir ve içerdikleri tuzu ortalama olarak 3 gün içerisinde bırakırlar. Tuz kristalleri azmaklar içinde ince tabakalar halinde ayrılır. Bu tabakalar üzerine 25° Be' lik su verilerek ayrılan tuz tabakasının 20-25 cm'e kadar kalınlaşması sağlanır. Mevsim gereği; tuz kristallerinin ayrılması 3 ay sürer. İlk kristallerin ayrılması Haziranda başlar ve bu ayrılma .Ağustos ayı sonuna kadar sürer. Azmakların hepsine su verme işlemi Ağustos ayının son günlerinde bitirilerek, 27,5° Be' ye gelmiş ve tuzu alınmış olan bu artık çözelti bir kanal ile denize verilmektedir,

**DENİZE ATILAN BU ARTIK ÇÖZELTİPE EKONOMİK DEĞERİ OLDUKÇA BÜYÜK OLAN YAN ÜRÜNLER BULUNMAKTADIR.**

Eylül ayının ilk günlerinde, ana çözeltiden ayrılmış tuz kristalleri, iki gün kendi haline bırakılarak, kristaller arasında kalmış olan suyun süzülmesi ve tuz tabakalarının kurumması sağlanır. Bundan sonra azmaklar içindeki kuru tuz tabakaları sıyrıla-

rak azmaklar içerisinde kümelenir. Yığılama işlemi için ise tuz kümeleri etrafına dekovil raylar döşenerek vagonlarla azmakların dışındaki bir alana taşınır. Yığılmış tuz içinde bir miktar daha ana çözelti içerdiğinden hafif pembe renkli görülür. Fakat zamanla bu çözeltiler kısmen süzülür kısmen de yağmurla yıkanarak\*ortamdan ayrılırlar, bundan sonra tuz kristalleri doğal beyaz rengini alırlar. Bu şekilde üretilen tuzun bileşimi, azmaktan azmağa ve yıldan yıla değişmekle birlikte ortalama olarak % 97-% 98 NaCl dür.

Yığılamâ işleminin bitmesi sonunda bölgeye yağmurlar yağmaya başlar. Yığınlar bir miktar tuz kaybına karşın içerdikleri tuz (NaCl) yüzdesinin artması için bir kısım dışarda geçirirler. İlk yıkanmalar sonucunda yığın üzerinde «gömlek? adı verilen sert bir, tabaka oluştuğundan yağmur sularının tümüyle yağm içersine girmesi doğal bir nedenle enlenmiş olur. Bir kış sonunda NaCl yüzdesi % 98,5 olur.

Çamaltı tuzlasından bu şekilde üretilen tuzun kimyasal bileşimi şöyledir.,

Suda çözünmeyen kısım .....	%	0,0827
CaSO <sub>4</sub> .....	%	0,8825
MgSO <sub>4</sub> .....	%	0,1666
MgCfe .....	%	0,7115
NaCl .....	%	98,4863

Dünyanın diğer ülkelerinde de deniz suyundan tuz bu yöntemle üretiler, ancak aradaki fark onların mekanizasyonu geliştirmiş olmalarıdır. Mekanizasyonun gelişmesi de işletme harcamalarını azaltıp, kapasiteyi arttıracığından maliyeti düşürecektir.

#### Göl Soyundan Tuz Üretimi

Tuztu göl sularından tuzun üretim yöntemi denizden yapılan üretimin aynısıdır. Gölden alınan tuzlu su, buharlaştırma havuzlarına basılarak buharlaştırılıp ve sonra kristalizatörlerde tuz kristalleştirilerek elde edilir. Doğal göllerin bazıları yüksek yoğunluklu sular bulundurmakta ve bu sular dan tuz üretimi kolaylaşmaktadır.

Ayrıca bazı göllerde tuz yaz mevsiminde kendiliğinden oluşmaktadır. Doğal olarak oluşan bu tuz tabakaları tuz sıyrın frezelerle alınmaktadır.

Türkiye'de Tuz gölü'nden oluşan doğal tuz tabakaları ilkel yöntemlerle sıyrılmaktadır. Tuz gölü çevresindeki Yavşan, Kaldırım ve Kayacık tuzlarından üretim yapılmaktadır. Bu tuzlardaki tuzlu su, ilkbaharda başlayan buharlaşmalarla 25" Be' ye erişir ve tuz tabanda kristalleşmeye başlar. Bu kristalleşme, ya Önceden var olan kısmen erimiş tuz kabuklarının üzerinde ya da doğrudan toprak üzerinde oluşmakta ve mevsimin koşullarına göre 6-10 cm arasında bir kalınlığa erişmektedir. Üretim ilkel olduğundan elde edilen tuzun kalitesi, içinde kil ve diğer yabancı maddeler içermesi nedeniyle düşüktür.

#### Kaya Tuzu Üretimi

Türkiye'de kaya tuzu, Gülşehir, Tepeşelik, Sekili, Çankırı, Kağızman ve Tuzluca İşletmelerinden üretilmektedir.

Üretim yöntemi olarak yeraltı işletmeciliği yöntemlerinden geniş oda-topuk uygulanmaktadır. Bu yöntemle üretilen tuz, yerüstü kaynaklarından elde edilen tuza göre daha pahalı ve miktar yönünden de daha azdır.

#### Tuzlu Kaynak Sularından Tuz Üretimi

Kaynakların, yeraltında geçtikleri formasyonların özelliklerine bağlı olarak bileşimindeki tuz miktarı değişmektedir.

Düşük borne dereceli sular, yeryüzündeki havuzlarda dereceleri yükseltılarak tuz üretimine elverişli duruma getirilirler. Yüksek borne dereceli sular, buharlaşma ve kristalleşme havuzlarına taşınarak tuz üretimini kolaylaştırırlar.

Türkiye'de bu yolla 56 adet tuzludan tuz üretimi yapılmaktadır. Fakat tuzlaların mevcut kapasiteleri, bölgesel ihtiyaçları karşılamayı öngördüğünden düşüktür. Bu nedenle memba tuzlaları büyük ekonomik önem taşımamaktadır.

## TUZ (NaCl) ÜRETİM YÖNTEMLERİNE DÜNYADAN ÖRNEKLER

### İNGİLTERE'de Tuz Üretim Teknolojisi

İngiltere'de kaya tuzu yatakları madencilik metodları ile işletilmektedir. Ayrıca doğal tuzlu suyun (brine) pompalanması veyahut da tuz yataklarına önce su verilerek suni olarak meydana getirilen tuzlu suyun yüzeye pompalanması suretiyle de tuz üretimi yapılmaktadır. Çok küçük çapta da deniz suyunun buharlaştırılmasından tuz elde edilmektedir.

Madencilik : İngiltere'de bir adet yeraltı tuz madeni Cheshire Winsford'da Meadowbank'da bulunmakta ve «Imperial Chemical Industries Ltd.» tarafından işletilmektedir. Bu maden 1844 yılında çalışmaya başlamış 1892 de kapatılmış ve 1928 de yeniden açılmıştır. :

1950 yılına kadar yıllık üretim 400.000 ton da kalmış ve 1960 yılında maden modernleştirilerek yıllık üretim halen 1.800.000 tona ulaşmıştır. Bu üretimin büyük bir kısmı buz kontrolunda kullanılmaktadır. 1974 yılında üretimin 2.250.000 tona ulaşması öngörülmüştür. Bu madende bulunan iki tuz tabakasının herbirinin kalınlığı 24 metre olup 79 ve 122 nei metrelerde bulunmaktadır. Halen işletme alt tabakanın son 7,6 metrelik kısmında yapılmaktadır. Madencilik yapılan alan 52 hektarı tutmaktadır.

«Meadowbank» mâdeninde oda-topuk yöntemi uygulanmakta tuz alında 3 - 5 metreye kadar alttan kesilmektedir. Hidrolik sondaj makinesi ile lağım delikleri açılmakta ve deliklere patlayıcı madde konulduktan sonra ateşleme elektrikle yapılmaktadır. Genellikle bir ateşlemeden 1000-1200 ton kaya tuzu elde edilmektedir. Paralel tünellerde tuz tabakaları kesilmekte ve bunlar da rekuplarla birleştirilmekte ve tavanın taşınması için kare şeklinde topuklar meydana getirilmektedir. Bu yöntemle tuz ekstraksiyon oranı % 65-75'e ulaşmaktadır;

Dizel damperli kamyonlarla kaya tuzu yeraltında bulunan birincil kırıcıya buradan da konveyörle 18 ton kapasiteli siloya ta-

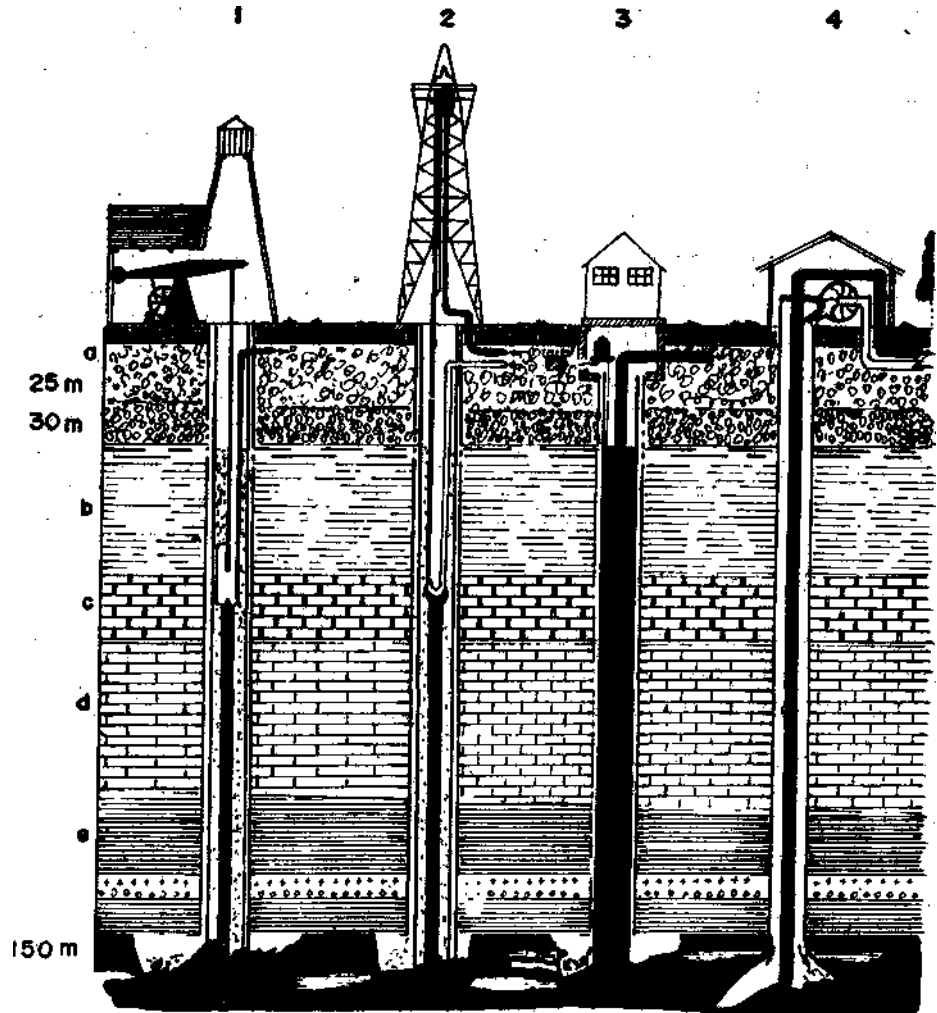
sınmaktadır. Kaya tuzu orada tartıldıktan sonra Aliminyum skiplerle yüzeye çıkartılmakta ve kırma tesisine konveyörle taşınmaktadır. Bu tesiste kaya tuzu, kırılmakta, elenmekte ve silolara konmadan önce toplanmanın önüne geçmek üzere özel bir işlem görmektedir. Silolardan sonra paketlenerek ya kamyonlara yüklenmekte veya üstten giden bir konveyörle stok alanına nakledilmektedir. Topaklanmaya karşı yapılan işlem uzun süre açık havada bile kaya tuzunun friable (kırılgan, gevrek) durumda kalmasını sağlamaktadır. Bu şekilde elde

olunan kaya tuzunun bileşimi aşağıda verilmiş olup Marn başlıca yabancı maddeyi oluşturmaktadır.

NaCl .....	% 94,0
CaSO <sub>4</sub> .....	% 0,9
CaCl <sub>2</sub> .....	
MgCb. ....	% 0,1
Erimiyen madde (marn) ve diğer yabancı maddeler.....	% 5,0

Marnlı maddelerden tuzu temizlemek üzere bir zenginleştirme tesisi kurulması düşünülmektedir. (1)

Şekli 1 : Doğun tuzlu çözeltinin yeryüzüne pompalanması ve pompa UpterL



(1) Bu yazı, Dr. Zeki M. Doğan'ın Madencilik 1974 sayısında yayınlanan «İngil-

tere'de Tuz Üretim ve Tüketimi» adlı yazısından alınmıştır.

İSVİÇRE'de Çözelti Madenciliği ile Tuz Üretimi.

Derin sondajcılığın gelişmesi, yerin derinliklerinde bulunan kaynakların bilinmesine ve sonra da bu kaynakların işletilmesine olanaklar hazırladı. Özellikle derinlerdeki kaya tuzu yataklarının çözelti madenciliği yoluyla kazanılması yaygınlaştı.

Bu yöntemin gelişip uygulanmasından önce tuz ithal eden ülkeler, yöntemin uygulanmasından sonra derinlerdeki tuz yataklarını işletip kendi ihtiyaçlarını karşıladılar.

Örneğin : İsviçre, 1900 lere kadar Almanya'dan tuz ithal ederken bu yöntemi uygulamasından sonra ithalattan vazgeçti. Bugün Dünyanın pekçok ülkesinde (bizde de) bu yöntem, yeraltı, işletmeciliğine göre çok daha kolay ve ekonomik olması nedeniyle yaygınlaştı.

Yöntem ana çizgileriyle şöyledir : Kaya tuzu tabakasına kadar yapılan sondajdan sonra, sondaj deliğine astar boru geçirilir. Bu deliğin çevresinde toplanan yeraltı suları yerüstü aynasından kaya tuzuna doğru pompalanır. Tatlı olan bu su, kaya tuzu ile birleşince tuzu çözer ve bir doymuş tuzlu çözelti oluşur. Kaya tuzunun erimesi ile oluşan bu çözelti kaya tuzu içerisinde toplanır. Doymuş tuzlu çözelti yeryüzüne, sondaj deliğinden çeşitli pompalama yöntemleri ile çıkarılır. Sondaj borusu üzerindeki pistonlu tulumbayla, dev tulumbayla veya santrifüj pompayla çözelti yukarıya çekilir. Tulumbanın borusu, kaya tuzu tabakasının sonuna kadar olup 400 m derinliğe kadar etkilidir.

Yukarıya çekilen doymuş tuzlu çözelti (salamura) yeryüzünde bir depoda toplanır. Çözelti özel olarak temizlenir ve 1 litre çözelti ortalama 300-315 gr. Sodyum Klorür (NaCl), 5,5 gr jips (CaSO<sub>4</sub>) 0,3 gr Magnezyum Sülfat (MgSO<sub>4</sub>) ve 0,25 gr Magnezyum Klorür (MgCb) içerir.

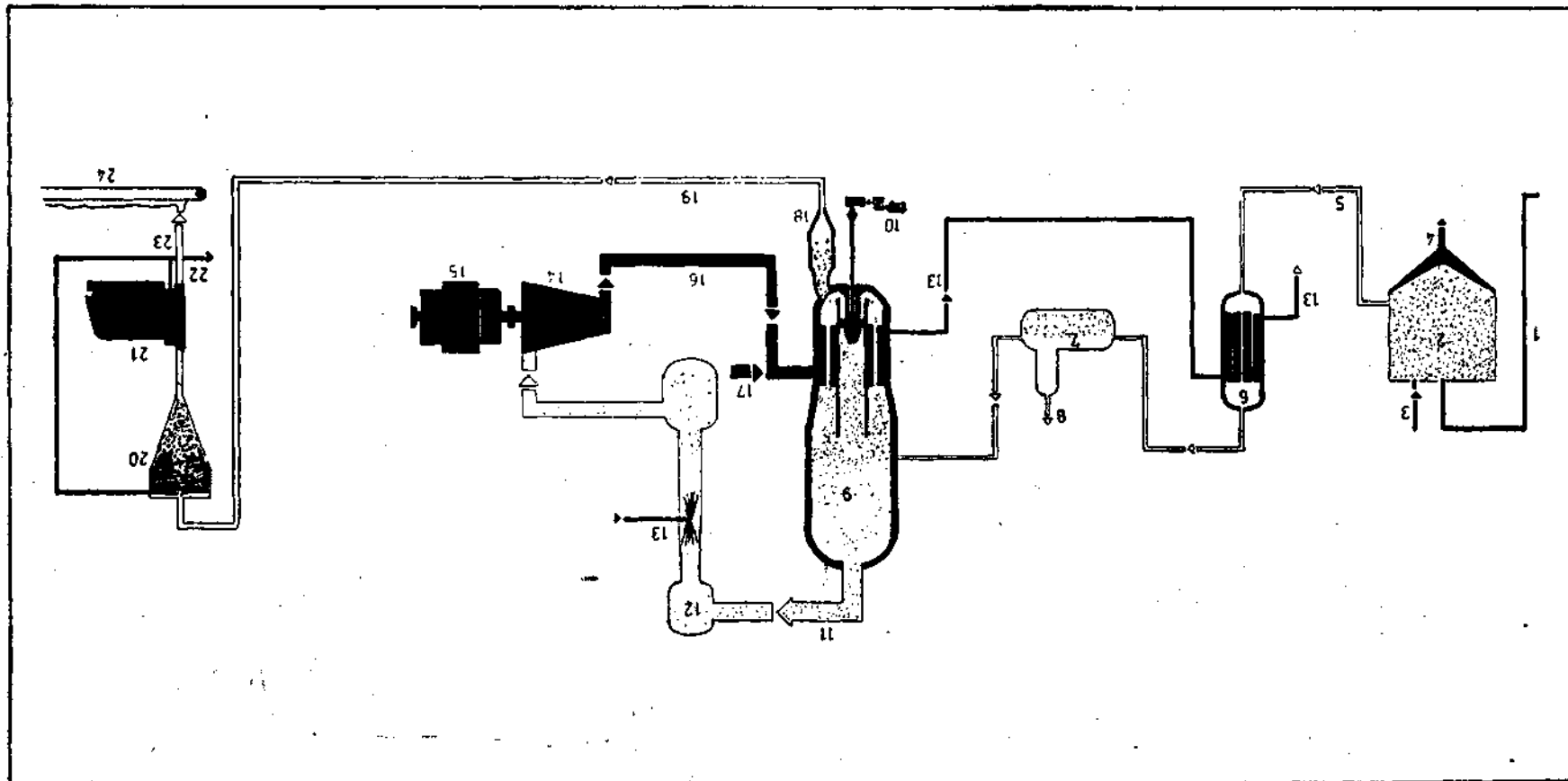
Normal olarak bu bileşimdeki bir çözelti tuz fabrikasını yıpratır. Bu etkiye ortadan kaldırmak için cihazlar kuru ve sert

bir tabaka ile kaplanır. Yıpratma etkisini en alt düzeye indirmek için çözeltilere katkı maddeleri eklenir.

Çözeltiden tuzun kazanılması çok eskiden beri bilinen buharlaştırma yöntemi ile yapılır. Fakat bu tip bir üretimi en ekonomik düzeye çıkarmak gerekir. En ekonomik olmanın gerçekleşmesinde pistonlu kompresörlerle çok çeşitli türbo kompresörlerin yapılması önemli rol oynamıştır. İçine katkı maddesi konan çözelti önce ilk ısıtıcıda buharlaştırılıp buhar, oksijen ve diğer gazlardan temizlenerek teslim dairesine geçer. Teslim dairesine sıcaklığın, sırayla yükselmesi sonucu ısınan çözelti, buharlaştırılır, ve karışım yoğunlaştırılmak üzere kondansatöre geçer. Burada yoğunlaşan karışım buhar kompresörüne geçer. (Buhar kompresörü elektrik motoru ile tahrik edilmektedir.) ve komprese edilerek teslim dairesine geçer. Teslim dairesinin alt kısmında sıcaklığın etkisi buharlaşma sonucu tuz hamuru oluşur, ve periyodik olarak aşağıya akar. Alınan tuz hamurunda % 2,5 nem vardır. Teslim dairesinden bu şekilde depoya gelen tuz hamuru santrifüj bölümüne geçer. Burada santrifüj yoluyla tuz kristalleri ayrılır.

Tuzun neminin gitmesi sağlanarak elde edilen temiz kristal tuz periyodik olarak alınır. Şekil 2 de yukarıda sözü edilen yöntemin akım şeması görülmektedir.

- 1 — Sondaj deliğinden elde edilmiş tuzlu su (salamura)
- 2 — Salamuranın temizlenmesi
- 3 — Kimyevi katkı maddeleri
- 4 — Dışarıya atılan artık maddeler
- 5 — Temiz salamura (Tuzlu su).
- 6 — Doymuş tuzun ısıtılması (Salamuranın ısıtılması)
- 7 — Gaz temizleyicisi
- 8 — Hava ve Oksijen
- 9 — Buharlaşma
- 10 — Karıştırıcı (Alt üst ederek)
- 11 — Buharlaşma (0.5 atü 110°C)
- 12 — Hazır buhar
- 13 — Kondansatör



1 « n1 » § UHV 1 \* un « u « ApX » » jduio )) auu l : Z IP f « é

- 14 — Buhar kompresörü
- 15 — Kompresör işletici motoru
- 16 — Sıcak buhar
- 17 — İlâve buhar
- 18 — Tuz yolu
- 19 — Doymuş tuzlu su kanalı

- 20 — Lapatuz - Koyulaşmış
- 21 — Santrifüj
- 22 — Doymuş tuz artıklarının dönüşü
- 23 — Temiz tuz
- 24 — Tuz çıkışı

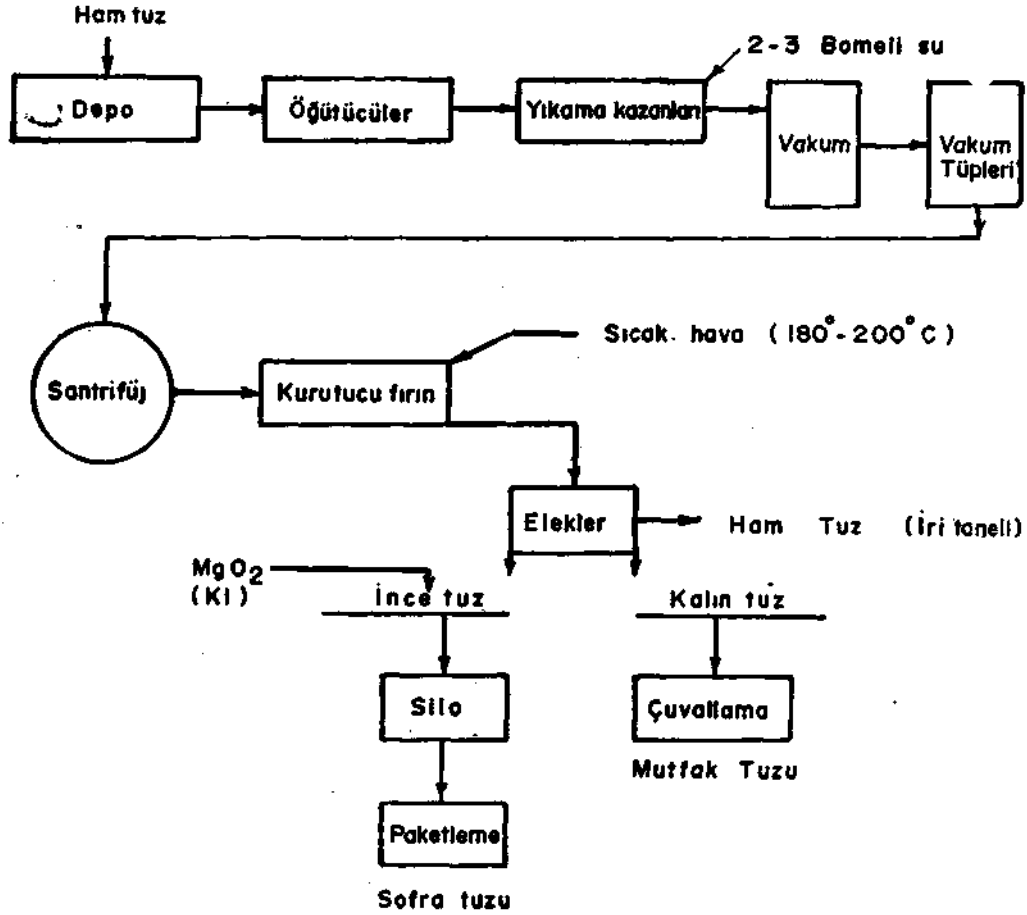
### TÜRKİYE'DE UYGULANMAKTA OLAN İŞLENMİŞ TUZ (NaCl) TEKNOLOJİSİ

#### Öğütme-Yıkama-Kurutma Yöntemi

Ham Tuzun işlenmesi eskiden beri yapılmakta olup, bugün için geçerliliğini yitirmiştir. Fakat eski ve verimsizliğine karşın yurdumuzda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde ham tuz önce öğütülür. Öğütülen ham tuz yıkama kazanlarına taşınarak 2 - 3 Bomeli su ile yıkanır. Yıkama anında kayıplar % 25i bulmaktadır. Yıkanmış ham tuz

buradan alınarak vakum kazanlarına gönderilir. Vakum kazanlarından vakum tüpleri ile alınan tuz santrifüj ünitesine gelerek burada 15 dakikalık bir işlem görür ve neminin % 99'u atılır. Neminin büyük bir bölümünden kurtulan tuz, kurutucu fırında, 180° 200° sıcaklıkta kurutulurak içerdiği nem % 0,5e düşürülür. Kurutucu fırının sıcaklığı dışardan sıcak hava verilerek sağlanır. Kurutulmuş duruma gelen tuz eleme ile iri, kaba ve ince tuz olmak üzere üç bölüme ayrılır. İri tuz, kaba eleğin üzerinde kalan tuz-

Sekil - 3. ÖĞÜTME - YIKAMA - KURUTMA SİSTEMİ KABA AKIM SEMASI



dur, ve ham tuz olarak satılır. Kaba tuz, kaba eleğin altına geçen tuzdur ve mutfak tuzu olarak kullanılır, 100 kg life çuvallara doldurularak satılır. İnce tuza % 1 oranında  $MgO_2$  karıştırılır, ve eğer guatr kontrolü için tuz istenirse yaklaşık % 0,005 potasyum iyodür eklenerek bir siloya gelir. Silodan alınan tuz 1 kg lık paketlere konarak satışa çıkarılır.

Bu yöntemin kapasitesi düşük ve işletme harcamaları fazla olduğundan bugün için uygun bir yöntem sayılmaz. Yöntemin kaba şeması Şekil (3) de görülmektedir.

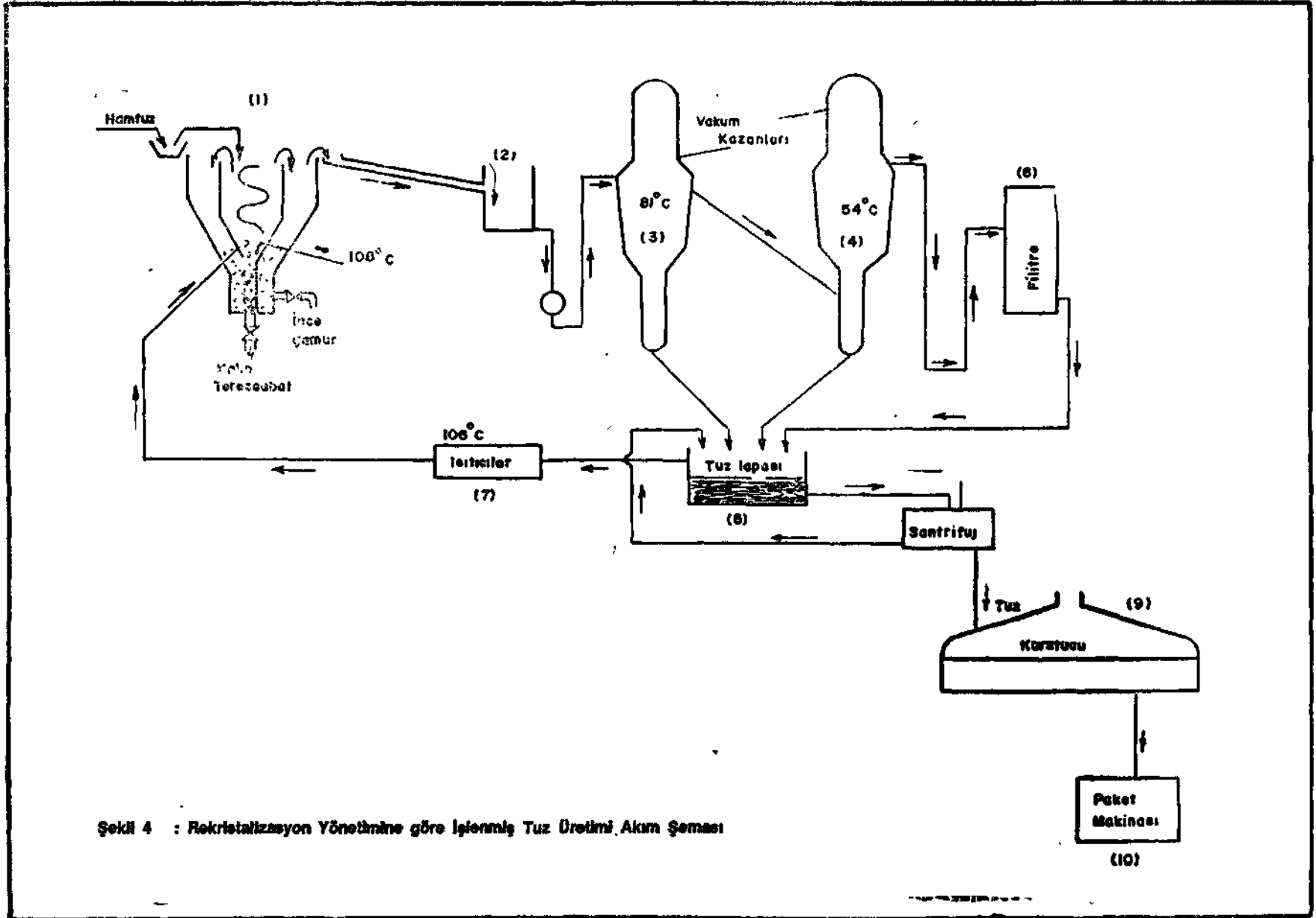
#### Rekristalizasyon Yöntemi

Rekristalizasyon yöntemi, modern yöntemlerden birisidir.

Bu yöntemde ham tuz önce bir yıkama kazanında yıkanır. Yıkama kazanına  $106^{\circ}C$

lik sıcak su verilir. Ham tuz içerisindeki çözünmeyen maddeler yıkama kazanı altına toplanır, çözünen kısım yıkama kazanının üzerinden alınarak birikme havuzlarına gönderilir. Birikme havuzlarından bir pompa ile alınan tuz çözeltisi vakum kazanlarına basılır. Vakum kazanlarının ilki  $81^{\circ}C$ , ikincisi  $54^{\circ}C$  sıcaklıkta olup, vakum kazanlarından tuz lapası alınır. İkinci vakum kazanını terkeden çözelti filtreden geçirilerek temizlenir. Filtreden geçen su tuz lapası kazanına geçtikten sonra ısıtıcıya gelir ve burada tekrar  $106^{\circ}C$  ye ısıtıldıktan sonra yıkama kazanına gider. Tuz lapası kazanından alınan tuz, santrifüje verilerek tuz lapası suyundan kurtarılır. Santrifüjü terkeden su tekrar tuz lapası kazanına verilerek bir kapalı devre oluşturur. Santrifüjden çıkan nemli tuz kurutucuda kurutulduktan sonra paketlenme ünitesine geçer. Yöntemin akım şeması Şekil 4 de verilmektedir.





Şekil 4 : Rekristalizasyon Yöntemine göre İşlenmiş Tuz Üretimi Akım Şeması