

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Su Tas. Akt. kar. ve Reg. Kul.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M. Emin Birpınar

1990

32-
150
165

105

35.000

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU TASFIYESİNDE AKTİF KARBONUN
VE
REÇİNENİN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜH. MEHMET EMİN BİRPINAR

İSTANBUL 1990

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
165

Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.

Tarih : 18.10.1991

Fatura : - - - - -

Fiyatı : 35.000.₺.

Ayniyat No : 1/15

Kayıt No : 47757

UDC : 624. 378.242.

Ek :

X

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAYFA NO.

TÜRKÇE ÖZET

YABANCI DİLDE ÖZET (SUMMARY)

GİRİŞ (Aktif Karbon + Pecine + İçme Suyu Arıtılmasında
Adsorpsiyonun Kullanım Alanları)

1. BÖLÜM

TAT VE KİMLİ

1.1. GİRİŞ

1.2. İÇME SUYUNDA KİMLİ

1.3. SUYA TAT VE KİMLİ VEREN BİLEŞENLER

1.4. TAT VE KİMLİNİN ÖLÇÜLMESİ

2. BÖLÜM

ADSORPSİYON

2.1. ADSORPSİYON VE ADSORPSİYON

2.2. ADSORPSİYON KİMLİSİ

2.2.1. Fiziksel Adsorpsiyon

2.2.2. Kimyasal Adsorpsiyon

2.2.3. Fiziksel Adsorpsiyon

2.2.4. Kimyasal Adsorpsiyonun Etki Eden Faktörleri

2.3.1. Adsorpsiyonun Etki Eden Faktörleri

2.3.2. Adsorpsiyonun Etki Eden Faktörleri

2.3.3. Adsorpsiyonun Etki Eden Faktörleri

2.3.4. Adsorpsiyonun Etki Eden Faktörleri

2.4. ADSORPSİYONUN PREZANTASYONU

2.5. ADSORPSİYONUN KİMLİSİ

2.5.1. Langmuir İzotermi

2.5.2. B.E.T. İzotermi

2.5.3. Freundlich İzotermi

2.5.4. Diğer İzoterm Modelleri

SU TASFİYESİNDE AKTİF KARBONUN VE
REÇİNENİN KULLANILMASIYÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜH. MEHMET EMİN BİRPINAR

TEZİ YÖNETEN: Prof. Mehmet YÜCEL



İSTANBUL, 1990

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO.
TÜRKÇE ÖZET	38
YABANCI DİLDE ÖZET (SUMMARY)	41
GİRİŞ (Aktif Karbon + Reçine + İçme Suyu Aratılmasında Adsorbsiyonun Kullanım Alanları)	44
I. BÖLÜM	50
TAT VE KOKU	50
1.1. GİRİŞ	3
1.2. İÇME SUYUNDA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER	5
1.3. SUYA TAT VE KOKU VEREN KAYNAKLAR	10
1.4. TAT VE KOKUNUN ÖLÇÜLMESİ	13
2. BÖLÜM	57
ADSORBSİYON	57
2.1. ADSORBSİYON VE ABSORBSİYON	16
2.2. ADSORBSİYON TEORİSİ	17
2.2.1. Yüzey Gerilmesi	17
2.2.2. Fiziksel (Yüzey-Ara Yüzey) Kuvvetleri	17
2.2.3. Kimyasal Adsorbsiyon	18
2.3. ADSORBSİYONA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	19
2.3.1. Adsorbantın Yapısı	19
2.3.2. Adsorbatın Yapısı	19
2.3.3. Sıcaklık	20
2.3.4. Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (PH)	20
2.4. KARBON ADSORBSİYONUNUN PRENSİPLERİ	21
2.5. İZOTERM DENKLEMLERİ	22
2.5.1. Langmuir İzotermi	24
2.5.2. B.E.T. İzotermi	25
2.5.3. Freundlich İzotermi	27
2.5.4. Diğer İzoterm Modelleri	29

3.BÖLÜM

AKTİF KARBON	30
3.1. AKTİF KARBONUN TARİHÇESİ	30
3.2. AKTİF KARBONUN ELDE EDİLMESİ	32
3.3. AKTİF KARBONUN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	35
3.4. AKTİF KARBONUN KULLANILDIĞI YERLER VE UYGULAMALARI	38
3.5. AKTİF KARBON FİLTRELERİ	41
3.6. AKTİF KARBONUN DOZUNUN TAYİNİ	44
3.7. AKTİF KARBONUN KLOR GİDERMEDE KULLANILMASI	45
3.8. AKTİF KARBONUN REJENERASYONU	49
3.8.1. Buhar Rejenerasyonu	50
3.8.2. Termal Rejenerasyon	50
3.8.3. Kimyasal Rejenerasyon	51
3.9. AKTİF KARBON SİSTEMLERİNİN MALİYETİ	53

4.BÖLÜM

REÇİNELER

4.1. GİRİŞ (Suların Yumuşatılmasının Faydaları + Metodları)	
4.2. İYON DEĞİŞTİRİCİLERLE YUMUŞATMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ	55
4.3. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN KULLANIM ALANLARI VE AVANTAJLARI	57
4.4. ZEOLİTLERLE SUYUN YUMUŞATILMASINA TOPLU BAKIŞ	58
4.4.1. Kolon Operasyonunda Tutma Prensipleri	60
4.5. İYON DEĞİŞTİRİCİ REÇİNELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	61
4.5.1. Elek Analizleri	61
4.5.2. Aşınma Direnci	61
4.5.3. Kimyasal Aşınma	62
4.5.4. Yoğunluk	62
4.5.5. Boşluk Hacmi	62
4.5.6. Yük Kaybı	63
4.5.7. Yatak Genleşmesi	64
4.5.8. Şişme	66
4.5.9. Erime	66

4.6. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN ESTETİK ÖZELLİKLERİ	66
4.6.1. Renk	66
4.6.2. Koku	66
4.6.3. Tad	66
4.7. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	67
4.8. İYON DEĞİŞTİRİCİ MADDELERİN ÜRETİMİ VE KAPASİTESİ	67
4.9. SULARIN YUMUŞATILMASINDA KULLANILAN İYON DEĞİŞTİRME SİSTEMLERİ	74
4.9.1. Yumuşatma	74
4.9.2. Evsel Yumuşatma	74
4.10. İYON DEĞİŞTİRİCİLERDE REJENERASYON VE ÖZELLİKLERİ	76
4.10.1. İyon Değiştiricelerin Rejenérasyonunda Kullanılan Pratik Tuz İhtiyacı	78
4.11. DURULAMA	79
4.12. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN DİZAYNINDA GÖZÖNÜNE ALINACAK HUSUSLAR	82
4.12.1. İyon Değiştirici Kaplar	82
4.12.2. Reçine Yatak Derinliği	82
4.12.3. Kondaktörün Boyutlandırılması	83
4.12.4. Alt Direnler	84
4.12.5. Çakıl Tabakası	84
4.13. SUYUN SERTLİĞİNİN DETERJAN SARFIYATI ÜZERİNE ETKİSİ	85
4.14. REÇİNENİN SUYA VERDİĞİ SODYUMUN SAĞLIĞA ZARARLARI	87
5.BÖLÜM	
DENEYLER	89
5.1. DENEYLER	89
5.2. SONUÇLAR	100
REFERANSLAR	
TEŞEKKÜR	
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu çalışmada içme suyu arıtılmasında aktif karbon ve reçinenin kullanılması araştırılmıştır.

Birinci bölümde, içme suyuna tat ve koku veren kaynakların belirlenmesi incelenmiştir. Ayrıca içme suyunda bulunması gereken temel özellikler belirlenmiştir.

İkinci bölümde, adsorbsiyon teorisi üzerinde durulmuş, adsorbsiyon özellikleri ve prensipleri izah edilmiştir. Adsorbsiyon prosesinin hız ve dengesini etkileyen faktörler ve çeşitli bilim adamlarının vermiş olduğu izoterm denklemleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, adsorbant maddesi olarak kullanılan aktif karbonun elde edilmesi, yapı ve özelliklerin ve kullanıldığı yerler izah edilmiştir. Bunun yanında aktif karbonun rejenerasyon çeşitleri ve aktif karbon sistemlerinin maliyetinden söz edilmiştir.

Dördüncü bölümde, iyon değiştiricilerle yumuşatma prosesi hakkında çeşitli bilgiler verilmiştir. İyon değiştirici olarak kullanılan reçinelerin fiziksel, estetik ve kimyasal özelliklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca, suyun sertliğinin insan sağlığına zararları ve iyon değiştiricilerin sağladığı avantajlar izah edilmiştir.

Beşinci bölümde, aktif karbon ve reçineden oluşmuş bir pilot sistem kurularak yapılan deneysel çalışmadan bahsedilmiştir. Bu deney çalışmasında aktif karbonun tutmuş olduğu kirlilik miktarı ve reçinenin sertlik giderme kapasiteleri incelenerek çeşitli eğrilerin çizimleri yapılmıştır.

SUMMARY

In this study, activated carbon and ion exchange resins were used for drinking water according to their adsorbing and ion exchange capacity.

The first chapter discusses physiological aspects of taste and odor causes and sources, measurement, and methods of control. Also, the basic properties of drinking water were explained.

In the second chapter, the nature of the adsorption properties and the principles of carbon adsorption has been given. In this chapter, the forces used in explaining the adsorption mechanism, the factors affected the speed and balance of the process and isotherms were explained in the studies on the principles of adsorption theory.

In the third section, a description, preparation and production of activated carbon which is used as an adsorbent were presented at the same time, the classification and cost of activated carbon systems has been explained.

In the fourth chapter, the process of softening with ion exchangers were explained. The resin which was used as an ion exchanger's physical and estetical and chemical properties has been identified. The advantages of ion exchange resin and the hardness of the water which affects people health were explained, too.

In the fifth chapter, the pilot system which consist of activated carbon and resin was used for experiments. The factors affecting adsorption and hardness of water were examined by the help of experimental studies.

GİRİŞ

Günümüzde içme ve kullanma suyuna ihtiyaç çoğalmakta, buna karşılık sularımızın kirlenmesine sebep olan unsurlar hızla artmaya devam etmektedir. Su dağıtım istasyonları şehir şebekelerine pompaladıkları suyun sağlık bakımından içilebilir nitelikte olabilmesi için; damıtma, çöktürme, süzme, şulama gibi metodların yanısıra klorlama gibi metodların yanısıra klorlama gibi yöntemlerden bazılarını uygulamaktadırlar. Ancak, memleketimizde suyun sertliğinin giderilmesi için sistemin başında herhangi hiç bir çalışma yapılmamaktadır.

Bu işlemler neticesinde temiz ve güvenilir olarak yola çıkan sular bize erişene kadar acaba bu özelliklerini koruyabiliyorlarmı?

İçtiğimiz sular kaynaklarını teşkil eden göl, nehir, kuyu, arteyen ve barajlardan evlerimize ulaşana kadar maalesef çeşitli sebeplerden kirleşmektedirler. Bütün bunların başında sanayi artıkları, yeraltı kanalizasyon sularının su şebekesine karışması, yer üstü pis sularının sızması ve nihayet evlerimizdeki tesisat ve depolardan gelen pislik ve tortularını saymak mümkündür. Uzak bir ihtimal olmakla beraber, musluğumuza kadar temiz olarak erişebilen suyu, temizleme yöntemlerinden gelen değişik tat ve kokuları vardır.

Yukarıda sayılan sebepler, genellikle musluk suyunu içmesini zorlaştırır. Bunun yanısıra şehir suyunun kesilmesi halinde, evimizde bulunan kuyu, sarnıç ve depolardaki suları; temiz ve berrak olmadıkları gerekçesi ile kullanmayız.

Kaynağı ne olursa olsun, musluğumuzdan akan suyun içilebilir temiz ve berrak bir su haline getirebilmenin bir yolu, bu suyu hiçbir tehlikeden korkmadan kana kana içmenin bir çaresi ve bu suyun içerisindeki yüksek oranlardaki suya sertlik vererek vücutta kireçlenmelere sebep olan kalsiyum ve magnezyum gibi maddelerin giderilmesi, kısaca güvenilir temiz içme suyu probleminin bir çözümü varmıdır?

1. BÖLÜM

Bu çalışmada, adsorblayıcı madde olarak kullanılan aktif karbonla, su içerisinde bulunan istenmeyen renk, tad ve kokuların yanında fazla klorun alınması işlemi yapılmıştır. Aktif karbondan çıkan suyun daha sonra sertliği alınması için iyon değiştirici reçineden geçirilerek sertlik derecesi 2°F - 3°F 'a kadar düşürülmesi sağlanmıştır. Sistemin en alt kısmına yerleştirilen kum tabakası giriş suyunda askıda halde bulunan maddelerin süzülmesini sağlamıştır.

İçme suyunun bu günkü kalitesi, uzun yıllar yapılan gayretli çalışmalar sonunda elde edilmiştir. Su içinde tat ve koku veren maddelerin bulunması, suyun kullanılmasını azaltmaktadır. Bundan dolayı isale edilen suların tatlı olması yanında renksiz, kokusuz ve tatsız olması şart koşulmaktadır.

Bugün proje müdürlüklerimizin elinde suyun tat ve kokusunun giderilmesini sağlayacak oldukça büyük tesisler mevcuttur. Mesela, baraj ve göletler gibi büyük su depolama tesislerinde algilerin oluşmasını önleyecek veya durduracak tedbirler, organik maddelerin çürütülerek yok olmasına engel olacak imkanlar ve suyun en uygun düzeyden alınmasını sağlayan bağlama tertipleri vardır. Ayrıca suyun tat ve kokusunu hatta sertliğini giderecek tesisler kurmak zor değildir (5).

Bununla birlikte İstanbul gibi büyük şehirlerde bu gibi tat ve koku problemlerinin hallenmesi giderek zorlaşmaktadır. Zira alt yapı sisteminin tam manasıyla doğru bir şekilde işlemediği büyük şehirlerimiz de bu problem baraj ve göletlerde çözmek anlamsız gibi görünmektedir. Çünkü bu tip şehirlerimizdeki şebeke sistemleriyle kanalizasyon sistemlerinin uygulaması olarak birbirlerine yakışmaz inşaat edilmeleri, yani aralarındaki kot farklarının az olması kanalizasyon atık sularının içme suyuna karışma ihtimalini arttıracaktır.

1. BÖLÜM

1.1. TAT VE KOKU :

İçme suyunun sadece sıhhi olması, onun iştahla içilebilmesi için kâfi gelmemektedir. Sıhhi şartların yanında suyu cazip hale sokacak fiziki şartların da bulunması istenir. Renkli, kolloit maddelere havi bulanık sular, fazla demir ve diğer madenler ile tat ve kokuyu ihtiva eden sular ne kadar sıhhi olursa olsun içilmemekte ve kullanılması arzu edilmemektedir.

İçme suyunun bu günkü kalitesi, uzun yıllar yapılan gayretli çalışmalar sonunda elde edilmiştir. Su içinde tat ve koku veren maddelerin bulunması, onun kullanılmasını azaltmaktadır. Bundan dolayı isale edilen suların sıhhi olması yanında renksiz, kokusuz ve tatsız olması şart koşulmaktadır.

Bugün proje mühendislerinin elinde suyun tat ve kokusunun giderilmesini sağlayacak oldukça büyük imkanlar mevcuttur. Mesela, baraj ve göletler gibi büyük su depolama tesislerinde alglerin oluşmasını önleyecek veya durduracak tedbirler, organik maddelerin çürüyerek yok olmasına engel olacak imkanlar ve suyun en uygun düzeyden alınmasını sağlayan bağlama tertipleri vardır. Ayrıca suyun tat ve kokusunu hatta sertliğini giderecek tesisler kurmak zor değildir (5).

Günümüzde İstanbul gibi büyük şehirlerde bu gibi tat ve koku problemlerinin halledilmesi giderek zorlaşmaktadır. Zira alt yapı sisteminin tam manasıyla doğru bir şekilde işlemediği büyük şehirlerimiz de bu problemi baraj ve göletlerde çözmek anlamsız gibi görünmektedir. Çünkü bu tip şehirlerimizdeki şebeke sistemleriyle kanalizasyon sistemlerinin uygulaması olarak birbirlerine yakın inşaa edilmeleri, yani aralarındaki kot farklarının az olması kanalizasyon atık sularının içme suyuna karışma ihtimalini arttıracaktır.

1.2. İÇME SUYUNDA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Dolayısıyla biz içme suyunu sistemin başında ne kadar mükemmel hale getirirsek getirelim, bu suların çeşmelerimizden akmaya başladığında yine tadının bozulmuş, renginin değişmiş ve kokusunun artmış olduğunu görmekteyiz. Ayrıca kanalizasyon sızmalarındaki mikropların kırılması için suya ilave edilen klor maddesinin normalin üzerinde olması da suyun içimini de zorlaştırmaktadır. Bütün bu problemlerin giderilmesi için son yıllarda Türkiye'de de yavaş yavaş gelişmekte olan su arıtma cihazları kullanılmaya başlanmış ve gayet olumlu neticeler alınmıştır. İste şartların yerine getirilmesi zorunludur.

- 1- Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi terinletici olmalıdır.
- 2- Hastalık yapıcı organizmalar ihtiva etmemelidir.
- 3- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- 4- İçme suyu için en uygun sıcaklık 8°C ile 15°C arasında olmalıdır.
- 5- İcterli derecede yumuşak olmalıdır.
- 6- Ne korrozif olmalıdır, ne de taş yapmalıdır.
- 7- Hidrojen sülfür, demir ve manganer gibi istenmeyen kimyasal maddeleri ihtiva etmemelidir.
- 8- Toksik etki veya fena fizyolojik etki yapacak konsantrasyon da maddeler ihtiva etmemelidir.
- 9- Sol miktarda olmalı ve satış fiyatı da mümkün kolaylıkla ödeyebileceği bir seviyeyi aşmamalıdır.
- 10- Suda çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/lit olmalıdır.

1.1.2. FİZİKSEL KARAKTERİSTİKLER

Bulanıklık : Suya bulanıklık veren maddelerin miktarı 0,1 mg/lit olmalıdır. Türk Standartlarına göre müsaade edilen bulanıklık değeri 5 maksimum değer ise 25 ppa (mg/lit) dir. Suyun berraklığı ne kadar fazla olursa o suyun kullanımına değeri o kadar fazla olacaktır. Bulanıklık birimi, silikat standard çözeltisi birimi olarak tanımlanır.

1.2. İÇME SUYUNDA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Modern bir su tesisinin sağlayacağı su, sağlık yönünden emin, içilmeye elverişli ve yeterli miktarda olmalıdır. İçme suyunun kalitesi, isale edilen toplumun yaşama düzeyine, çevrenin su bakımından karakteristiğine ve diğer çevre şartlarına tâbi olarak, memleketten memlekete değişiklik arz eder. Hayat şartlarının ve teknolojinin ilerlemesiyle, zamanla isale edilen suların standardlarının da değişmesi ve daha iyiye doğru gitmesi tabiidir. İdeal bir içme suyunun aşağıdaki kalite şartlarının yerine getirmesi zorunludur.

- 1- Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- 2- Hastalık yapıcı organizmalar ihtiva etmemelidir.
- 3- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- 4- İçme suyu için en uygun sıcaklık 8°C ile 15°C arasında olmalıdır.
- 5- Yeterli derecede yumuşak olmalıdır.
- 6- Ne korrozif olmalıdır, ne de taş yapmalıdır.
- 7- Hidrojen sülfür, demir ve manganez gibi istenmeyen kimyasal maddeleri ihtiva etmemelidir.
- 8- Toksik etki veya fena fizyolojik etki yapacak konsantrasyon da maddeler ihtiva etmemelidir.
- 9- Bol miktarda olmalı ve satış fiyatı da halkın kolaylıkla ödeyebileceği bir seviyeyi aşmamalıdır.
- 10- Suyun çözülmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/lt olmalıdır.

1.1.2. FİZİKSEL KARAKTERİSTİKLER

Bulanıklık : Suya bulanıklık veren maddelerin miktarı 0,1 mg SiO₂/lt geçmemelidir. Türk Standardlarına göre müsaade edilen bulanıklık değeri 5, maksimum değer ise 25 ppm (mg/lt) dir. Suyun berraklığı ne kadar fazla olursa o suyun kullanılma değeri o kadar fazladır. Bulanıklık birimi, silikat standard çözeltisi birimi olarak tanımlanır.

Renk : İçme suyunun renksiz olması istenir. Türk Standardı 266 ya göre müsaade edilen değer 5 ppm, maksimum değer ise 50 ppm dir. İdeal bir suda ise bu değer 3 birimden az olmalıdır. Renk birimi kloro-platinat olarak verilir.

Koku : İçme suyunun kokusu bulunmamalıdır.

Tat : İçme tatsız olmalıdır.

1.1.3. KİMYASAL KARAKTERİSTİKLER

ZEHİRLİ MADDELER :

Kurşun : Tabii olarak sularda bulunmaz ancak su içine sanayi artıklarının karıştırılmasından veya korrozif bir suyun kurşun borulardan geçirilmesiyle su içinde kurşun bulunur. Kurşun vücutta toksit tesiri yapar. Türk Standartlarına göre su içindeki kurşunun maksimum miktarı 0,05 mg/lt olmalıdır.

Baryum : Baryum, daha ziyade kaslara tesir eder. İdeal bir içme suyunda baryum miktarı 0,5 mg/lt yi geçmemelidir.

Arsenik: Kuvvetli bir zehir olan arsenik 0,05 mg/lt geçmelidir.

Selenyum : Genellikle topraktan suya geçer. Bunun değeri 0,01 mg/lt geçmemelidir.

Kadmiyum : Kandaki hemoglobine ve böbreklere tesir eder. Maksimum miktar 0,01 mg/lt yi geçmemelidir.

Gümüş : Suyun dezenfeksiyonunda kullanılan gümüş miktarı 0,02 mg/lt yi geçmemelidir.

Florür : Maksimum miktarı 1 mg/lt olmalıdır.

Krom : İdeal bir su da krom miktarı 0,01 mg/lt geçmemelidir.

ZEHİRLİ OLMAYAN MADDELER :

Demir : Yeraltı sularında bol miktarda bulunmaktadır. Su içerisinde demirin fazla olması suyun renk almasına sebep olur. İdeal bir sudaki demir miktarı 0,05 mg/lt olmalıdır.

Mangan : Çamaşırlarda lekeye sebep olan Mangan miktarı 0,01 mg/lt yi aşmamalıdır.

Bakır : Suya sonradan karışan bakır miktarı 0,2 mg/lt aşmaması istenir.

Alüminyum : Alüminyumun suda bulunması zararlı değildir. Alüminyum miktarı 0,05 mg/lt den fazla olması arzu edilmez.

Çinko : Korozyona sebep olan çinko su içerisinde 50 mg/lt den fazla olmamalıdır.

Nitrat : Su içerisinde nitrat miktarının fazla olması çocuklar için zararlıdır. Zira nitratlar çocukların kanlarındaki hemoglobine birleşir ve çocukların ölmesine sebep olur. Maksimum Nitrat miktarı 45 mg/lt olmalıdır.

Magnezyum : Suya sertlik veren maddelerden biridir. Magnezyumun fazla olması, suyun o nispette fazla sert olmasına ve dolayısıyla kullanılmasında o nispette fazla sabun şartına sebep olur.

Tablo 1.1.'de Memleketimiz için kabul edilen içme suyu standardı (TS-266) verilmiştir.

Tablo 1.1. Türkiye İçin verilen İçme Suyu Standardı (TS-266)

Madde İsmi	İdeal Değer	Müsaade Edilen Değer	Maksimum Değer
1. ZEHİRLİ MADDELER			
Kurşun (Pb)	0,03 mg/lit	-	0,05 mg/lit
Selenyum	0,01 mg/lit	-	0,01 mg/lit
Arsenik (As)	0,01 mg/lit	-	0,05 mg/lit
Krom (Cr ⁺⁶)	0,01 mg/lit	-	0,01 mg/lit
Siyaniür (CN)	0,01 mg/lit	-	0,02 mg/lit
Kadmiyum (Cd)	0,01 mg/lit	-	0,02 mg/lit
2. SAĞLIĞI ZARARLI MADDELER			
Florür (F)	0,7-1,2 mg/lit	1 mg/lit	1,5 mg/lit
Nitrat (NO ₃)	-	-	45 mg/lit
Gümüş (Ag)	0,02 mg/lit	0,02 mg/lit	0,02 mg/lit
3. İÇİLEBİLME ÖZELLİĞİNE ETKİ EDEN MADDELER			
Renk	3 Birim	5 Birim*	50 Birim
Bulanıklık	0,1 Birim	5 Birim**	25 Birim
Koku ve Tat	Yok	Kokusuz-Tatsız	-
Demir (Fe)	0,05 mg/lit	0,3 mg/lit	1 mg/lit
Mangan (Mn)	0,01 mg/lit	0,1 mg/lit	0,5 mg/lit
Bakır (Cu)	0,02 mg/lit	1 mg/lit	1,5 mg/lit
Çinko (Zn)	1,00 mg/lit	5 mg/lit	15 mg/lit
Kalsiyum (Ca)	60-80 mg/lit	75 mg/lit	200 mg/lit
Magnezyum (Mg)	50 mg/lit	50 mg/lit	150 mg/lit

<u>Madde İsmi</u>	<u>İdeal Değer</u>	<u>Müsaade Edilen Değer</u>	<u>Maksimum Değer</u>
Sülfat (SO ₄)	450 mg/lt	200 mg/lt	400 mg/lt
Klorür (Cl)	450 mg/lt	200 mg/lt	600 mg/lt
PH	7	7,0-8,5	6,5-9,2
Bakiye klor	-	0,1 mg/lt	0,5 mg/lt
Fenolik Maddeler	0,0005 mg/lt	-	0,002 mg/lt
Sertlik-CaCO ₃ olarak	80 mg/lt	80 mg/lt	80 ⁺

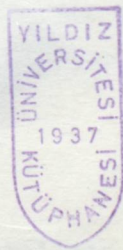
4. KİRLENMEYİ BELİRTEN MADDELER

Toplam Organik Madde	-	3,5 ^{***} mg/lt	-
Nitrit	-	-	-
Amonyak	-	-	-

* Kloro-platinat birimi

** Silikat standard çözeltisi birimi

*** Toplam organik madde 3,5 mg/lt yi aşması halinde bakteriyolojik muayenede özellikle titiz davranılmalıdır.



1.3. SUYA TAT VE KOKU VEREN KAYNAKLAR

Araştırmalar, neticesinde, dört çeşit tat olduğu ortaya çıkmıştır. Bunlar tatlı, ekşi, tuzlu ve acıdır. Diğer bütün tatlar bunların kombi-
nasyonlarıdır.

Suya tat ve koku veren maddeleri iki temel grupta toplamak mümkündür.

1- Doğal olanlar : Çürümeye yüz tutmuş organik maddeler alg yosun-
ları ve diğer mikroorganizmalar, demir, manganez v.b.

2- İnsanların Sebebi oldukları : Endüstri artıkları (ilaçlar, boyalar,
tuz, plastik, fenol, v.b.), suyun dezenfeksiyonu için kullanılan madde-
ler (klor gibi), kanalizasyon suları gibi.

Tat ve koku bakımından endüstri artıkları suya kısmen daha az tesir
etmektedir. Burada en önemli madde fenol ve fenollü bileşiklerdir. Fenol
su içerisinde klor ile birleşerek gayet şiddetli kokusu olan bir bileşik
yapar. Bunun küçük bir zerresi su içinde fark edilebilir. Suya tat ve
koku veren en önemli madde alg yosunlarıdır. Biyolojistlerin araştırma-
larına göre 30.000 çeşit alg bulunduğu tesbit edilmiştir. Ancak içme suyu
bakımından önemli olanları bellidir. ve bunların su içerisinde tanıma-
ları kolaydır.

Algler fotosentez olayı ile besin temin ederler. Güneş ışınlarının
enerjisini, su ve karbondioksit adsorbe ederler. Üremeleri çok basittir.
Her yüzeysel suda alg mevcuttur. Bu tek hücreli bitkilerin su içindeki
konsantrasyonu kafi derecede ise koku problemi ortaya çıkar. Alglerin
en önemli türleri aşağıdakilerdir. (5)

- 1- Yeşil mavi alg
- 2- Yeşil alg
- 3- Diyatomeler ve Flagellate
- 4- Kırmızı ve Kahverengi Algler

5- Üronema (O_3)

6- Potasyum permanganat ($KMnO_4$) ilave etme

7- Aktif karbonla geçirme

Tat ve koku problemi hem yeraltı suları hem de yüzey sularından su temininde karşımıza çıkmaktadır. Ancak yüzey sularının su kaynağı olarak kullanılması halinde koku ve tat problemi, yeraltı sularına göre daha sık ve daha büyük bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü yüzey suları gerek tabii olarak ve gerekse insanlar tarafından verilen organik atıklarla daha fazla kirlenmeye maruzdur.

İstenmeyen tad ve koku giderilmesinde koku eşiği olarak bilinen Threshold koku seviyesinin üst sınırı umumiyetle 3 ila 5 arasında alınmaktadır. Bazen bu değerlerde dahi tüketiciler tarafından itirazlar gelmektedir. Esasen bu üst eşik seviyesinin ham su evsafına bağlı olarak tesbit edilmesi faydalıdır (6).

Koku ve tad ekseriyetle beraber bulunur. Koku ve tad veren kaynaklar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1- Ev kullanılmış sularının su kaynaklarına karışması
 - 2- Sanayi atık suları, bilhassa fenol, yağ ve benzeri gibi kimyevi maddeler
 - 3- Su kaynağında yaşayan algler, diğer organizmalar ve bunların ölmesinden ileri gelen organik maddelerin çürümesi
 - 4- Klor ve suda fenolle birleşen mona ve diklorofenoller
 - 5- Hidrojen sülfür (H_2S) ve Metan (CH_4) gibi suda çözülmüş gazlar
- Yani ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçları (6).

Tesislerde tad ve koku giderilmesi metodları şunlardır :

- 1- Havalandırma
- 2- Biyooksidasyon
- 3- Yumaklaştırma
- 4- Klorlama
- 5- Klordioksit (ClO_2) ilave etme
- 6- Ozonlama (O_3)
- 7- Potasyum permanganat ($KMnO_4$) ilave etme
- 8- Aktif karbondan geçirme

1.4. TAD VE KOKUNUN ÖLÇÜLMESİ

Ancak bu sistemler seçilirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

- 1- Ham suyun evsafı, bilhassa tad ve koku bakımından özellikleri
- 2- Arzu edilen giderme verimi
- 3- Kimyevi maddelerin fiyatı ve temin edilme imkanları
- 4- Kimyevi maddelerin kolaylıkla ve ucuz olarak tatbik durumları

Tad, koku ile çok ilgilidir ve genellikle aynı sebeplerden ileri gelmektedir. Eriyik mineraller suya yalnız tad verdikleri halde koku vermezler. Bakır, Çinko veya Demir iyonları suya metalik bir tad verirler. Gayet az miktarda fenol ve benzeri maddeler ihtiva eden sular klorlandıkları zaman fena bir tad verirler, konsantrasyonları biraz daha artarsa bu defa koku şeklinde de hissedilir. Koku deneyi için alınan numune tad deneyi içinde kullanılmaktadır (5).

Nümuneye Hazırlanmış Koku Numarası : _____
Başlangıç Koku Numarası : _____
Nümuneye Hazırlanmış Koku Numarası : _____

Bu numaraların büyüklüğü orantısında suyun kokusu artar. İşlilik-
tende görüleceği gibi kokusuz bir suyun başlangıç koku numarası
1 dir (5).

Bu şekildeki kokunun ölçülmesi başlangıç koku numarasının tes-
bitiyle yapılır. Bunun için kokusu tayin edilecek numunenin belirli
miktarları ayrı ayrı temiz cam kaplara konarak, belirli hacme kadar, ko-
kudan önce su ile doldurulur. En çok sulandırılmış numunedan başlamak
üzere her biri hafif sallanarak koklanır ve hangi kaplarda kokunun fark
edildiği kaydedilir. Bu suretle en çok sulandırılmış, en az koku fark-
edilen kısım en yüksek oranlarda daha da sulandırılarak başlangıç koku
numarası tespit edilir.

1.4. TAT VE KOKUNUN ÖLÇÜLMESİ

Suda tat ve koku meydana getiren maddelerin çok çeşitli olması ve konsantrasyonlarının da fevkalade küçük bulunması dolayısıyla bu maddelerin analitik metodla tespiti oldukça zor, pratik ve emin olmayan bir yoldur. Bu itibarla tatmak ve koklamak suretiyle pratik bir yol takip edilmekte ve bunda deneyi yapanın koku alma hissine güvenilmektedir. Ancak kokunun şiddeti hakkında bir fikir edinebilmek bakımından bir ölçü biriminin kullanılması faydalı görülmüş ve başlangıç kokusu (Threshold Odor) tarif edilmiştir.

Kokulu bir suya kokusuz saf su karıştırıldığı zaman suyun mevcut kokusu yavaş yavaş azalır ve bir an gelirki hemen hemen kaybolur. İşte kokunun, tam kaybolmadan biraz önceki duyulan bu eser miktarına başlangıç-kokusu denir. Koku ihtiva eden bir su numunesinin, kokusu belli belirsiz hissedilecek dereceye kadar, kokudan arı su ile kaç misli sulandırılması icap ediliyorsa buna o suyun başlangıç-koku numarası adı verilir (5).

$$\text{Başlangıç-Koku Numarası} : \frac{\text{Numune Hacmi} + \text{Kokudan arı Su Hacmi}}{\text{Numune Hacmi}}$$

Bu numaraların büyüklüğü nisbetinde suyun kokusu fazladır. Eşitlik-tende görülebileceği gibi kokusuz bir suyun başlangıç-koku numarası 1 dir (5).

Su içerisindeki kokunun ölçülmesi başlangıç-koku numarasının tesbitinden ibarettir. Bunun için kokusu tayin edilecek numunenin belirli miktarları ayrı ayrı temiz cam kaplara konarak, belirli hacme kadar, kokudan arı su ile doldurulur. En çok sulandırılmış numuneden başlamak üzere her biri hafif sallanarak koklanır ve hangi kaplarda kokunun fark edildiği işaretlenir. Bu suretle en çok sulandırılmış, en az koku fark edilen karışım muhtelif oranlarda daha da sulandırılarak başlangıç koku numarası tespit edilir.

Burada tecrübeyi yapan kimsenin koku alma hassaslığına göre başlangıç-koku-numarası değişik bulunabilir. Bu itibarla tecrübe birkaç kişi tarafından yapılmalıdır. Ayrıca tecrübe yapılan yerde kolonya, sigara, yemek, v.s. kokularının bulunmamasına dikkat edilmelidir. Deney yemekten en erken bir saat sonra yapılmalıdır. Duyarlılığın yorulmaması için deney kısa zamanda tirilmelidir. Her deneyden önce sulandırılmamış esas numune bir defa koklanarak kokusu tanınmalıdır. Suyun sıcaklığı da neticeye tesir etmektedir. Bu husus gözönüne alınarak standart tecrübeler 40°C'de yapılmalıdır. Bu sıcaklıkta koku vermeyen bazı sular 60°C'de koku verebilir. 60°C'de yapılan deneylere sıcak-başlangıç-koku deneyi denir. Tablo (1.2)de bazı sulandırma derecelerine karşı gelen başlangıç koku numaraları verilmiştir.

Tablo 1.2 Sulandırma derecelerine karşı gelen threshold no.ları

Sulandırılarak 200 ml'ye tamamlanan

<u>Numune Hacmi</u>	<u>Başlangıç Koku Numarası</u>
200	1
140	1,4
100	2
70	3
50	4
35	6
25	8
17	12
14	14,3
12	17
8,3	24
5,7	35
5	40
4	50
2,8	70
2	100
1,4	140
1	200

Sonuca kısa zamanda gidebilmek için bu deney Tablo 1.3 de gösterildiği gibi iki kademe yapıyor. Birinci kademe 200,50,14 ve 5 ml'lik olmak üzere 4 adet numune alınır ve bunların herbiri ayrı ayrı 200 ml oluncaya kadar kokusuz su ile sulandırılır. Koku ihtimali en az olan 5 ml'lik numuneden başlanarak tüpler sıra ile koklanır, hangisinde koku hissedilirse Treshold numarası yaklaşık olarak aranan numaradır. Treshold numarasının tam değerini bulmak için deneyin 2. kademesine geçilir. Birinci kademe koku 50 ml'den örnekte hissedilmiş olsun böylece 50 ml'den daha az fakat 14 ml'den daha çok numunenin 200 ml'ye sulandırılması gereği anlaşılmıştır. Onun için numune sudan 50,40,28,20 ve 14 ml'lik miktarlar alınarak, bunlar 200 ml'ye sulandırılır. Gene en çok sulandırılmış numuneden başlanarak tüpler koklanır. İlk koku hangi tüpte hissedilirse o tüpün başlangıç-koku-numarası suyun aranan numarası olur. Örneğin, ilk koku 29 ml numune su olan tüpte hissedilmişse suyun başlangıç-koku-numarası $\pm \frac{29 + 171}{29} = 7$ olur.

Tablo 1.3 İki Kademeli Testte kullanılacak sulandırma dereceleri

Birinci kademe 200 ml'ye sulandırılacak numune miktarı (ml)

200	50	14	5
-----	----	----	---

İkinci kademe 200 ml'ye sulandırılacak numune Miktarı (ml)

200	50	14	5,0
130	40	11	3,3
100	29	9,1	2,2
67	20	6,7	1,3
50	14	5,0	1,0

Deneyler için lüzumlu kokusuz su bir aparat yardımıyla hazırlanır. Bu granül-aktif karbon filtresinden ibarettir. Musluk suyu aparattan $3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{sn}$ lik hızla geçirilerek kokusuz hale getirilir.

2. BÖLÜM

ADSORBSİYON

2.1. ADSORBSİYON VE ABSORBSİYON

Adsorbsiyon, gaz, sıvı veya buhar fazındaki moloküllerin katı bir yüzey üzerinde toplanması olayıdır. Boyama ameliyesi adsorpsiyonun oluşumunu açıklayan en iyi bir örnektir. Bu işlemde kumaş dokularının yüzeyi boya taneciklerini kendine çekerek renk kazanır. Aynı miktar boya eriyiğine daha fazla miktarda kumaş atıldığında, boya tanecikleri daha çok yüzeye yayılmak zorunda kaldığından, kumaştaki boyanın rengi daha açık olur. Boyanın su miktarında ise bir azalma olmaz.

Adsorbsiyon olayında, adsorbe eden katı maddeye Adsorbant ve adsorbe edilen katı maddeye de Adsorbat denir.

Absorbsiyon ise, bir fazın moloküllerinin diğer bir faza geçerek yani ona nüfuz ederek çözelti oluşturması işlemidir. Absorbsiyon olayında sıvı, doku ve gözeneklerin arasındaki boşluklara dolar. Örneğin, bir sünger parçası boyalı sıvıya daldırıldığı zaman, sıvının süngerin boşluklarına dolması absorbsiyon olayıdır. Bu olayda boya konsantrasyonunda bir değişiklik olmadığı, fakat sıvının azaldığı görülür. Bu itibarla adsorbsiyon olayı, absorbsiyon olayından çok farklıdır ve karıştırılmamalıdır. Boyama işleminde adsorbsiyon olayı daha hakim olsaydı o takdirde boya sıvısı azalacak, fakat renk konsantrasyonu pek değişmeyecekti (13)(5).

Maddelerin adsorbe edilme dereceleri sıvıda (suda) erime dereceleri ile ters orantılıdır. Tamamen eriyen maddeler genellikle organik menşelidir ve nispeten az erirler; bunun için de kolayca adsorbe olurlar.

Şayet adsorbsiyon ve absorbsiyon prosesleri beraberce oluşursa, bu takdirde adsorbsiyon bütün proses olarak adlandırılabilir. Adsorbe eden katı madde ne kadar küçük parçalara ayrılırsa yüzey alanı o kadar genişler ve dolayısıyla adsorbsiyon kabiliyeti o kadar artar (13)(11)(8).

2.2. ADSORBSİYON TEORİSİ

Karbonla yapılan adsorbsiyon mekanizması 3 temel ifadeyle açıklanabilir.

1. Yüzey gerilmesi
2. Yüzey ve ara yüzeylere etkiyen fiziksel kuvvetler.
3. Kimyasal Adsorbsiyon

Adsorblanma sırasında, adsorbat madde molokülleri adsorbant yüzeyindeki moloküllere Van-Der-Waals çekim kuvvetleriyle bağlanırsa bu tip adsorbsiyona "Fiziksel Adsorbsiyon", kovelent bağlarla bağlanmış ise "Kimyasal Adsorbsiyon" adı verilir(13).

2.2.1. YÜZEY GERİLMESİ

Gerçekten, saf su kendi molokülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin etkisiyle yüzeyindeki serbest enerjinin azalma eylemi göstereceği açıktır. Yüzey gerilmesi olarak bilinen bu parametre, adsorbe moloküllerini etrafında toplayarak onları merkeze doğru iter. Yüzey gerilmesi, Adsorbant moloküllerini solvent'e karşı ilişkiden korur ve bunları solvent-solid fazı sınırı üzerinde toplamaya zorlar. Su 20°C'de 23,05 dyn/cm'lik geniş bir gerilme yüzeyine sahiptir. Bu da gösteriyor ki, yüzey gerilmesi kavramı, sularla ilgili karışımlardan elde edilen adsorbsiyon prosesinin izahında önem taşımaktadır.

2.2.2. FİZİKSEL (YÜZEY-ARA-YÜZEY) KUVVETLER

Adsorbsiyon için en önemli yürütücü kuvvetler, solvent'e yakın çözücü yapılı iyofobik (sudan nefret etme) veya katı çözücüye yakınlığı olan katı parametrelerinin yüzey ve ara yüzeylerinin bir sonucu olarak meydana gelirler. Şayet çözücü solventi sevmez ise, çözücü solventten ayrılarak katı faz üzerinde toplanacaktır.

Çözücünün çözülebilmesi derecesi, iyofobik kuvvetlerin şiddetinin belirlenmesinde en önemli bir parametredir. Çözünürlülüğü fazla olan sıvılar zor, az olanlar kolay adsorbe edilirler. Diğer fiziksel kuvvetler de moloküller arasındaki Van der Waals kuvvetleri ve elektrik güçlerinden doğan elektrokinetik kuvvetlerdir.

2.2.3. KİMYASAL ADSORBSİYON

Aktif adsorbsiyon olarak tanımlanan kimyasal adsorbsiyon büyük bir adsorbsiyon enerjisine sahiptir ve adsorbe edilmiş moloküller su ile reaksiyona girerek sabit kimyasal bağlar oluşturur. Fiziksel adsorbsiyona ters düşen tarafı adsorbsiyon çözünebilir Madde moloküllerinin, adsorbantın merkeziyle kuvvetli ayırıcı bağlar oluşturmasıdır. Yüksek sıcaklıklar, kimyasal reaksiyonlardan dolayı adsorbat molokülleri ile adsorbant molokülleri arasındaki içsel hareketi kolaylaştırır (13).

2.3.2. ADSORBATIN YAPISI

Adsorbat moloküllerinin bazı özellikleri difüzyon ve adsorbsiyon prosesini etkileyebilir. Adsorbatın çözünürlüğü diğer özelliklerinin arasında en önemli olanıdır. Çözünürlükteki artış adsorbat ve çözücü arasındaki büyük bağı yansıttığı gibi adsorbsiyon imkanı artırır. Bu çözünürlük ve adsorbsiyon arasındaki ters orantılı ilişki LUNDELLUS'un kuralı olarak bilinir. Lundellus'un kuralı doğru olduğu kabul edilmesine rağmen istisnaları da vardır. Mesela, çok iyi çözünebilir özellikleri olan klorasetik asit karbon üzerine iyi bir şekilde adsorbe edilebilir.

2.3. ADSORBSİYONA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Adsorbsiyon; çözülmüş madde, adsorbant ve operasyon yönteminin karakteristikleri gibi birçok parametrelerden etkilenebilir. Bu parametreler adsorbsiyon prosesinin dengesine ve hızına etki edebilir.

2.3.1. ADSORBANTIN YAPISI

Özel yüzey alanı, gözenek hacmi dağılımı- inorganik içerik aktif yüzey bölgeleri ve adsorbantın elektrik yükü adsorbsiyon prosesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Partiküllerin büyüklüğü adsorbsiyon miktarını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. (Hassler 1963) Hassler'in 1963 yılında yapmış olduğu araştırmalar neticesinde adsorbsiyon kapasitesinin tamamına yakın kısmını kullanmak için 8x30 granüler karbon kolonunun beş veya daha fazla saat sistemde kalması gerektiğini belirlemiştir. Buradaki aynı karbonun toz halinde olanı ise aynı amaç için yarım saatten az sistemde kalması yeterlidir.

2.3.2. ADSORBATIN YAPISI

Adsorbat moleküllerinin bazı özellikleri difüzyon ve adsorbsiyon prosesini etkileyebilir. Adsorbatın çözünürlüğü diğer özelliklerinin arasında en önemli olanıdır. Çözünürlükteki artış adsorbat ve çözücü arasındaki büyük bağı yansıttığı gibi adsorbsiyon imkânını azaltır. Bu çözünürlük ve adsorbsiyon arasındaki ters orantılı ilişki LUNDELIUS'un kuralı olarak bilinir. Lundelius'un kuralı doğru olduğu kabul edilmesine rağmen istisnaları da vardır. Mesela, çok iyi çözünebilir özelliği olan klorasetik asit karbon üzerine iyi bir şekilde adsorbe edilebilir.

Moleküler büyüklük ve artan zincir uzunluğu ile organik bileşiklerin çözünürlüğünün azalması arasındaki genel ilişkilerden dolayı Traube'nin kanunu ile Lundelius kanunu arasında bir ilişki vardır. Ancak tabii ki Traube'nin kanunlarında istisnaları vardır. Molokül büyüklüğünün diğer önemli bir özelliği de adsorbsiyon Miktarı (hızı) ile alan ilişkisidir. Adsorbsiyona giren bileşikler, içinde adsorbat molokülleri küçüldükçe adsorbsiyon reaksiyonunun hızı artar. Adsorbatın çözünürlüğü artarsa adsorbsiyon azalır. Adsorbatın molekülü büyürse adsorbsiyon miktarı azalır.

Weber'in ispatladığı gibi, kimyasal bileşikler sınıfının büyük molekülleri, diğer bir sınıfın küçük moloküllerinden daha çabuk adsorbe edilirler. Moloküllerin fonksiyonel ve yapısal molokül grupları da karbon adsorbsiyonunu etkileyen önemli faktörlerdendir(13)(11)(8).

2.3.3. SICAKLIK (°C)

Genellikle sıcaklık değişimine su ve atıksu arıtma sistemlerinde karşılaşırlar. Ancak, 4 °C ile 60 °C arasındaki sıcaklık değişimlerinin adsorbsiyon kapasitesine ve hızına etkili olduğu Webr ve Marris tarafından ispatlanmıştır. Adsorbsiyon işlemi ekzotermik, difüzyon işlemleri ise endotermiktir. Bundan dolayı su artışına paralel olarak adsorbsiyon kapasitesi düşer. Sıcaklık daha çok adsorbat moloküllerinin iyonizasyonunu ve çözünürlüğünü etkileyecektir.

2.3.4. HİDROJEN İYONU KONSANTRASYONU(PH)

Genel olarak, hidrojen ve hidroksit iyonları karbon üzerine güçlü bir şekilde adsorblanırlar. Buna ilave olarak bir çözeltinin hidrojen iyonları konsantrasyonu iyonizasyon derecesini etkiler ve herhangi bir adsorbat çözücü sisteminde çözünürlülü artırır.

Bu yüzden çözeltinin PH'sının adsorbsiyon prosesi üzerine önemli etkileri vardır. Bu alandaki Weber, Zagorski ve Snoeyink'in çalışmaları göstermiştir ki, karbon fonksiyonel gruplarının yüzeyi çözeltinin PH tarafından etkilenmemiştir(13).

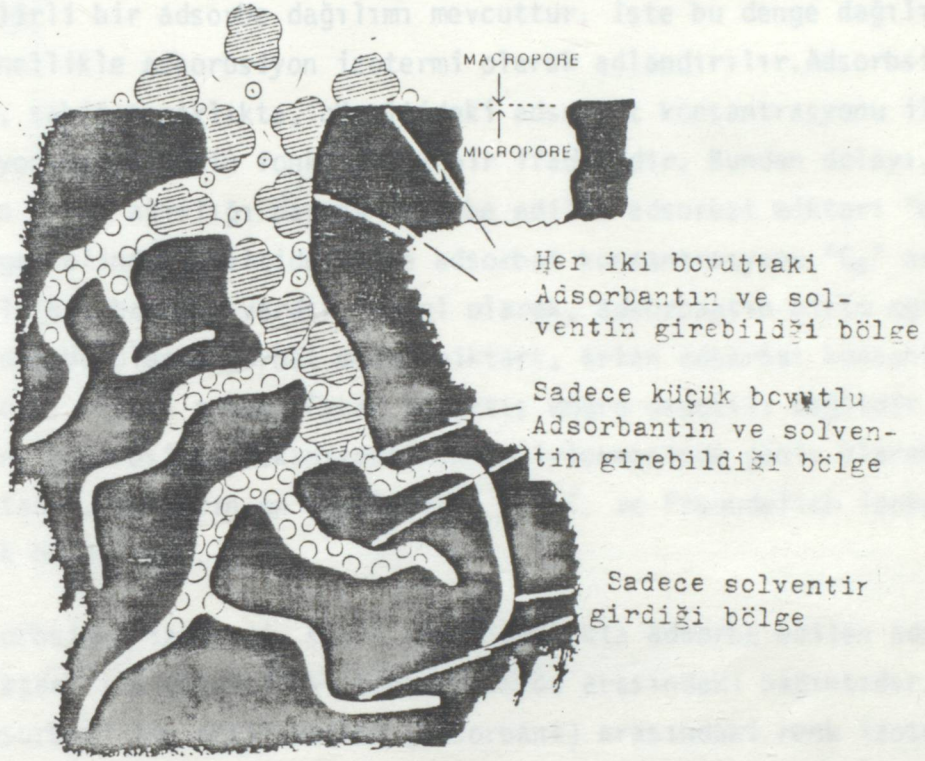
2.4. KARBON ADSORBSİYONUNUN PRENSİPLERİ

Aktif karbon adsorbsiyon işlemiyle sudaki organik maddelerin uzaklaştırılmasını sağlar. Karbon yüzeyinin kimyasal yapısı, organik maddelerin sudan adsorbsiyonunda nispeten az önemlidir, ve mümkün olabilen karbon yüzey alanı boyutunun yanında ikinci derece öneme sahiptir. Bu sebepten dolayı yüzey alanının büyük olması adsorbsiyon işleminde önemlidir. Granül aktif karbon tipik olarak 500-1400 m²/gr. arasında değişen bir yüzey alanına sahiptir. Aktif karbon su temininde tat ve koku problemi oluşturan organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında etkili olduğundan bu alanda kullanılması tercih edilir. Koku ve tat problemlerine ilave olarak organik maddelerin iz konsantrasyonları da içme suyunda uzun dönemli sağlığa zararlı etki yaptığı da belirtilmektedir.

Kömürden yapılan granüller karbonlar yoğun ve serttir. Bu sayede herhangi bir filtre hacminde, daha fazla adsorbsiyon kapasitesi elde edilebilir. Granüller karbon parçacıklarında adsorpsiyon için mümkün olan alanların çoğu aktivasyon prosesi sırasında oluşan karbon parçacıklarındaki boşluklarda mevcuttur, Poroz boşluklardaki moloküler boyutlar yüzey alanını büyük ölçüde artırır. Bir molokül belirli kritik'çaptan daha büyükse, boşluğa kolayca nüfuz edemeyecektir.

Böylece molekül boyutu belirleyen ve adsorbatın bir karakteristiği olan bu minimum çaptan küçük boyuttaki boşluklar tarafından elenmiş olacaktır. Ayrıca herhangi bir molokül için adsorpsiyonda etkili yüzey alanı sadece molekülün girebileceği boşluklardır.

Şekil 2.1 de solventteki iki farklı boydaki adsorbat molokülünün adsorbant madde yüzeyi içinde birbirleriyle rekabet etmesi durumu görülmektedir. Molokül ve boşluk boyutları düzensizlik gösterirken molokül hareket sabit olduğundan, ince boşluklar büyük moloküller tarafından doldurulamaz. Bu boşluklar küçük moloküller için bir serbest giriş alanıdır. Diğer bir faktör, küçük moloküllerin çok değişik boyutlarda olması bu moloküllerin, daha büyük moloküllerin ilerisine yayılmasını sağlar. Böylece öncelikle ince boşluklar, bu boyuttaki parçacıklarla dolacaktır(4).



Ş ekil 2.I. Adsorbantın boşluklarına iki farklı boyuttaki adsorbantın nüfusu

En zor adsorpsiyon olayı adsorbat madde molekülünün adsorbant madde boşluklarına eşit olduğu zaman meydana gelir. Moleküle kıyasla boşluklar daha küçük olursa, çekme kuvveti daha büyük olur. Ancak boşluklar adsorbe edilen moleküllerin girişine, zorluk vermeyecek veya adsorpsiyonu çok fazla azaltacak küçüklükte olamaz. Aktif karbonun boşluk yapısı adsorbe edici özelliklerin belirlenmesinde son derece önemlidir.

2.5. İZOTERM DENKLEMLERİ

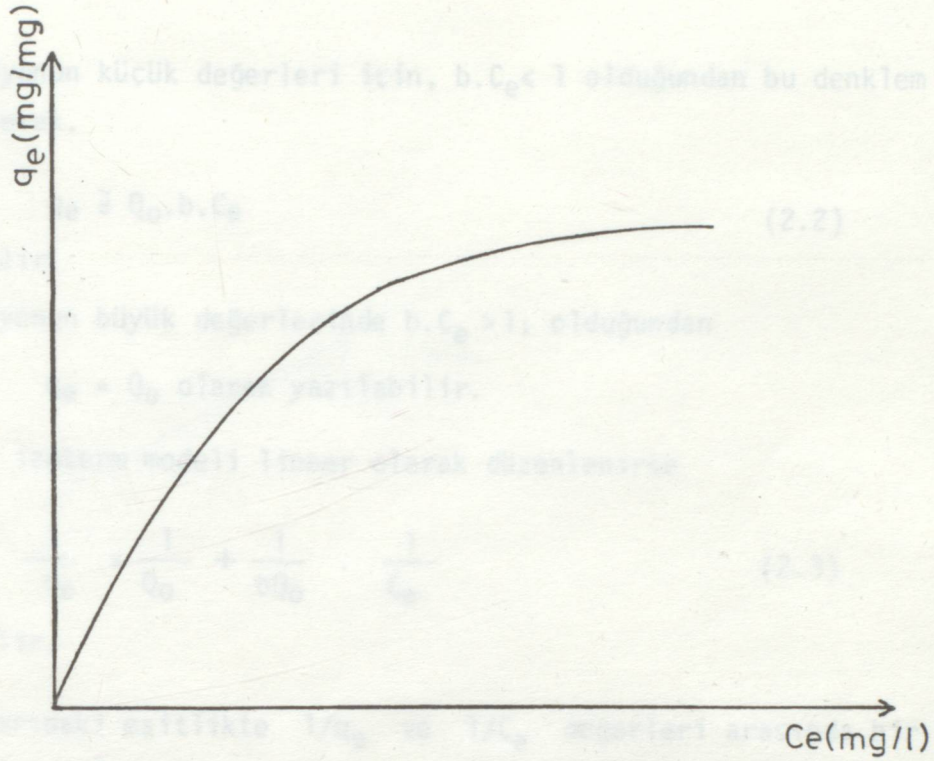
Adsorbsiyon hadisesi bir denge olayıdır. Yani kirleticinin (adsorbantın) tutulan miktarı kadar olan kısmı sudan giderilmiş olacaktır. Denge değerleri genellikle adsorbsiyon izotermi ile gösterilir. Bu izotermi de katının her birim kütlesi için adsorbladığı miktar ile çözelti içindeki adsorbatın konsantrasyonu arasında bir ilişki vardır.

Katı ve sıvı fazları arasındaki adsorbsiyon prosesi belli bir dengeye gelinceye kadar devam eder. Bu denge noktasında, bu iki faz arasında belirli bir adsorbe dağılımı mevcuttur. İşte bu denge dağılım oranı genellikle adsorbsiyon izotermi olarak adlandırılır. Adsorbsiyon izotermi, sabit sıcaklıkta, çözeltideki adsorbat konsantrasyonu ile adsorbsiyon değişiminin fonksiyonel bir ifadesidir. Bundan dolayı, adsorbantın birim ağırlığı başına adsorbe edilen adsorbat miktarı " q_e " ile, denge halinde çözeltide kalan adsorbat konsantrasyonu " C_e " arasında belirli bir bağıntı vardır. Genel olarak, adsorbantın birim ağırlığı başına adsorbe olan adsorbat madde miktarı, artan adsorbat konsantrasyonuna bağlı olarak artar. Fakat bu artış doğru orantılı değildir. Bu izotermiler adsorbsiyon mekanizmasının belirlenmesinde geniş olarak kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri, B.E.T. ve Freundlich izotermeleri olarak bilinirler.

Adsorbsiyon izotermi, sabit bir sıcaklıkta adsorbe edilen adsorbat madde miktarı ile çözeltideki konsantrasyon arasındaki bağıntıdır. Eğer renk (adsorbat) ile aktif karbon (adsorbant) arasındaki renk izotermi örnek olarak verelim. Renkli suya çeşitli miktarlarda aktif karbon atalım. Her gram aktif karbon ilavesini müteakip çözeltideki renk değişikliğini ölçelim. Suda kalan renk absiste, karbonun bir gramında tutulan renk ordinatta olacak şekilde eksen takımında işaretlenirse renk izoterm eğrisi elde edilir. (Şek.2.2.)

İzoterm üzerinde alınan herhangi bir nokta, belirli bir renk konsantrasyonu ve su sıcaklığında karbonun adsorbe edici kapasitesi olarak adlandırılır ve karbonun birim ağırlığının adsorbe ettiği renk miktarını verir. Çok sulu çözeltilerde (su temin tesisleri gibi) çizilen bir logaritmik grafik genellikle bir doğru oluşturur.

Bu tip izoterm testleri, belirli bir arıtmanın gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğine ve aynı zamanda karbonun uygulamadaki yaklaşık kapasitesini ve dozlanacak karbon miktarını çok kaba olmakla beraber gösterebilmektedir. İzoterm testleri, PH ve sıcaklığı, adsorpsiyon üzerindeki etkisinin nasıl belirleneceğini de gösterecektir.



Şek.2.2 Adsorbsiyon İzoterm Eğrisi

2.5.1. LANGMUIR İZOTERMİ

Langmuir, 1918 yılında, termodinamik düşünceden yararlanarak tek düzlemle adsorbsiyon prosesi için bir model geliştirmiştir. Bu model de üniform adsorbsiyon enerjisi sabit adsorsbsiyon sıcaklığı, adsorbant yüzeyi üzerinde adsorbat moloküllerinin doygun tek bir tabaka teşkil ettiği ve hareket etmediği kabulleri yapılmıştır. Langmuir modelinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi yazılmıştır.(13).

$$q_e = \frac{Q_0 \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte:

- q_e = Katı fazdaki adsorbat konsantrasyonu
- C_e = Çözelti fazındaki adsorbat'ın konsantrasyonu
- Q_0 = Tek tabaka halindeki adsorbant kapasitesi
- b = Sistemin termadinamiği ile ilgi bir katsayı

Adsorbsiyonun küçük değerleri için, $b.C_e \leq 1$ olduğundan bu denklem basitleştirilerek.

$$q_e \approx Q_0 \cdot b \cdot C_e \quad (2.2)$$

halini alır.

Adsorbsiyonun büyük değerlerinde $b.C_e > 1$; olduğundan

$$q_e = Q_0 \text{ olarak yazılabilir.}$$

Langmuir izoterm modeli lineer olarak düzenlenirse

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{bQ_0} \cdot \frac{1}{C_e} \quad (2.3)$$

elde edilir.

Yukarıdaki eşitlikte $1/q_e$ ve $1/C_e$ değerleri arasında bir grafik çizildiği takdirde $1/bQ_0$ doğrunun eğimi olacak ve doğrunun ordinatı kestiği nokta'da $1/Q_0$ olur. (Şek. 2.3).

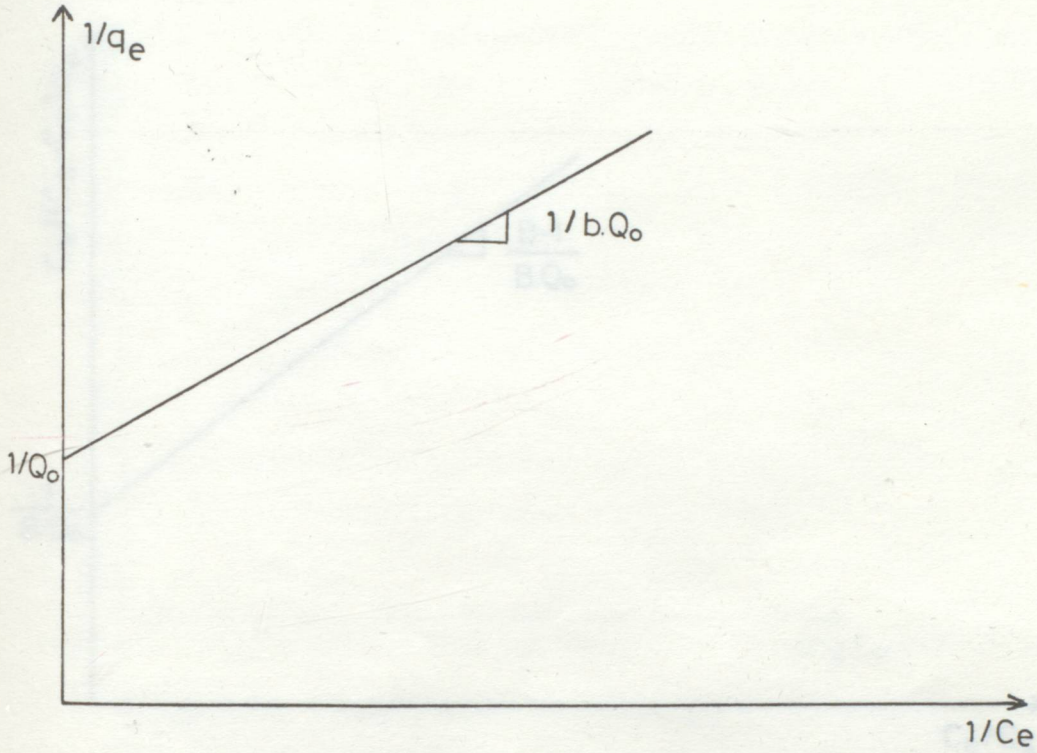
Literatürlerde verilmiş olan 4 çeşit denge durumu sözkonusudur.(16) Bu dengeler, değiştirilemez, elverişli lineer ve elverişsiz olarak tanımlanabilir. Bu sınıflama, sabit dağılım faktörü olarak bilinen R değerine göre yapılır(13)(8).

$$R = \frac{1}{1 + b.C_e} \quad (2.4)$$

Uygun denge durumunda R değeri 0 ila 1,0 arasında bulunur. Geri çevrilemeyen adsorpsiyonda R'nin değeri (0) dır. Uygun olmayan, elverişsiz denge halinde $R > 1$ dir. Eğer $R = 1$ ise izoterm lineer bir doğru tarif eder.

2.5.2. B.E.T İZOTERMİ

B.E.T. 1960 yılında katlı tabaka adsorbsiyonu modelini geliştirmiştir. Herbir tabakaya Langmuir izotermi uygulandığında, bu izoterm modelinde tabakalardan tümünün tamamlanmış olması şartı aranmaz. Bir tabaka doymadan diğeri başlayabilir.



Şekil 2.3. Longmuir izoterm eğrisi

İlk oluşan tabaka, sonraki tabakaların eşit enerjiye sahip olması varsayımı ile B.E.T. izotermi şöyle ifade edilebilir.

$$q_e = \frac{B \cdot C_e \cdot Q_0}{(C_s - C_e) \{1 + (B-1)(C_e/C_s)\}} \quad (2.5)$$

Burada; C_e : Adsorbatın doyum konsantrasyonu

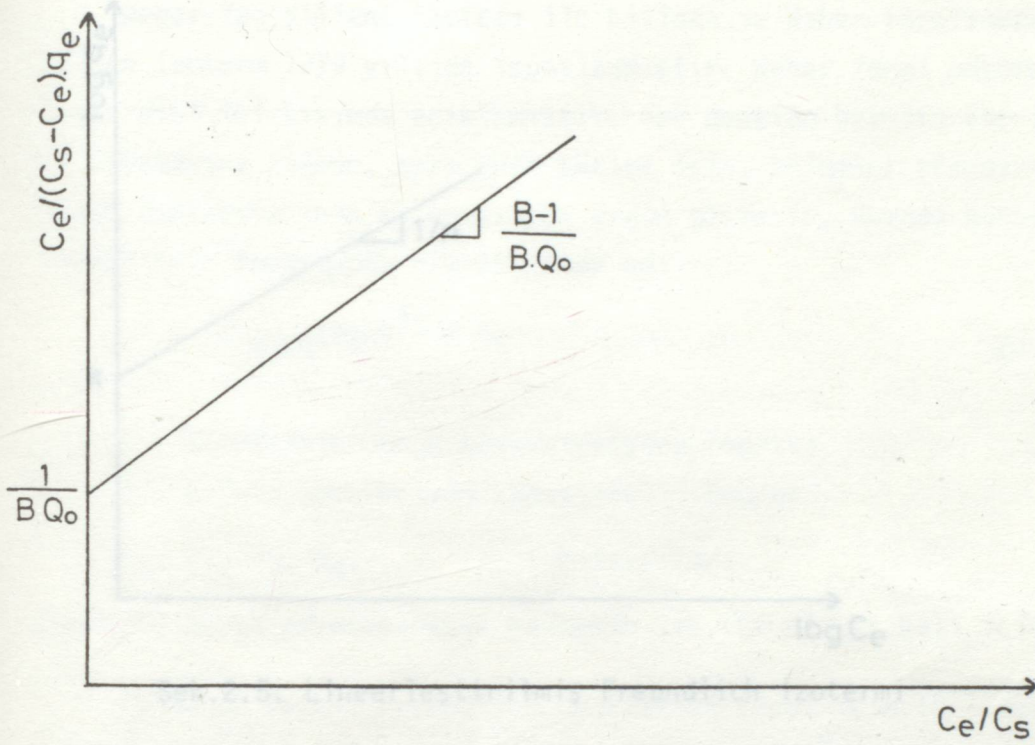
Diğer değişimler Langmuir izotermi gibidir.

Bu eşitlik lineer bir biçimde düzenlenirse

$$\frac{C_e}{q_e(C_s - C_e)} = \frac{1}{B \cdot Q_0} + \frac{(B-1)}{B \cdot Q_0} \cdot \frac{C_e}{C_s} \quad (2.6)$$

ifadesi bulunur. (Şek. 2.4)

$1/n$ değeri doğrunun eğimi olup, bu değer 0,3 ~ 0,7 arasında değişmektedir. (13)(6).



Şek. 2.4 Lineerleştirilmiş B.E.T izotermi (13).

2.5.3. FREUNDLICH İZOTERMİ

Freundlich, 1926 yılında geliştirdiği model ampiriktir ve langmuir eşitliğinde 'b' olarak ifade edilen enerji sabiti, heterojen yüzey enerjisi için özel bir durum olarak belirlenmiştir.

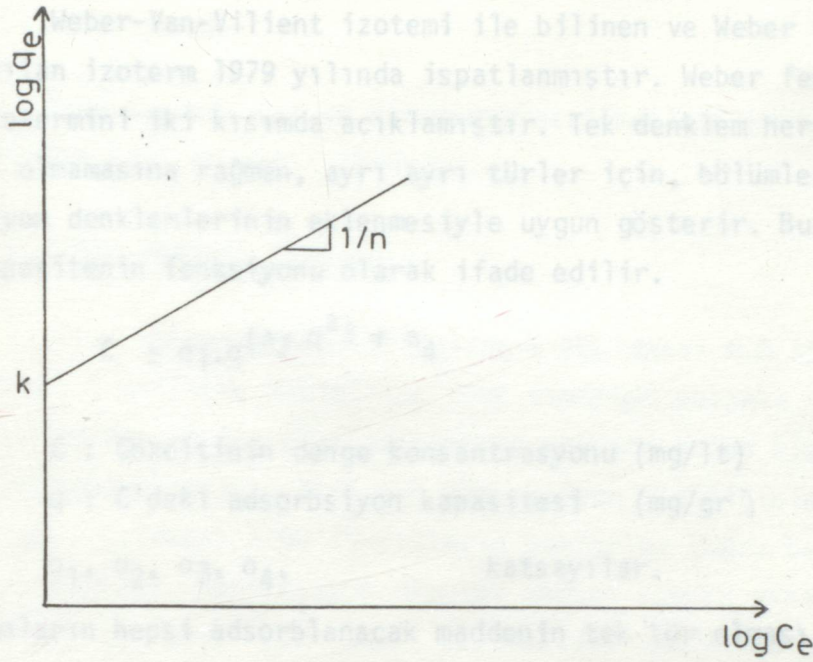
Freundlich eşitliğinin genel ifadesi

$$q_e = k \cdot C_e^{1/n} \quad (2.7)$$

Burada k ve n adsorbsiyon sabitleridir. Freundlich modeli, eşitliğin her iki tarafının logaritması alınarak lineer hale getirilebilir. (Şek. 2.5).

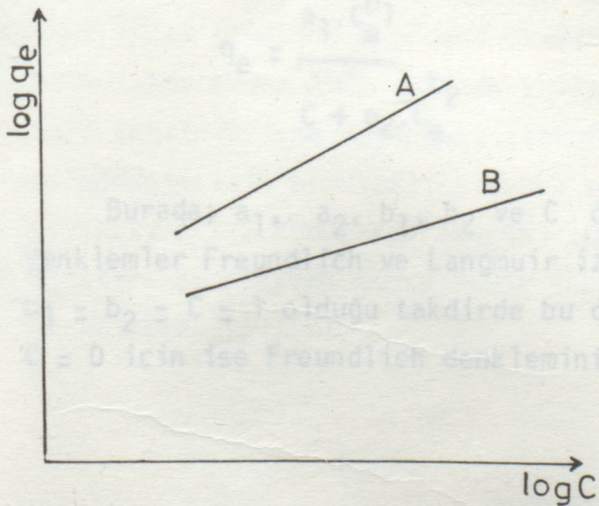
$$\text{Log } q_e = \text{log } k + \frac{1}{n} \text{log } C_e \quad (2.8)$$

1/n değeri doğrunun eğimi olup, bu değer 0,3 ~ 0,7 arasında değişmektedir. (13)(6).

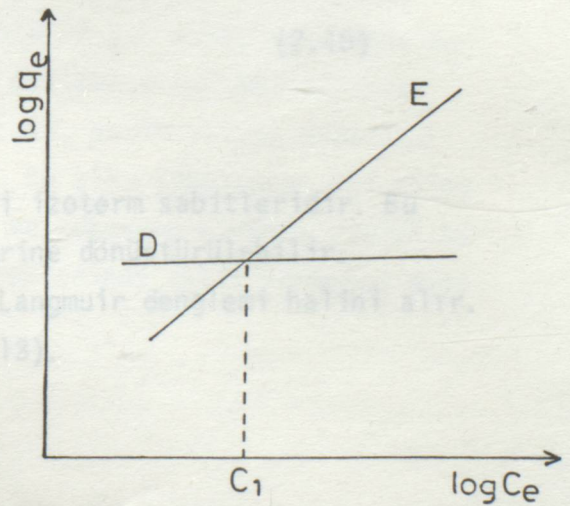


Şek.2.5. Lineerleştirilmiş Freundlich izotermi

Çeşitli aktif karbon numunelerinden uygun olanının seçiminde izotermelerden faydalanılabilir. (Şekil (2.6) deki iki aktif karbondan "A" ile gösterilen uygundur. Şekil (2.7) deki karar vermek için arzu edilen çıkış suyu kalitesine karar vermek gerekir. Eğer çıkış suyu kalitesi $C_e < C_1$ için E ile gösterilen aktif karbonu seçmek uygun olacaktır.



Şek. 2.6



Şek.2.7.

2.5.4 DİĞER İZOTERM MODELLERİ

Weber-Van-Vilient izotemi ile bilinen ve Weber tarafından ortaya atılan izoterm 1979 yılında ispatlanmıştır. Weber fenol adsorbsiyon izotermi iki kısımda açıklamıştır. Tek denklem her iki tür için yeterli olmamasına rağmen, ayrı ayrı türler için, bölümler standart adsorbsiyon denklemlerinin eklenmesiyle uygun gösterir. Burada konsantrasyon kapasitenin fonksiyonu olarak ifade edilir.

$$C = a_1 \cdot q (a_2 \cdot q^{a_3} + a_4) \quad (2.9)$$

C : Çözeltinin denge konsantrasyonu (mg/lt)

q : C'deki adsorbsiyon kapasitesi (mg/gr)

a_1, a_2, a_3, a_4 , katsayılar.

Bunların hepsi adsorblanacak maddenin tek tür olması hali için geçerlidir.

Fritz üç farklı Freundlich denklemini fenol için 10^{-4} den 10^{-2} mol/m³; 10^{-2} den 0,5 mol/m³ ve 0,5 den 10 mol/m³'e artan üç farklı konsantrasyon aralığında uyguladı. Buradan k_f ve n sabitlerinin artmasına paralel olarak konsantrasyonunda arttığını görmüştür(13).

Radke ve Prausnitz ise kendi bulmuş oldukları verilerle Langmuir veya Freundlich denklemleri arasında uygun bir denklik saptayamamışlardır. Onlar aşağıdaki izoterm denklemini vermişlerdir.

$$q_e = \frac{a_1 \cdot C_e^{b_1}}{C + a_2 \cdot C_e^{b_2}} \quad (2.10)$$

Burada; a_1, a_2, b_1, b_2 ve C değerleri izoterm sabitleridir. Bu denklemler Freundlich ve Langmuir izotermine dönüştürülebilir.

$b_1 = b_2 = C = 1$ olduğu takdirde bu denklem Langmuir denglemi halini alır.

$C = 0$ için ise Freundlich denklemini verir(13).

3. BÖLÜM

AKTİF KÖMÜR

İçme suyunda tat ve kokunun giderilmesinde kullanılan en önemli maddelerden biri de aktif kömürdür.

3.1. AKTİF KÖMÜRÜN TARİHÇESİ

Aktif karbonun ilk kullanılmaya başlaması M.Ö.1550 yıllarına kadar uzanır. O yıllarda Mısırlılar odun kömürünü suların islahı için kullanırken, kömürün su ile olan temasından meydana gelen kimyasal olaylardan tamamen habersizdiler. Karbonun adsorbsiyon özelliğinin bilimsel olarak gelişmeye başlaması 1700'li yılların sonlarına doğru başlamıştır. 1773 yılında Scheele, adsorbsiyon olayını mangal kömürü vasıtasıyla gazın havadan ayrıştırılması hakkındaki çalışmaları esnasında keşfetmiştir. 1785 yılında Lowits odun kömürünü sıvıların renklerinin açılmasında kullanmıştır. Daha sonraları, karbon, şeker kamışından yapılan şekerin rafinerisinde kullanılmıştır (13)(9).

1883 yılında A.B.D'de 22 adet odun kömürü filtresi kullanılmakta iken bilahare bunlar terkedilmiştir. Zira mangal kömürünün adsorbsiyon özelliği az olduğundan suyun tat ve kokusunda fazla bir değişiklik olmamaktadır. Kömürün aktif hale getirilmesi, onu tekrar içme suyu sahasında kullanılır hale getirmiştir. Aktif karbon ilk defa 1913 yılında A.B.D.'de piyasaya sürülmüş ancak pahalı bir proses olması nedeniyle 17 yıl süreyle kullanılmamıştır. Daha sonra 1920 yılında kullanılmaya başlanmış ve 1927 yılında Şikago şehrinin içme suyundaki klorofenol kokusu, yarım milyon dolarlık gıda maddelerinin bozulmasına sebep olmuştur. Bu olay sırasında, iki salam fabrikası, aktif kömür kullanarak, suyun tat ve kokusunu elimine etmeyi başarmıştır. Bu olaydan sonra şehir şebeke sistemlerinde aktif karbonun değeri artmıştır. (13)(9).

2. AKTİF KARBONUN ELDE EDİLMESİ

1930 yılında ilk Jefa Baycity, Michigan'da daneli Aktif karbonla filtre yapılmıştır. Bu filtreler işletme ve verim bakımından çok iyi bulunmuştur, fakat sanayi atıkları ile kirlenmiş yüzey sularının tasfiyesinde toz şeklindeki aktif karbonun üstünlüğe sahip olması sebebiyle daneli aktif karbonla teşkil edilmiş filtreler terk edilmiştir. Aktif karbonun toz şekli, istenilen dozajın daha iyi şekilde elde edilebilmesi ve tasfiyenin daha kolaylıkla yapılabilmesi bakımından üstünlüğe sahiptir.

Karbon endüstrisine aktivite kazandıran olayların en büyüğü 1. Dünya Savaşı olmuştur. Kimyasal aşınmayı önleyen aktif karbon gaz maskesi yapımında kullanılmaya başlanmıştır. 1. Dünya Savaşından zamanımıza kadar aktif karbonun üretimi yeni boyutlar kazandırmıştır. Günümüzde aktif karbon, aktif çamur sistemlerinde meydana gelen kokuların giderilmesi, atık ve içme suyu arıtılmasında da kullanılmaya başlanmıştır. Bugün A.B.D. ve Kanada'da 1200'den fazla içme suyu şebeke sisteminde aktif karbon kullanılmaktadır. (13)(9)

3.2. AKTİF KARBONUN ELDE EDİLMESİ

Aktif kömür linyit, kağıt fabrikası artıkları, testere tozu, meyve kabukları, tezek ve petrol artıkları gibi bir çok karbon içeren maddelerin önce kapalı bir kaptaki ısıtılması ve sonra da hava veya buharla okside edilmesi suretiyle iki kademe imal edilir.

Birinci kademe hammadde, tercihen 500°C sıcaklığın altında ön karbonizasyon işlemi ile odun kömürü gibi kömür haline getirilir. İkinci kademe olarak bu kömür 800°C den yüksek bir sıcaklıkta yavaş-yanma işlemine tabi tutulur. Bu işlem aktifleştirme (oksidasyon) işlemidir. Kalitenin her zaman iyi olması için bu işlemin çok iyi yapılması gerekir. Aktif hale getirmekten maksad kömürdeki hidrokarbonları yok ederek onun organik maddeleri daha iyi çekmesini sağlamaktır. Aktif karbon fevkalade gözenekli (porus) bir maddedir ve serbest valanslı birçok karbon atomlarına sahiptir.

Aktivasyon işlemi yapılırken genellikle oksidasyon gazları (CO₂, buhar ve hava) kömür parçalarıyla daha çabuk reaksiyona girerler. Aktivasyon işleminin sıcaklığı yakından takip edilmelidir, çünkü bu karbonizasyon işlemi sırasında karbon kristallerinin köşelerinde bulunan çatlaklar ve kristal parçalarında reaksiyon devam etmez (5)(11).

Aktif karbonlar arasındaki farklılıklar, başlangıç maddesi olarak kullanılan ve içinde karbon ihtiva etmeyen artıklarda bulunan maddelerin özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Bunlara ilave olarak, belirli özelliklerde istenilen aktif karbonun elde edilmesinde ilave maddeler kullanılabilir.

İstenilen yapı ve özellikteki karbonun üretimi için seçilen ilave maddeler kullanılabilir veya nazırlık şartları değiştirilebilir. Nihayi ürünün belirli özelliklerde elde edilebilmesi için prosesin CaCl₂, MgCl₂, ZnCl₂ veya bir çok benzeri maddelerin biriyle katolize edilmesi gerekir. Klor, Dolomit, Sülfat ve diğer benzeri maddeler ile aktivasyon süresince kömürün arıtılması işlemi, karbona belirli özellikler vermek ve aktivasyon işlemini katolize etmek suretiyle kullanılabilir.

Karbonizasyon ve aktivasyon prosesleri, bazen ayrı ayrı işlemler olarak değil de, bir adımda işleme konur.

Aktif karbon Granül ve ince toz halinde olmak üzere 2 şekilde imal edilir.

3.2.1. GRANÜL AKTİF KARBON

Granül aktif karbon bir çok tür karbon içeren hammaddeden yapılabilir. Genelde, yapım işlemi ham organik maddenin seçimi, dihidretasyonu, karbonizasyonu ve son olarak ta büyük miktarda boşluk yapısı oluşturmak için yapılan aktivasyon işlemi olarak sıralanabilir.

A.B.D.'de 46 tane su arıtım tesisinde G.A.K. kullanılmaktadır. (AWWA, 1979). Bu tesislerde, GAK, içme suyundaki tat ve koku giderimi için kullanılmaktadır.

Kömürden elde edilmiş granüle karbonlar su arıtım filtrelerinde veya temas tanklarında kullanılması için en iyi fiziksel karaktere sahiptir (13)(14).

3.2.2. TOZ ŞEKLİNDEKİ AKTİF KARBON

Aktif karbon toz halinde tatbik edilebilir.veya karbon filtrelerinde filtre malzemesi olarak kullanılabilir. Toz halindeki aktif karbon tatbikatta, tasfiye tesisinde filtrasyondan önce herhangi bir noktada suya verilebilir. Toz aktif karbon (T.A.K) içme suyu tesislerinde 50 yılı geçkin süredir başarıyla kullanılmıştır. Bu tip kullanımda T.A.K. dozajı genellikle 1 veya 5 mg/l aralığındadır. Bu miktar tat ve koku probleminin fazla olduğu durumlarda 20-30 mg/l ye kadar yükseltilebilir. Genellikle T.A.K. rejenerasyona tabi tutularak tekrar kullanılmazlar. Bazı sularda T.A.K. koagülasyon ve filtrasyon görevi de yapabilir. Bu karbonun en az 50 yıldan beri kullanıldığı bilinmekte olup herhangi bir zararlı etkisi rapor edilmemiştir.

3.3. Granüler aktif karbonun fiziksel özellikleri; tozluluk derecesi, parçacık boyutu ve kırılmaya direnç gibi işlerde önem taşımaktadır. Parçacıkların boyutu elek analizleriyle belirlenebilir. Karbonun yoğunluğu basitce karbonun hacmi başına düşen ağırlık değeridir. Su arıtımı için uygun bir granüler karbonun Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Granüler Karbonun Tipik Özellikleri (1966 Calgon Bülteni)

Aktif Karbon Özellikleri	Birimi	Filtrisorb			
		100	200	300	400
Toplam YüzeY Alanı	m ² /g	800-900	800-900	950-1050	1000-1200
Yatak Yoğunluğu	kg/m ³	481	481	-	-
Bulk yoğunluğu	kg/m ³	-	-	417	417
Partikül Yoğunluğu	g/ml	1,4-1,5	1,4-1,5	1,3-1,4	1,3-1,4
Ana Partikül Çapı	mm	-	-	1,6	1,0
Üniformluk Ölçüsü	mm	0,8-0,9	0,55-0,65	0,8-0,9	0,55-0,65
Üniformluk Katsayısı	-	1,9	1,7	1,9	1,9
Aşınma Katsayısı	-	87	83	80	80
İyot Sayısı	-	875	875	975	1100
Kül, max. %	%	4	4	5	5
Paket.olarak nem	%	0,5	0,5	0,5	0,5
Gözenek Hacmi	ml/gr	-	-	0,85	0,94

Filtre ve temas tankı boyutlandırılmasındaki birleşmeler için karbon parçacıkları boyut dağılımı önem taşır. Eğer karbon çift ortamlı bir filtrede antrasit kömürüyle değişmeli kullanılırsa filtrasyon ve geri yıkama karakterlerinde kömüre benzerlik göstermektedir.

3.3. AKTİF KARBONUN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Aktif karbonun yapısı ayrıntılı olarak incelenmemiş olmasına rağmen gerekli bilgi, kömür tozunun (siyah karbonun) yapısı hakkındaki mevcut bilgilerden çıkarılabilir. Aktif karbon ile normal karbon arasında çok az kimyasal fark vardır. Görülebilen tek fark (Fiziksel) ise, siyah karbonun daha az iç yüzey alanına sahip olmasıdır. İdeal bir grafitin yapısı birleşmiş altıgenlerden oluşan sınırsız tabakalı bir sistemden meydana gelmiştir. Herhangibir tabaka içindeki karbon-karbon bağı 1/3 lük çift bağ karakteri ortaya koyar. Karbonun 4 elektronundan 3 tanesi komşu atomlarla düzenli kovalent bağ oluşmasını sağlar. Dördüncü karbon bağı birçok valans veya bağ yapısı arasında hareket eder. Paralel tabakalar zayıf Van-der Waals kuvvetleriyle bir arada tutulurlar. Hammadde karbonizasyonu sırasında karbon atomlarının birleşmiş altıgen halkası içeren mikrokristal yapıdaki küçük aromatik çekirdekler oluşur. Mikrokristallerin yapısı grafitin yapısına benzemekle beraber birçok yönden farklılık gösterir.

İlk olarak kömürün üzerindeki büyük gözenekler, Mikrokristal yapıdaki karbonların reaktif metaryellerin yanması neticesi oluşurlar. İkinci olarak küçük gözenekler Mikrokristal yapılu düzlemlerin yakılmasıyla oluşturulur. Küçük gözenekler toplam yüzeyin % 95'ini teşkil eder. Büyük gözenekler ve diğer kısımlar yüzeyin ancak % 5'ini oluşturur.

Aktif karbon, ister daneli, ister toz halinde kullanılsın fiziki bir tutma (adsorblama) şeklinde etki eder. Kimyasal bir reaksiyon yapmaz. Gazları ve inorganik maddeleri hemen adsorbe eden karbon, koku ve tad kontrolünde kullanılması esnasında organik maddeleri de tutar. Bundan dolayı karbon, oksidasyonla zararsız hale gelen, suya koku veren gazolin, kerosen gibi organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında faydalıdır.

Su tasfiyesinde kullanılan karbonun yüzey alanı 500 ila 1500 m²/gr arasında değişir. Suyu kirleten maddeler yüzey alanında tutulacağından, yüzey alanı giderme verimine tesir eder. Yüzey alanı yanında verime tesir eden bir diğer parametre gözenek büyüklüğüdür. Gözenekler silindirik veya konik şeklinde olabilir. Granül aktif karbonun partikül çapı 0,5-4,0 mm arasında değişir. Gözenek çapı 0,1-10 µm. arasındadır.

Yüzey alanı ve gözenek büyüklüğünden başka, tutulacak maddelerin cinsi, su sıcaklığı ve PH gibi birçok parametreler ne kadar düşüğe o kadar iyi netice almak mümkündür. Aktif karbon sadece organik maddelerin uzaklaştırılması değil, birçok inorganik maddenin uzaklaştırılmasında da kullanılmaktadır.

Aktif karbon 37⁰C'de pratik olarak herhangi bir organik Solventi adsorblamakta ve 120⁰C veya daha yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığı zaman adsorbladığı maddeyi bırakmaktadır. (Yapılan araştırmalara göre 1 m³ taze aktif karbon 10⁵ m³ suyu tasfiye edebilmektedir. Aktif karbon çok büyük ölçüde kimyasal maddeleri adsorbe ederek bilinen ve bilinmeyen maddelerden ötürü suda bulunabilecek sağlık riskini de azaltacaktır.

Aktivasyon ve karbonizasyon prosesi esnasında eklenen veya başlangıç maddesinin içinde var olan inorganik aktif karbon muhtevası, karbonun belirli önemli özelliklerine sahiptir. Bu gibi etkiler karbon yüzeyi üzerinde verilen oksidasyon ve formasyon kısaltma reaksiyonları ile belirlenebilir. Buna ek olarak, karbon içindeki inorganik madde hazırlık safhasındaki ısıtmadan dolayı oluşan üniform gerilme dağılımını sağlar. Bu ise gözeneklerin formasyonunu üniform olmaktan çıkarır.

Oksijen gazının veya aktivasyondan sonraki oda sıcaklığında adsorbe edilebilen oksijenin kimyasal adsorbsiyonu ile bu gibi yüzey oksijen kompleksleri aktivasyon prosesi sırasında aktif karbona ilave edilebilir. Şayet başlangıç malzemesi oksijen ihtiva ederse, bu madde aynı zamanda mikrokristal yüzeye nüfus edebilir.

Yüzey oksidlerinin bir kısmı bazik karakterde olmasına rağmen, çoğunluğu asitik karakterlidir. Oksit yüzeylerin çoğu karakter olarak asitiktir. Asitik oksitlenmiş yüzeyleri 4 gruba ayırır.

- 1- Kuvvetli asidik karoksil grubu
- 2- Daha zayıf asidik karoksil grubu
- 3- Fenolik hidroksil grubu
- 4- Karbonil grubu

Eğer ön kloriana da karışım odasından yapılıyorsa, yani klor ile aktif karbon yüzeyine tabii ediliyorsa, bir miktar klor kaybı olur.

Aktif karbon, ıslak halde korozif özelliğe sahiptir, bu yüzden P.V.C. kaplar veya paslanmaz çelik tanklarda muhafaza edilmelidir.

Aktif karbonun önemli özelliklerinden biri de taşıdığı elektrik yüküdür. Yani elektriği taşır ve geçirir. Aktif karbonun büyük bir kısmı saf su da askıda halde iken pozitif kutba doğru hareket eder. Bu yüklenme, karbonun hazırlanmasındaki metoda bağlı olarak değişir. Karbonun mineral içeriği ve aktivasyonun sıcaklığı elektrik yükünü etkilediği belirlenmiştir.

Toz şeklindeki aktif karbonu suya verirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

- 1- Düşük PH değerleri aktif karbon için daha uygundur.
- 2- Bazı kimyevi maddeler, bilhassa yumaklaştırıcılar tarafından aktif yüzeyin kapatılmasına karşı tedbir alınmalıdır.
- 3- Eğer ön klorlama veya kırılma noktası klorlaması şeklinde bir klorlama yapılıyorsa, aktif karbon, kloru etkisiz hale getirdiğinden, klor ilavesi ile aktif karbon ilavesi arasında belirli bir sürenin bulunması gerekir. Bu süre 20-30 dakika civarında olabilir.

Aktif karbonun, su alma yapısından hemen sonraki tatbiki, daha iyi bir dağılma ve uzun temas süresi sağlar. Esasen asgari temas süresi 15 dakika olmalıdır. Bu sürenin daha büyük olması (Mesela 1 saat'de kadar) ilave faydalar sağlar. Aktif karbon esas itibariyle koku ve tat kontrolünde kullanılmasına rağmen, yumaklaştırma işleminde yumaklar için bir çekirdek vazifesi görmesi bakımından yumaklaştırmaya yardımcı madde olarak da kullanılmaktadır.

Pekçok hallerde aktif karbon, karıştırma odasından suya verilir. Ancak bu durumda aktif karbonun adsorplama kabiliyeti tam olarak kullanılmaz. Çünkü yumaklaştırıcı olarak kullanılan kimyevi maddelerin aktif karbonun yüzeyini kaplaması hadisesi ortaya çıkar. Keza yumaklaştırma veya yumuşatma işlemi için kireç kullanılıyorsa PH yükselir, bu ise aktif karbonun verimi üzerine ters tesir yapar.

Eğer ön klorlama da karışım odasından yapılıyorsa; yani klor ile aktif karbon yan yana tatbik ediliyorsa, bir miktar klor kaybı olur.

Aktif karbon, ıslak halde korozif özelliğe sahiptir, bu yüzden P.V.C. kaplar veya paslanmaz çelik tanklarda muhafaza edilmelidir (6)(8)(11)(13).

3.4. AKTİF KARBONUN KULLANILDIĞI YERLER VE UYGULAMALARI

İçme suyunda tat ve koku problemini yok etme bakımından aktif kömür muvaffakiyetle kullanılmaktadır. Bazı durumlarda tespit edilen başarısızlıklar yeterli doz tatbik edilmemesinden veya tatbik noktasının iyi seçilmemesinden ileri gelmektedir.

Her tesis için seçilecek tatbik noktası başka başkadır. Aktif kömürün kullanılmasında iki önemli husus daima göz önüne alınmalıdır.

1- Nispeten az dozla fazla miktar suyu işleme tabi tutmak gerekir. Bu bakımdan suya ilave edilen kömürün, her tarafa yayılmasını temin etmek gerekir.

2- Kömürün temas süresi 15-20 dakika olmalıdır.

Aktif karbon içme suyu arıtımında bulanıklık, renk organik madde, koku ve klor giderilmesi gibi işlemlerinde kullanılabilir.

Geçmişte aktif karbon sadece tat ve koku veren organik maddelerin kontrol edilmesi işleminde kullanılmıştır. Başlıca amaç halk sağlığından ziyade estetik özelliklerdir. Su da koku ve tat kontrolü için gereken karbon miktarı az, gerekli temas süresi kısadır. Bu etkenler granüler aktif karbonun yerine toz aktif karbonun kullanılmasında etkili olmuştur.

Bu etkenler su tüketicilerinde uzun süreli aktif etki göstermeden hastalık yapıcı etki meydana getirebilir.

Bu geniş, sentetik organik maddelerin gelişimi sulara bulunan bu gibi organiklerin çok düşük konsantrasyonlarını dahi belirleyebilen çok iyi hazırlanmış, hassas aletlerin, gelişimiyle ilerleme göstermiştir. İzleme kapasitesi hızla milyonda birden, milyarda bire, hatta daha ileri hassaslıklara kadar arttırılmıştır. Bazı kimyacılar, yakın gelecekte su da bulunan bu maddelerin tek tek moleküller halinde belirlenebileceğini iddia etmektedirler.

Organik maddelerin iz miktarlarının belirlenmesinde hassas aletlerin bulunuşu bir süprizdir. Kuyudan su temini kaynaklarındaki incelemeler, aldehitler, ketonlar, humik bileşikler ve benzer doğal oluşumlu organiklerin dünya çapındaki mevcudiyetini ortaya çıkarmıştır. Bu malzemelerin bir kısmı ve de kuyu sularındaki bazı organik kirleticiler içme suyundaki klorla reaksiyona girerek trihalometanlar ve diğer istenilmeyen klorlu hidrokarbonları oluştururlar. Bu nispeten tehlikeli olan durum, halk sağlığı uzmanlarının ve su tüketicilerinin şu günlerde ilgisini çeken bir konu haline gelmiştir.

Tablo 3.2.'de Aktif karbon ile inorganik maddelerin arıtılabilmeme dereceleri verilmiştir.

Asitlik	Düşük konsantrasyonda iyi
Alüminyum	Düşük PH'da iyi
Bakır	İyi
Bor	Orta
Brom	F^{-} olarak iyi F^{-} olarak kötü
Çinko	Çok az
Çelik	Çok az
Çiğirtiler	Kuvvetli adsorbantır ve stabildir.
Çiğirtiler	Çok kuvvetli adsorbantır ve stabildir.
Çiğirtiler	Ortalık miktarda adsorbansız

3.5. AKTİF KARBON FİLTRELERİ

Tablo 3.2. Aktif karbon ile inorganik maddelerin arıtılabilirliği

Madde	Arıtılabilirliği
Antinom	Çok iyi adsorblanabilir.
Arsenik	Yüksek oksidasyon düzeylerinde daha iyi
Bizmut	Çok iyi
Krom	İyi
Kalay	Çok iyi
Gümüş	Karbon yüzeyinde redükte olur
Civa	CH_3HgCl olarak iyi
Kobalt	Düşük konsantrasyonlarda iyi
Zirkonyum	Düşük PH'da iyi
Kurşun	İyi
Nikel	Orta
Demir	F^{-3} olarak iyi F^{-2} olarak zayıf
Bakır	Çok az
Çinko	Çok az
Cl_2	Kuvvetle adsorblanır ve stabildir.
I_2	Çok kuvvetli adsorblanır ve stabildir.
Cl^{-} , Br^{-} , I^{-}	Önemli miktarda adsorblanamaz

1- Aktif karbon filtrelerinden geçirilecek su, temiz bir görünümde sahip bulunmalı; bulanıklığı giderilmiş olmalıdır. Aksi halde karbon yatağı kirleşecektir.

2- Suda demir ve mangan konsantrasyonları çok düşük (0.1 mg/l) olmalıdır. Aksi halde filtre yatağında çökecek demir ve mangan yunakları filtre yatağının kirleşmesine sebep olurlar. Bu sorun kirleşmenin geri yıkama ile giderileceği takdirde tutulabilir.

3- Su $CaCO_3$ bakımından denge de olmalı; suya CO_2 eklenerek agresif karbondioksit ihtiva etmelidir. Aksi halde $CaCO_3$ çökelerek, aktif karbonun yüzeyini kaplar bu durum aktif karbon desorpsiyon kapasitesini azaltır.

3.5. AKTİF KARBON FİLTRELERİ

Kolay tatbik edilmesi, ilave yatırım maliyetine ihtiyaç göstermemesi, fiyatının ucuz olması bakımından pek çok içme suyu tesisinde aktif karbon tozu, aktif karbon filtrelerine tercih edilmektedir. Ancak karbon tozunun bazı mahsurları vardır. Mesela emniyet için bazen, gereğinden fazla aktif karbon kullanılmaktadır. Ayrıca lüzumlu dozajın periyodik olarak tayin edilmesi lüzumu vardır. Bu mahsurlar karbon filtrelerinde yoktur.

Karbon filtreleri, aşağı akışlı veya aşağıdan yukarıya akışlı olarak işletilebilir. Filtre hızları, hızlı kum filtrelerine yakın veya biraz daha büyük seçilebilir.

İçme suyu tatbikatında basınçlı karbon filtreleri daha çok kullanılır. İçme suyu için kullanılan filtrelerin çapları 3,6 ~ 5 m civarındadır. Karbon derinliği 2~3 m olmalıdır.

Ekseriye 1 m³ karbon ile 10⁵ m³ su tasfiye edilebilmektedir. Aktif karbon, belli bir süre kullanıldıktan sonra yenilenmelidir. Aktif karbon filtreleri normal olarak su tasfiye tesisinin sonunda kullanılır.

Karbon filtrelerinin kullanılmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

1- Aktif karbon filtrelerinden geçirilecek su, temiz bir görünüme sahip bulunmalı, bulanıklığı giderilmiş olmalıdır. Aksi halde karbon yatağı kirlenecektir.

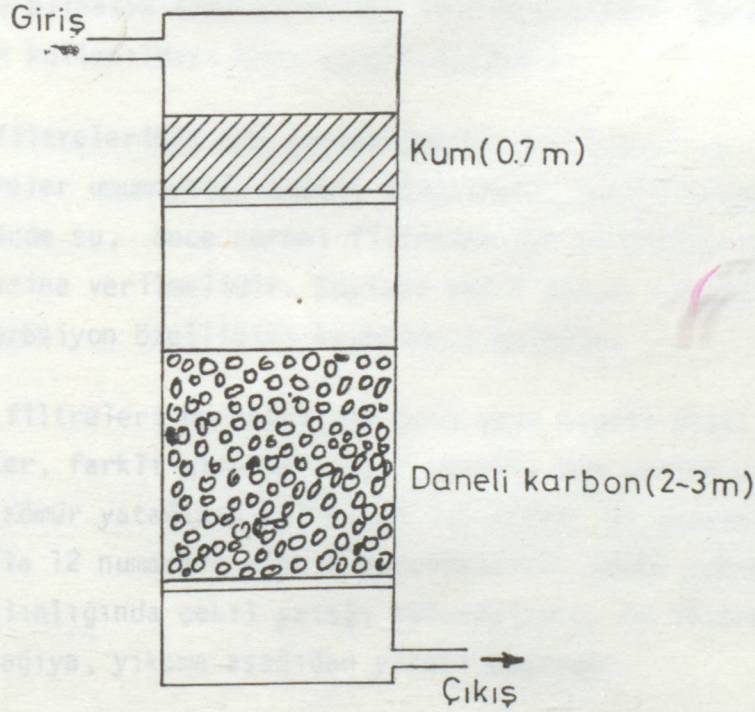
2- Suda demir ve mangan konsantrasyonları çok düşük (<0,1 mg/l) olmalıdır. Aksi halde filtre yatağında çökecek demir ve Mangan yumakları filtre yatağının kirlenmesine sebep olacaktır. Bu çeşit kirlenmenin geri yıkama ile giderileceği hatırd tutulmalıdır.

3- Su, CaCO₃ bakımından denge de olmalı veya bir miktar agresif karbondioksit ihtiva etmelidir. Aksi halde CaCO₃ çökerek, aktif karbonun yüzeyini kaplar bu durum aktif karbon daneciklerin aktivitesini azaltır.

4- Daneli aktif karbondan teşkil edilen filtre yatağında, bakteri ve diğer organizmaların çoğalması mümkündür. Çünkü suda az miktarda olan besin maddeleri aktif karbon yüzeyinde tutunarak, mikro organizmaların çoğalmasına uygun ortam doğurur. Bundan dolayı aktif karbon filtresinden geçmiş suyun dezenfekte edilmesi gerekir.

5- Filtrenin çelikten yapılması halinde korozyon durumu dikkate alınarak, plastikte kaplama gibi tedbirler alınmalıdır.

Şekil 3.1.'de Klasik bir karbon filtresinin şematik şekli görülmektedir.



Şekil 3.1. Aktif Karbon Filtresi

Aktif karbondan Sonra Su Kalitesi :

- A- Aktif karbondan sonra Fe konsantrasyonu $\leq 0,03$ mg/lt
- B- KOI $\approx 0\sim 2$ mg/lt
- C- TOK < 1 mg/lt
- D- Fenol muhtevası çok düşüktür.
- E- Deterjanlar ise % 70-80 oranında tutulur.

İçme suyunda tat ve kokunun giderilmesi bakımından granül aktif kömür filtreleri de kullanılmaktadır. Daha ziyade, lezzetin çok önemli olduğu meşrubat ve yiyecek, endüstri suyu ihtiyacının temininde granüler aktif kömür filtreler kullanılabilir. Ayrıca cüz'î tat ve kokuları gidermek üzere belediye tesislerine granüler aktif karbon ilave edilir. Kömür filtrelerine bilhassa Almanya'da çok rastlanmaktadır. Burada toz halindeki kömürün kullanılması daha yaygın haldedir.

Kömür filtrelerinde kum yerine granül aktif kömür kullanılmakta ve bu tip filtreler umumiyetle kapalı olmaktadır. Ancak bulanıklığın fazla olduğu hallerde su, önce normal filtreden geçirildikten sonra aktif kömür filtrelerine verilmelidir. Böylece aktif kömür içindeki boşlukların dolarak adsorbsiyon özelliğini kaybetmesi önlenir.

Karbon filtreleri her bakımdan açık veya kapalı hızlı kum filtrelerine benzerler, farklı olan tarafları yatakta kum yerine aktif kömür bulunmasıdır. Kömür yatağının kalınlığı 1,0 m'den az olmamalıdır. Kömür daneleri 4 ila 12 numaralı elekte ayrılmalıdır. Kömür yatağı altında 3 ila 40 mm kalınlığında çakıl yatağı bulunmalıdır. Bu filtrelerde süzme yukarıdan aşağıya, yıkama aşağıdan yukarı doğrudur.

Süzme hızı, kum filtrelerine nazaran biraz daha yüksek tutulmalıdır. Hız 7 ila 9,3 m³/m²/saat olmalıdır. Alg Mikroorganizmalarının üremesini önlemek amacıyla, çoğu kere, gümüş impregne edilmiş karbon kullanılması uygun olmaktadır.

Fazla klorun giderilmesi için kullanılan kömür filtreleri daha küçük olur. Gerekli kömür hacmi saattaki maksimum su hacminin 1/25'i kadardır.

3.6. AKTİF KARBONUN DOZUNUN TAYİNİ

Suyun tat ve kokusunun cinsine, şiddetine, istenilen içilebilme derecesine ve kullanılan kömür cinsine göre tatbik edilen aktif kömür doza-
jı değişir. Her cins kömür aynı derecede tesirli değildir. Bazı cins kö-
mürler daha iyi koku adsorbe ederler.

Kokunun şiddeti kömür dozajını artırır. Ancak, bu artış koku artışı
ile aynı oranda değildir. Bir çok durumda kömür dozunun tayininde kullanı-
lan metod, tesise artan miktarlarda kömür ilavesiyle arzu edilen kalitede
suyun elde edilmesini kontrol etmektedir. Eğer kat'i olarak ne kadar dozda
kömür kullanılacağını önceden tesbit etmek istenirse aşağıdaki şekilde ha-
reket edilir.

1- Kömürün uygulanacağı yerden, temiz ve kokusuz bir kaba 6-7 lit-
relik su alınır.

2- Tat ve kokudan arı 1 litre suya, 1 gram aktif kömür karıştırıla-
rak, numune hazırlanır. Bu numunenin 1 milimetresi, 1 litre tecrübe edi-
lecek suya ilave edilirse dozaj 1 mg/lt olur.

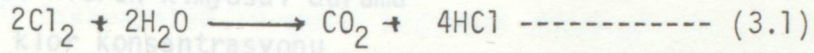
3- Madde 1''de alınan su, beş adet temiz kaba birer litre olarak
konur.

4- Bu beş kaptan dört adedine, ayrı ayrı dozlarda numune kömürlü su-
dan ilave edilir. Örneğin 0-4-8-16-32 mg/lt karışımlar elde edilir.

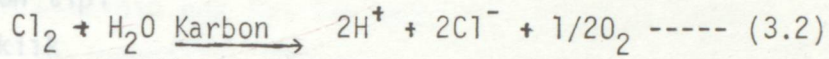
5- Beş numune iyice karıştırılır, çökeltilir ve filtreden geçirilir.
Elde edilen sular, ayrı ayrı kimseler tarafından koklanır. Hiç kokusu ol-
mayan veya en az kokusu olan numune işaretlenir.

3.7. AKTİF KARBONUN KLOR GİDERMEDE KULLANILMASI

Aktif karbon sudaki klorun giderilmesinde de kullanılır. Reaksiyon ;



şeklindedir. Karbon katolizer olarak



Bu filtrelerde filtre yatak derinliği ≤ 2 m dir. Filtre hızı 25 ~ 35 m/saat arasında alınabilir.

$$\log \frac{C_0}{C} = K \cdot \frac{L^{1/2}}{V} \text{ ----- (3.3)}$$

C_0 : Giriş klor konsantrasyonu (mg/l)

C : Çıkış klor konsantrasyonu (mg/l)

L : Yatak uzunluğu (M)

K : Sabit

V : Debi (M³/d)

Sudan klor giderilmesi işlemi, sadece saf bir adsorpsiyon prosesi değil aynı zamanda su ile klor arasında bir kimyasal reaksiyonu da içine alır. Daha evvelki yapılan klor adsorpsiyonu karbon yüzeyindeki hypokloruz formdaki klorun adsorpsiyonudur. Sonraki adım ise hypokloris asit ve başlangıç oksijeninin ayrışmasıdır.

Kimyasal olarak adsorblanmamış oksijenin karbon yüzeyinde oksijen kompleksi oluştururken hidroklorik asit solüsyona nüfuz etmez ve tam manasıyla adsorbe edilemez. Klorizasyonun prosesinin verimini azaltan bu yüzey oksidi düşük reaksiyon oranlarında oldukça stabildir.

Giriş suyundaki yüksek klor konsantrasyonları (1,000 mg/l) çıkış suyunda serbest karbondioksit ve karbon monoksit olarak çıkar.

Deklorinatör olarak kullanılan aktif karbon operasyonu ile ilgili temel dizayn parametreleri aşağıdaki gibidir,

- 1- Serbest klorun kimyasal durumu
- 2- Giriş klor konsantrasyonu
- 3- Karbon yatağından geçen debi
- 4- Karbonun pratik boyutu
- 5- Karbon tipi
- 6- Sıcaklık
- 7- İşlem tarzı (Devamlı veya kısmi)
- 8- Var olan kirlilik

Deklorizasyon prosesinin yüzeyde yavaş kimyasal reaksiyonlarıyla kontrol edilmesini, HOCl'in ayrışması olarak tanımlanabilir.

Klorun kimyasal yapısı, klor giderme işleminde (diklorizasyon) kuvvetli bir şekilde etki eder. Mesela, Kloraminler diklorizasyon verimini düşürürler. Ancak kloraminlerin ne kadar bir etki yaptığının değerlendirilmesi otoritelerce henüz belirlenmiş değildir. Klor dioksidin kullanıldığı bazı örneklerde, PH'ın etkisi, NaClO₂ nin HOCl den daha stabil olmasından dolayı bütün aktif karbon değerleri aynı miktarda klor alabilecek kapasite de olmalı ve PH değeride buna göre ayarlanmalıdır.

Her aktif karbon için, diklorizasyonun verimliliği, partiküllerin boyutuna bağlıdır ve en küçük ortalama partükül boyutu her karbon cinsi için belirlenmelidir. Tabii ki bu gibi seçimlerdeki limit faktörü maksimum olarak izin verilebilen basınç düşmesine tekabül eder. Karbonun üzerinde bulunan küçük ve büyük gözenekler de diklorizasyonun verimliliğine etki eder. Çünkü diklorizasyon işlemi karbon yüzey alanıyla ilişkilidir.

Büyük gözenekler, adsorbsiyon reaksiyonları için gerekli içine girilebilir yüzey alanları oluşturmasını sağlarlar. Karbonun yapısını oluşturan ham metaller diklorizasyon işleminin verimliliğine etki etmezler.

Giriş suyu içerisinde, kolloidal kirliliklerin veya yüksek organik konsantrasyonların bulunması diklorizasyon işleminde kullanılacak olan karbonun faydalı ömrünü oldukça kısaltır. Kolloidal maddeler diklorizasyon işlemi için faydalı olan yüzey alanlarını azaltır ve karbonun içindeki delikleri tıkayabilir. Organik maddeler adsorbat zarı oluşturarak, aynı şekilde verimi düşürür. Şayet ön arıtma sistemlerinde bu kirlilikler giderilebilirse aktif karbon yatağının faydalı uzun ömrü artırılabilir.

Deney şartlarının çok iyi bir şekilde seçilmiş olması halinde istenilen şartlar gözlenebilir. Daha sonra da aktif karbonun diklorizasyon işlemindeki etkisi adsorbe edilen madde miktarının büyüklüğünden anlaşılabilir.

A.B.D.'de yapılan son çalışmalar, belediyelerin şebeke sistemlerinde ve endüstriyel işletmelerde özel karbonların önemini daha iyi anlaşılmasını sağlamışlardır. Belirli debilerdeki tesir konsantrasyonlarındaki ve karbon çeşitlerindeki çalışmaların sonuçları şekil (3.2) ve şekil (3.1)de görülmektedir. PH değeri 7 ve sıcaklık 23°C olarak ölçülmüştür. Herhangi bir organik karışımın ve bakterinin yok olduğu varsayılmıştır.

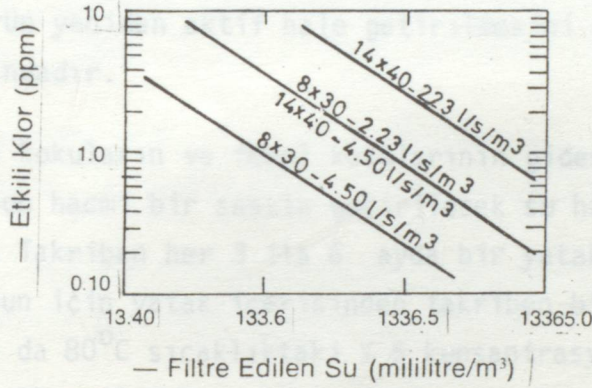
Diklorizasyon işlemindeki karbonun ömrü oldukça uzundur. Örneğin 0,76 m karbon kolonunda

$$Q : 6,1 \text{ m}^3/\text{saat}$$
$$V : 19,6 \text{ m}^3$$

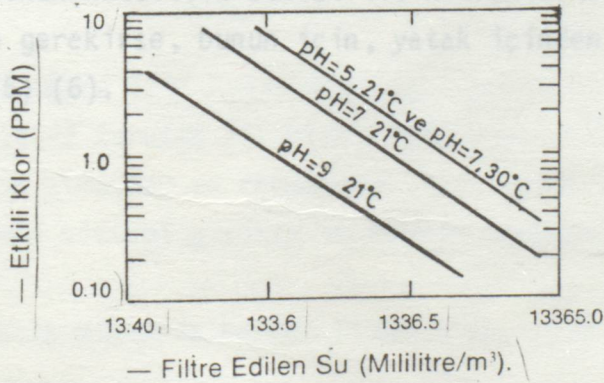
Şartlarında, 4 mg/lt serbest klor ihtiva eden bir giriş suyunda 0,01 mg/lt serbest klor ihtiva eden bir giriş suyunda 0,01 mg/lt kırılma noktasına ulaşılmadan önce 2,650 mg'lik kısmı giderilebilir. Dolayısıyla yukarıdaki şartlarda ve 2 mg/lt klor içeren bir giriş suyunun klorunun giderilmesinde kullanılan aktif karbonla 6 yıl çalışılabilir. Partikül boyutlarının azalmasına karşın (partikül boyutunun 8x30'dan 14x40'a düşmesi) debinin iki katına çıkması verimi etkilememiştir.

3.8. AKTIF KARBONUN REJENERASYONU

Sıcaklığın artması ve PH'ın düşürülmesi diklorizasyon işlemini kolaylaştırır. Şekil (3.3) PH'ın 7, sıcaklığın 21°C deki durumu halindeki ilişkiyi göstermektedir. Dane çapı 8x30, Debi, $Q = 8,03 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ karbon, kırılma noktası 0,01 mg/lt Cl_2 ve bakteri ve diğer organik karışımların yokluğu varsayılmıştır. PH ve sıcaklığın bilerek değiştirilmesi, mevcut şartları önemli ölçüde geciktirmeye uğratmadı ise ekonomik olarak faydalıdır (5) (6) (14).



Şek. 3.2. Granüler Karbon Filtelerinde Debi ve Gözenek Çapının Diklorizasyona Etkisi



Şek. 3.3. Granüler Aktif Karbon Filtelerinde PH ve Sıcaklığın Diklorizasyona Etkisi (Q=2.23 L/sn/m³, Karbon Boyutu 8x30)

3.8. AKTİF KARBONUN REJENERASYONU

REJENERASYON ÇEŞİTLERİ

Aktif karbon zamanla adsorpsiyon özelliğini kaybeder. Onu tekrar eski haline getirmek, yapışan maddeleri üzerinden atmak gerekir ki buna kömürün rejenerasyonu denir. Bunun için kömür genellikle filtreden çıkartılmaz, rejenerasyon işlemi filtre kazanının içinde yapılır. Yerinde rejenere edilecek kömür yataklarının altına, filtre drenaj tabanına paralel olarak, buhar boruları döşenir ve alttan, buhar geçirilerek kömür tekrar temiz hale getirilir. Rejenerasyon (Temizleme) suyun özelliğine bağlı olarak üç ay ila oniki ayda bir defa yapılması gerekir. Kömürün temizlenme sayısı sınırlı değildir. Aynı yatak sonsuz yadı temizlenerek kullanılabilir. Temizlenmesine rağmen kömür zamanla aktivitesini kaybeder. Kömürün yeniden aktif hale getirilmesini gerektiren süre 2 ila 10 sene arasındadır.

Genel kokuların ve fenol kokularının giderilmesi için filtredeki aktif karbon hacmi bir saatta geçirilecek su hacminin 1/10'undan az olmamalıdır. Takriben her 3 ila 6 ayda bir yatak buharla rejenere edilmelidir. Bunun için yatak içerisinden takriben bir saat buhar geçirilmeli; arkasından da 80°C sıcaklıktaki % 5 konsantrasyonlu kostik soda solüsyonu ile yatak yıkanmalıdır.

Klor giderme için yapılan filtrelerde rejenerasyon işlemi hemen hemen lüzumsuzdur, çünkü bu işlemde klor karbon tarafından adsorbe edilmez. Fakat karbonun katalitik etkisi ile hidroklorik asit şekline dönüşür. Rejenerasyon gerekirse, bunun için, yatak içinden 1 saat buhar geçirmek yeterlidir (5) (6).

3.8.3. KİMYASAL REJENERASYON

REJENERASYON ÇEŞİTLERİ

3.8.1. BUHAR REJENERASYONU

Bu metod sadece uçucu ürünleri karbondan ayırır. Bununla beraber buhar işlemi karbon dezenfeksiyonunda ve tanelerin yüzeylerinin tıkanmamasında faydalı olabilir.

3.8.2. TERMAL REJENERASYON

Aktif karbonun termal rejenerasyonu üç büyük adımda gerçekleşir. Suyun 100°C civarında buharlaştırılması, adsorbatın 800°C nin üzerinde fırında pişirilmesi ve 800-950°C arasında aktifleme olarak sıralanabilir.

Fırınlama adımı sırasında organik adsorbatlar buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Böylece karbon üzerindeki kalıntılardan arındırılır.

Aktifleştirme kademesinde karbon kalıntıları oksitlenir. Gaz fazı karbonmonoksit veya oksijenden oluşmaktadır.

Aktif karbon rejenerasyon için kullanılan fırına zıt yönden verilecek burada sıcak gazları oluşturur. Fırın içindeki rejenerasyon boyunca karbon kaybı beşlemenin % 5-10'ü kadardır.

Bu metodun iki dezavantajı vardır.

1- Bu metod için kullanılan çok ocaklı fırın, akışkan yatağı yakıcısı veya rölatif kurutma fırınları için büyük miktarda para yatırılması gerekir. Fırın atmosfer ve temperatür için kontrol edici aletlere sahip olmasıdır. Drenaj sistemi girişte ve karbon söndürme sistemi çıkıştadır.

2- Fazla miktarda karbon kaybı olur. (% 5-10 her bir rejenerasyon için)

3.8.3. KİMYASAL REJENERASYON

1977'de Beccari sodyum hipoklorit, potasyum dikromat ve hidrojen peroksit Degremont, yüksek PH'da ve takribi 100°C lik bir temperatürde çözücü hareketine dayanan bir işlem geliştirmiştir. Bu işlemin avantajı şudur ; aynı maliyet için minumum karbon kaybı meydana gelmektedir.(Yaklaşık % 1) Bununla beraber rejenerasyon için kimyasal ayraçların kullanılması (alkali ayraç ve solvent çözücü) çeşitli problemlere sebep olur. Distilasyon vasıtası ile solvent bunlardan ayrılmak zorunda kalır. Kirleticiler yeniden biçimlenmedikçe yakma yolu ile daha sonra yok edilirler. Bu işlem termal rejenerasyona kıyasla daha az kullanılır. Literatürde kimyasal rejenerasyon hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Kimyasal rejenerasyonun en önemli dezavantajı, işleme tabi tutulan karbonun, adsorbsiyon kapasitesinin tümüyle geri kazanılmasının imkansızlığıdır.

Tükenmiş aktif karbonun, kimyasal rejenerasyonu iki ana katagori-
de yapılabilir.

- 1- İnorganik kimyasal rejeneratlar, oksitleme güçlü
- 2- Organik kimyasal rejeneratlar, çözünürlük güçlü

1964 yılında Johnson dokuz tane inorganik oksitleyici incelemiştir. Bunların içindeki en etkili rejenerantın % 3'ü hidrojen peroksit olduğunu görmüştür. Hidrojen peroksitin adsorbsiyon kapasitesini geri kazanma oranının % 71 olduğu ve ikinci çevrimde geri kazanma % 47'ye üçüncü de ise % 20 ye düştüğü belirlenmiştir. Başka rejeneratlardan ilk kullanılma ve geri kazanma çevriminde başarılı sonuçlar vermiştir. Örneğin, sodyum hidroksit % 61, sodyum peroksit % 60, sodyum persülfat % 55, potasyum sülfat % 45.

Ancak bu rejenerantlar ikinci çevrimde % 20 ye üçüncü çevrimde ise sıfıra düşmüştür. Klorin suyu, biomin suyu, potasyum permanganat, ozon, karbon rejenerasyonunda çok sınırlı bir yetenek göstermiştir. Distile su da çok az miktarda rejenerer eder, verim % 5'den azdır.

1977'de Beccari sodyum hipoklorit, potasyum dikromat ve hidrojen peroksit gibi kimyasal rejeneratlar kullanarak aktif karbonun rejenerasyonu konusunda incelemeler yapılmıştır. Sonuçta çok küçük adsorbsiyon kapasitesi geri kazanma oranları bulmuştur.

Tekstil boyası atık suyunda kullanılan aktif karbon ünitesi ile bağlantılı olarak, ilgili laboratuvar çalışmaları yapan Rodman ve Shunney (1971) hidrojen peroksit ve sodyum hipoklorit, potasyum persülfat, sodyum peroksit ve sodyum bromit değerlendirmişlerdir. % 2 lik sulu bir potasyum persülfat çözeltisi etkili tek rejenerant olarak bulunmuştur. Potasyum persülfatla rejenerasyon sırasında sıcaklığın 25°C den 50°C ye çıkarılması ile rejenerasyon derecesi izlenmiştir. Sıcak $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ile (50°C) karbon adsorbsiyon geri kazanımı % 70-80 idi. Fakat korozyona neden olduğu (örneğin devir pompasının bronz kaplaması gitmişti) için daha sonra kimyasal rejenerasyon yapılmıştır. Sodyum hidroksit aktif karbonun rejenerasyonunda aktif olmayan bir kimyasal madde olarak kullanılmıştır.

Bütün bu bilgilere rağmen bazı alanlarda çok az şey bilinmektedir. Ya da elde edilen sonuçlar çelişmektedir. Adsorbatlar iyi karakterize edilmiş, sonuçlar her zaman tümüyle tartışılmamıştır. Belki de en önemlisi rejeneratın molekül yapısı, boyutu ve özellikleri ile ilişkisi üzerine hiç bir çalışma olmamasıdır. Bunların yanı sıra kirleticinin molekül boyutunun, yapısının ve özelliklerinin önemi, karbon gözenek boyutlarının ve bunların adsorbat boyutuna göre dağılımının önemi Al-Bahrain ve Martin tarafından 1976'da gösterilmiştir (15) (16).

4. BÖLÜM

3.9. AKTİF KARBON SİSTEMLERİNİN MALİYETİ

REJENELER

Aktif karbonun pratikte çok geniş bir uygulama alanı bulmamasının nedeni, bu sistemlerin işletme maliyetinin yüksek olmasıdır. Maliyeti ile yatırım ve işletme maliyetleri olarak ikiye ayırabiliriz. Yatırımın maliyetini kapasite, sistemin çalışma şekli, aktif karbon rejenerasyonun yapılıp yapılamayacağı, pompalama gereksiniminin olup olmadığı v.b. gibi parametreler etkilemektedir. İşletme maliyetini ise personel, elektrik, yakıt kullanılan kimyasal maddeler v.b. parametreler etkilemektedir.

Zeolit ismi Rumcada << Kaynayan Taş >> anlamına gelen << Zein + lithos >> kelimelerinden meydana gelmiştir. Bu isim evvela, İsveçli Jeolog Cronstedt tarafından 1756 yılında kullanılmıştır. Cronstedt, bazı minerallerin kuvvetle ısıtıldığı zaman, hidrasyon sularını kışkırttığını ve buharla karışık su çıkardıklarını görmüştür. Bu yüzden bu gibi minerallere zeolit adını vermiştir.

Doğal zeolit yeşil renkli olmasına rağmen zeolitler beyaz renktedir ve her ikisi de granül halindedir.

Suların yumuşatılmasının çeşitli faydaları vardır.

1- Sert suların yumuşatılmasının en önemli sebebi "kireç" sabun sertliğini önlemektir. Su içindeki Ca ve Mg iyonları sabun ile birleşerek suda erimeyen bileşikler husule getirirler. Bu bileşiklerin bir tanısı, sabunla birleşinceye kadar, suda sabuna kıyasla daha ağır düşer. Kalisiyum ve Magnezyum sabun bileşiklerini zemine çökürler ve yüzeyleri kabin dibine ve cidarına yapışırlar. Birkaçsa tempo temizliğinde cidarlarında görülen temizlenmesi güç kir tabakası, kalisiyum ve magnezyum sabunu ile köpek v.s. nin karışımıdır.

Suların sertliği ne kadar fazla ise sabun sarılaşması da o kadar fazla olmaktadır, dolayısıyla sabunu ödenen para da artmaktadır.

4. BÖLÜM

REÇİNELER

İçme ve kullanma sularının yumuşatılmasında, Kireç-Soda Metodundan başka, tabii veya sentetik zeolit (reçine)de kullanılır. Tabii zeolite <<Yeşil kum >><<glokonit>> adı da verilir. Doğal zeolit yurdumuzda da bulunmaktadır. Bu madde Sodyum ve Aliminyum Silikatın kompleks bir bileşigidir. Kimyasal formülü: $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$ olarak yazılabilir. İçme suyu kimyasında NaZ şeklinde gösterilir.

Zeolit ismi Rumcada << Kaynayan Taş>> anlamına gelen <<Zein + lithos>> kelimelerinden meydana gelmiştir. Bu isim evvela, İsveçli Jeolog Cronstedt tarafından 1756 yılında kullanılmıştır. Cronstedt, bazı minarallerin kuvvetle ısıtıldığı zaman, hidrasyon sularını kustuğunu ve buharla karışık su çıkardıklarını görmüştür. Bu yüzden bu gibi minarallere zeolit adını vermiştir.

Doğal zeolit yeşil renkli olmasına rağmen sentetik olanı beyaz renktedir ve her ikisi de granür haldedir.

Suların yumuşatılmasının çeşitli faydaları vardır.

1- Sert suların yumuşatılmasının en önemli sebebi lüzumsuz sabun sarfiyatını önlemektir. Su içindeki Ca ve Mg iyonları sabun ile birleşerek suda erimeyen bileşikler husule getirirler. Bu sertlik iyonlarının tamamı, sabunla birleşinceye kadar, suda sabun köpüğü teşkil etmez. Kalsiyum ve Magnezyum sabun bileşikleri zamanla çökeliyor ve buldukları kabın dibine ve cidarına yapışırlar. Bilhassa banyo küvetlerinin cidarlarında görülen temizlenmesi güç kir tabakası, kalsiyum ve magnezyum sabunu ile kepek v.s. nin karışımıdır.

Suların sertliği ne kadar fazla ise sabun sarfiyatı da o kadar fazla olmakta, dolayısıyla sabuna ödenen para da artmaktadır.

Yapılan çalışmalardan alınan bilgilere göre, 1 m³ suyun sertliğini 1 mg/lt düşürmek için 24 gram sabuna ihtiyaç olduğu görülmüştür. Buna göre 300 mg/lt (30^oFr) sertliği haiz bir suyun 1 m³ ne, köpük elde edinceye kadar atılması icap eden sabun 7,2 kg'dır. Bu miktar 100 mg/lt (10^oF) için 2,4 kg'dır. Aradaki fark 4,8 kg dır. Bu lüzumsuz sarfiyat oldukça büyük mali külfetler doğurur.

2- Sertlik derecesi sadece fazla sabun sarfına sebep olmaz, aynı zamanda çamaşırların lekelenmesine sebep olur. Sert sularda yıkanan yünlü kumaşların sertleştiği görülür. Kalsiyum ve Magnezyum sabun bileşikleri kumaşın dokusu arasında kalır, toz ve kirlerle birleşerek temizlenmesini güç hale getirir. Böylece yıkanmış bir kumaş ütülenirse gri lekeler oluşur.

3- Sert sular, kaynatıldıkları kapların diplerinde bir taş tabakası husule getirirler. Kalorifer kazanlarında bunu sık sık görmek mümkündür. Kazanların iç cidarlarındaki bu kalker tabakaları çatlayarak; kızgın metal sathının ani olarak su ile teması neticesinde infilakların husule geldiği görülen ve duyulan hadiselerdendir.

4- Sert suların, bünyeye tesir eden bilinen zararlı bir etkisi yoktur. Ancak içim tadı hoş değildir.

5- İçme suları fazla sert olan şehirlerin içme suları yumuşak olan şehirlere nazaran daha az geliştiği ve kafi endüstrinin kurulmadığı müşahade edilmiştir.

6- Suları sert olan şehirlerde, evlerde münferit yumuşatma cihazları kullanılmakta, bunlar için sarfedilen emek ve masraf, umumi tesislere nazaran çok daha fazla olmaktadır.

Bütün bu sıraladığımız hususlar göz önüne alınarak şehir su isalelerine yumuşatma tesisinin ilavesi çok daha ekonomik ve uygundur.

Çeşitli çalışmalar şehrin bütün suyunun birden yumuşatılmasının, her ne kadar yumuşak suyun bir kısmı bahçe sulaması v.s, gibi yumuşak suya lüzum olmayan yerlerde kullanılacak ise de, münferit ev yumuşatmalarından daha ekonomik olduğunu göstermiştir. Su evlerde,

- 1- Evin malı olan zeolitli cihazlarla
- 2- Kiralanan zeolitli cihazlarla
- 3- Fazla miktarda sabun, deterjan ve soda kullanmak suretiyle yumu-
şatılmaktadır. (5)

4.2. İYON DEĞİŞTİRİCİLERLE YUMUŞATMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Birçok maddeler, suda eridikleri zaman, meydana gelen solüsyonun elektrik geçirmesini sağlarlar. İşte bu sebepten bu gibi maddelere <<Elektrolit>> denir. Bu solüsyonların akımı geçirmelerine, solüsyonda meydana gelen ve adına iyon denilen pozitif veya negatif yüklü parçacıklar sebep olur. Pozitif yüklü iyonlara <<Katyon>>, negatif yüklü iyonlara <<Anyon>> denir. Bir elektrot olan sodyum tuzu, yani sodyum klorür (NaCl), suda eridiği zaman suya eşit sayıda anyon (Cl^-) ve Katyon (Na^+) verir. Elektronötrallite kanununa göre, herhangi bir elektrolit solüsyonundaki Na^+ ve Cl^- iyonları da sayıca birbirine eşit olur.

Su ile temas eden doğal birçok madde eriyerek sudaki iyon miktarını artırır. Her ne kadar, hayvan ve bitkiler için yaşantının devamı yönünden iyonların önemi büyükse de, bazı haller de bu iyonların insanlara zararlılık çıkarmaktadır. Örneğin bazı yerlerde, sabunla yıkamada sabunun kesilmesi su içerisinde Ca ve Mg iyonlarından ileri gelmektedir. Porselen teçizat ve çamaşırlarda leke olması sudaki bakır ve demir iyonlarından ötürüdür. Acı ve tatlı suların ziraatta kullanılması da içinde fazla miktarda sodyum ve klorür iyonları olmasından dolayıdır.

İçerisinde böyle erimiş elektrolitler olan sular, toprakla temas edince bir takım değişikliklere uğrar. Bazı hallerde, sudaki iyonlardan bir kısmı, toprak taneciklerinin yüzeyindeki ve hatta içindeki bazı iyonlarla yer değiştirirler. Bu değişim olurken, elektronötrallite kanununa uyarak, sudan çıkan miktarda elektrik yükü topraktan suya geçmektedir. İşte bu işlem iyon değiştirme olayının ta kendisidir. Böylece, <<İyon değiştirme>> deyimini ile, katı bir cisim parçacığı ile sıvı arasındaki iyon alış verişini kast edilmektedir.

İyon değiştirme olayının fiziksel ve kimyasal bir olay olduğu ilk defa topraktaki Amonyak-fate üzerinde araştırma yapan, İngiliz Thompson ve Way tarafından anlaşılmıştır. Bu araştırmacılar toprağa atılan gübredeki amonyağın toprağa geçtiğini, bunun yerine de toprak tanelerinin yüzeyindeki potasyum ve kalsiyumun gübreye geçtiğini görmüştür. Bu keşif-
le birlikte, iyon değiştirici maddeler üzerindeki bu buluşlar gelişmeye başlamıştır(5).

4.3. İYON DEğİŞTİRİCİLERİN KULLANIM ALANLARI VE AVANTAJLARI

Hayvan ve bitki dokuları ve toprak gibi doğal maddelerin bir çoğu da iyon değiştirme özelliğine sahiptir. Bunların önemlileri şunlardır; Proteinler(Kazein, Jelatin gibi), Polisakkaritler (Pektin, karagin), Kil madenleri (Kaolinit, Matmorillonit), ve doğal zeolit madenleri (natrolit, anakit, sodalit, kabazit v.s.)

Herhangi bir iyon değiştiricinin kullanılabilmesi için,

- 1- Kfi miktarda değişebilen iyonları ihtiva etmesi.
- 2- Malzeme dokusunun süngerimsi olması ve hidrate olmuş H,Na,K,Mg, Cl,NO₃, SO₄ gibi iyonların kolayca girip çıkmasına imkan vermesi.
- 3- Malzemenin suda veya hangi sıvı içi kullanılacaksa o sıvıda erimemesi.
- 4- Fiziksel ve kimyasal bakımdan dayanıklı olması
- 5- Granül büyüklüğünün 0,3-1,19 mm kadar olması
- 6- Fiyatının uygun olması
- 7- Aktif grupların iyonik olması lazımdır.

Bu sayılan doğal maddelerden yalnız zeolit madenleri bu özellikleri kısmen biraraya getirmekte ve bu sayede de su tasfiyesinde kullanılabil-
mektedir. Ancak, bunlar henüz laiki ile incelenip özellikleri ve rezerv durumları ortaya çıkarılmış değildir.

Alkali ve toprak alkali katyonlarının sulu alüminosilikat kristal-
leri olan zeolitler, yapılarında önemli bir değişme olmaksızın, tersi-
nir bir şekilde su adsorplayıp desorplama ve katyon değiştirme yetenek-
leri ile tanınırlar.

İyon değiştiricilerin teknik sahadaki uygulamaları o kadar fazlaki hepsini burada açıklamanın anlamı yoktur. Teknikte iyon değiştiricilerin esas gayesi iyonize olmayan çözücülerden iyonların tekrar edle edilmesi ve çözeltildeki iyonize olmuş kısımların uzaklaştırılmasıdır. İyon değiştiricilerin sarfiyatının hemen hemen % 75'ini suların yumuşatılması ve iyonizasyonu teşkil eder(4).

İyon değiştirici sisteminin çeşitli avantajları vardır.

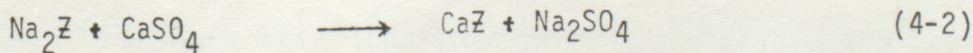
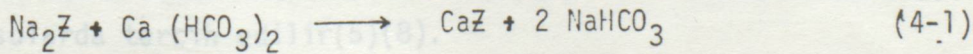
Bunların en önemlileri;

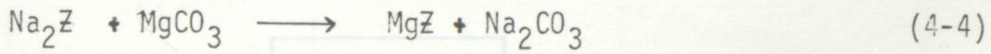
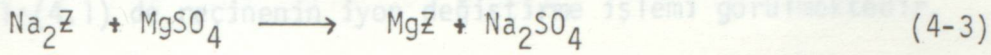
- 1- Artık madde olarak çamur derdi yoktur.
- 2- İlk tesis masrafları ve işletme masrafları rekabet edecek kadar azdır.
- 3- Yumuşak suya herhangi bir kimyasal maddenin fazla dozda karışması diye bir tehlike yoktur.
- 4- Sonuç ham suyun kalitesinin değişmesine bağlı değildir.
- 5- Şebekelerde kireç çökeltisi gibi herhangi bir çözelti tehlikesi yoktur.
- 6- Lüzumlu kimyasal maddeler kullanılması kolay olan maddelerdir.
- 7- Fazla kalifiye işçiliğe lüzum yoktur.
- 8- Sertlik istenilen dereceye hatta sıfırabile indirilebilir.
- 9- Kapalı tip tesislerde ek bir pompaja lüzum kalmaz.
- 10- Lüzumlu tesis sahası azdır.
- 11- Tamamen otomatik çalışması mümkündür.

4.4. ZEOLİTLERLE SUYUN YUMUŞATILMASINA TOPLU BAKIŞ

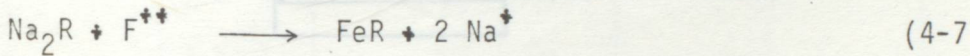
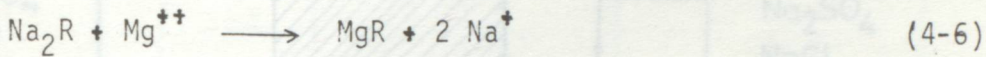
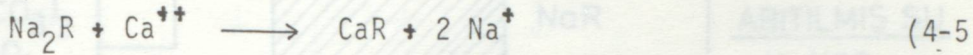
Yumuőatılacak su zeolit tabakasından geçirilirse, sertlik meydana getiren iyonlar, sodyum iyonu ile yer değiştirir ve suyun sertliği giderilmiş olur. Burada esas katyonların yer değiştirmesidir. Suyun zeolitten geçerken husule gelen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.

Sodyum devresinde reçineli katyon değiştiriciler için;

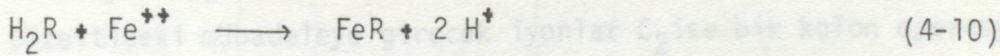
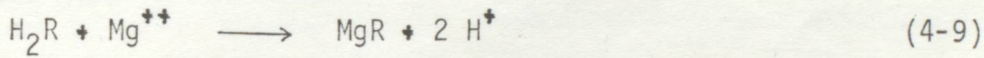
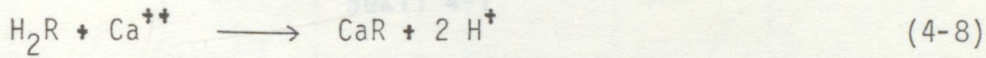




şeklindedir. Diğer bir yazış şekli esi,



olup; hidrojen devresindeki reçineli kation değıştiriciler için

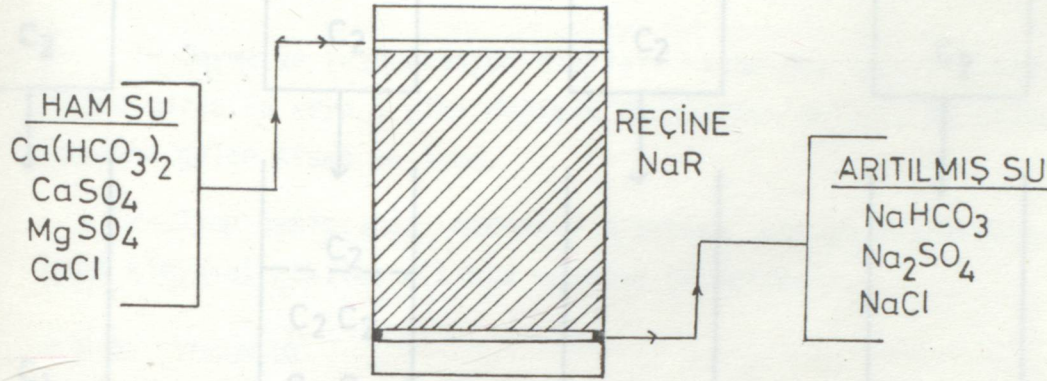


yazılır.

Temiz suların iyon konsantrasyonları normal ise yukarıdaki eşitliklerde reaksiyonlar sağa doğrudur. Rejenere eden maddenin konsantrasyonu yeter derecede yüksek ise yukarıdaki eşitliklerin reaksiyonları sola doğrudur(4)(5).

Meydana gelen kalsiyum ve magnezyum zeolitler suda eremediğinden zeolit kabı içinde kalırlar. Tabii zeolit bir desimetre küpü, pratik olarak, 7-11 gram sertlik alabilir. Sentetik olanları ise 20-50 grama kadar yükseltilmiştir. Tabii zeolit kimyaca stabil olduğu halde sentetik olanı fazla stabil değildir. Tabii zeolit, sertliği fazla olmayan, nispeten demiri fazla olmayan, PH derecesi yüksek veya alçak olan sularda kullanılır. Sentetik zeolit, demiri nispeten az olan, PH derecesi normal olan sularda tercih edilir(5)(8).

Şekil (4.1) de reçinenin iyon değiştirme işlemi görülmektedir.



Şekil 4-1

4.4.1. KOLON OPERASYONUNDA TUTMA

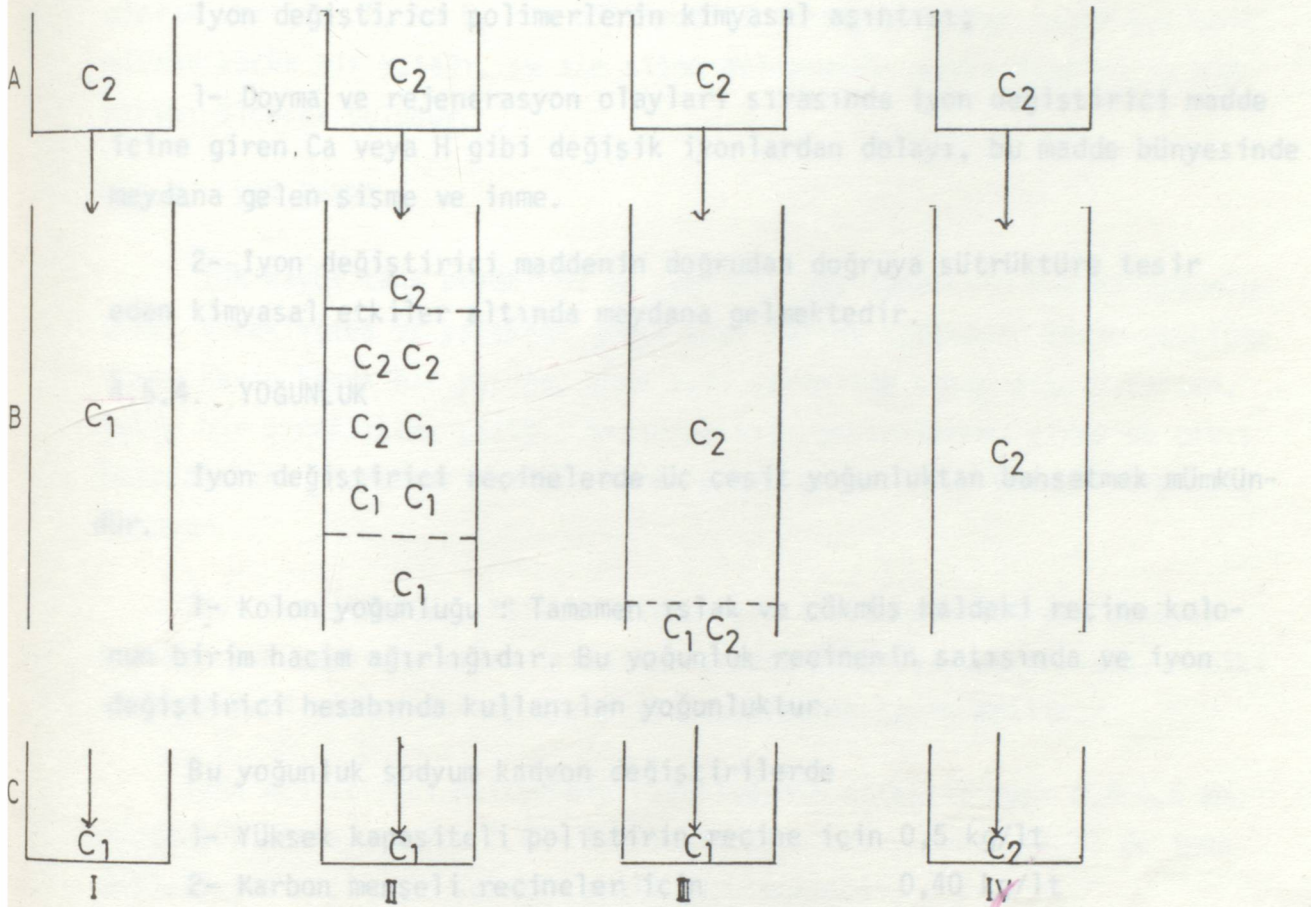
Bir iyon değiştirici kolondaki reçinede mübadeleye girecek iyonlar C_1 , czeltideki mübadeleye girecek iyonlar C_2 ise bir kolon operasyonunda reaksiyon dört kısımda açıklanabilir. Birinci kısımda kolonun üst kısmındaki (A) kabındaki czelti kolondan geçmeye başlayınca C_2 iyonları kolonun üst kısmından başlıyarak C_1 iyonlarıyla yer değiştirirler. Kısa bir süre sonra iyon değiştirici kolonun üst kısmı tamamen C_2 iyonlarıyla yüklenir. (II.kısım) Bundan sonra esas mübadele bölgesinde C_2 iyonları ile C_1 iyonları ekivalent miktarda yer değiştirirler. C_1 iyonları ise kolonun alt kısmında stokiyometrik olarak (C) kabına akarlar.

III. kısımda mübadele bölgesi tamamen C_2 iyonları ile işgal edildikten sonra kolonun alt kısmında C_1 ve C_2 iyonlarının birlikte çıkışı görülmektedir. Bu an kolonun kapasitesinden düştüğü andır. IV. kısımda ise kolonda mübadele edilecek C_1 iyonu kalmadığından kolona giren C_2 iyonları mübadeleye girmeden doğrudan doğruya (C) kabına geçer. Bundan sonra kolonun başlangıçtaki kapasitesine sahip olabilmesi için iyon değiştirici reçinenin rejenerasyonu yapılır(3)(8).

4.5.2. AŞINMA DİRENÇİ

Reçinelerin aşınma dirençlerinin aşını yastandıran testleri ile değerlendirilmesi çok zordur.

Şekil (4-2) de kolon operasyonu prensibi izah edilmektedir.



Şekil 4-2 Kolon Operasyonu Prensibi

4.5 İYON DEĞİŞTİRİCİ REÇİNELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

4.5.1. ELEK ANALİZLERİ

Genellikle reçineler suya girince şişer, bu husus kuru elek deneylerinde göz önünde tutulur. Burada kullanılan elek deneyi de filtre kumlarında uygulanan deneyin aynıdır. Genellikle 20 cm çapında 16,20,30, 40, 50,60,70 ve 100 nolu Amerikan tipi elek grubu kullanılır.

4.5.2. AŞINMA DİRENCİ

Reçinelerin aşınma dirençlerinin aşırı yaşlandırma testleri ile değerlendirilmesi çok zordur.

4.5.3. KİMYASAL AŞINMA

İyon değiştirici polimerlerin kimyasal aşıntısı;

1- Doyma ve rejenerasyon olayları sırasında iyon değiştirici madde içine giren Ca veya H gibi değişik iyonlardan dolayı, bu madde bünyesinde meydana gelen şişme ve inme.

2- İyon değiştirici maddenin doğrudan doğruya sütrüktüre tesir eden kimyasal etkiler altında meydana gelmektedir.

4.5.4. YOğUNLUK

İyon değiştirici reçinelerde üç çeşit yoğunluktan bahsetmek mümkündür.

1- Kolon yoğunluğu : Tamamen ıslak ve çökmüş haldeki reçine kolonun birim hacim ağırlığıdır. Bu yoğunluk reçinenin satışında ve iyon değiştirici hesabında kullanılan yoğunluktur.

Bu yoğunluk sodyum kağyon değiştirilerde

- | | |
|---|------------|
| 1- Yüksek kapasiteli polistirin reçine için | 0,5 kg/lt |
| 2- Karbon menşeli reçineler için | 0,40 kg/lt |
| 3- Sentetik zeolit (Jel tip) için | 0,85 kg/lt |
| 4- Yeşil kum (Green sand) için | 1,35 kg/lt |

2- Hakiki Yoğunluk : Hidrate ve şişmiş haldeki reçine tanelerinin hakiki yoğunluğudur. Sülfonik grubun katyon değiştiricilerinin hakiki yoğunluğu 1,3, amonyum grubu anyon değiştiricilerin hakiki yoğunluğu ise 1,1 civarındadır.

3- Herhangi özel, çözücü bir sıvı içerisindeki yoğunluğu: Teorik olarak önemli bir yoğunluktur.

4.5.5. BOşLUK HACMİ

Boşluk hacmi kolon yoğunluğu (D_A) ve hakiki yoğunluk (D_T) cinsinden,

$$\text{Yüzde boşluk hacmi} = 100 \left(1 - \frac{D_A}{D_T}\right) \quad (4-11)$$

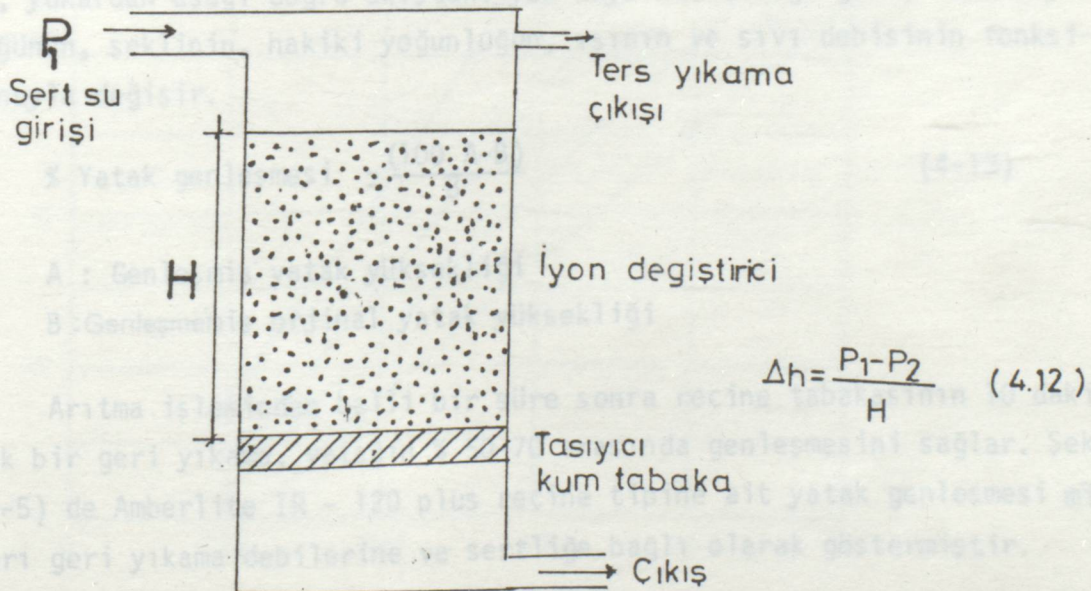
olarak verilir. D_A ve D_T nin bilinmediği taktirde boşluk hacmi yaklaşık olarak küçük bir yatağı, su ile silme doldurarak, sonra süzülen su miktarını ölçerek bulunur.

4.5.6. YÜK KAYBI

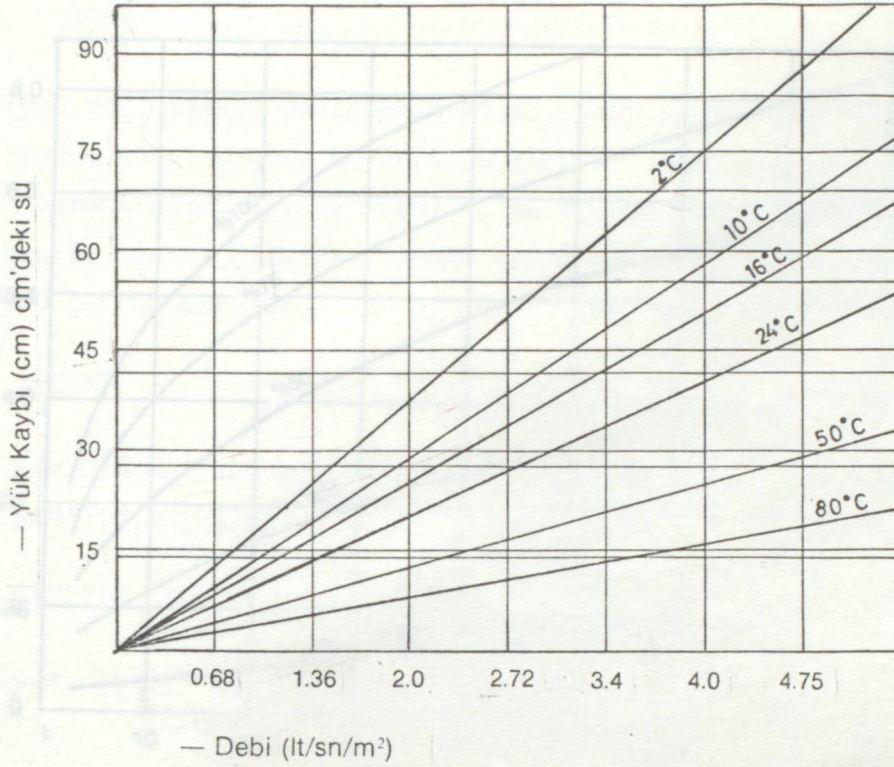
Yük kaybı tane büyüklüğü ve şekline, yaş tanelerin hakiki yoğunluğuna, sıcaklığına ve yataktan geçen sıvı hızına bağlıdır. Birim uzunluğa düşen kayıp küçük bir yatağa, yani kafi derinliğe sahip olan yataktan, Sabit bir sıcaklıkta, çeşitli hızlarda sıvı geçirilerek, giriş ve çıkış basınçlarını ölçmek ve aradaki farkı yatak derinliğine bölmek suretiyle bulunur.

Sıvı istenilen sıcaklıktan biraz farklı olduğu takdirde, deneyle bulunan yük kaybı, sıvının istenilen sıcaklıktaki viskozitesinin, hakiki sıcaklıktaki viskozitesine oranı ile çarpılarak tayin edilir.

İyon değiştirici malzemenin çoğunluğunun efektif çapı 0,4-0,6 mm, düzgünlük katsayısı ise 1,4 - 1,8 mertebesinde. Şekil (4.3) de iyon değiştirici reçinenin şematik şekli görülmektedir.



Şek. 4.3.



Şek. 4.4. Katyon Değiştirici Reçine ile Yumuşatma Sırasında Meydana Gelen Basınç Düşmesi (Sıcaklık ve Debinin Yük Kaybına Tesiri)

4.5.7. YATAK GENLEŞMESİ

İyon değiştirici madde yatağı içinden, aşağıdan yukarıya doğru, su geçtiği zaman yani rejenerasyon işlemi esnasında yatak genişler. Genleşme, yukardan aşağı doğru akıştaki yük kaybında olduğu gibi, tane büyüklüğünün, şeklinin, hakiki yoğunluğun, ıslanma ve sıvı debisinin fonksiyonuyla değişir.

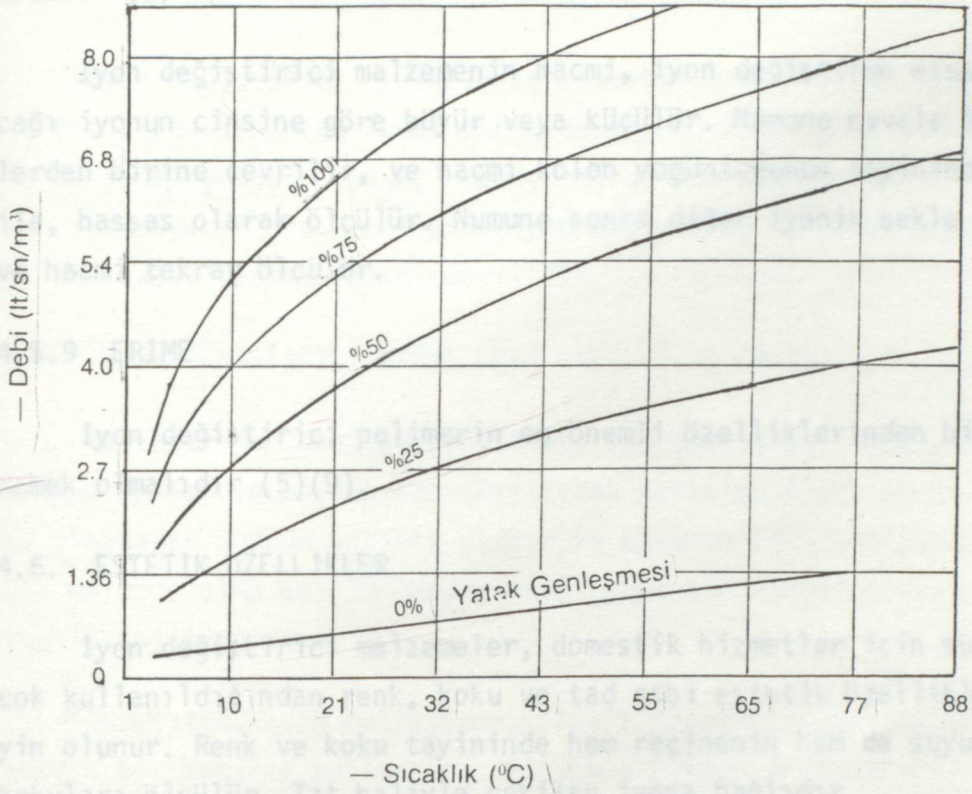
$$\% \text{ Yatak genleşmesi} = \frac{(100 A - B)}{B} \quad (4-13)$$

A : Genleşmiş yatak yüksekliği

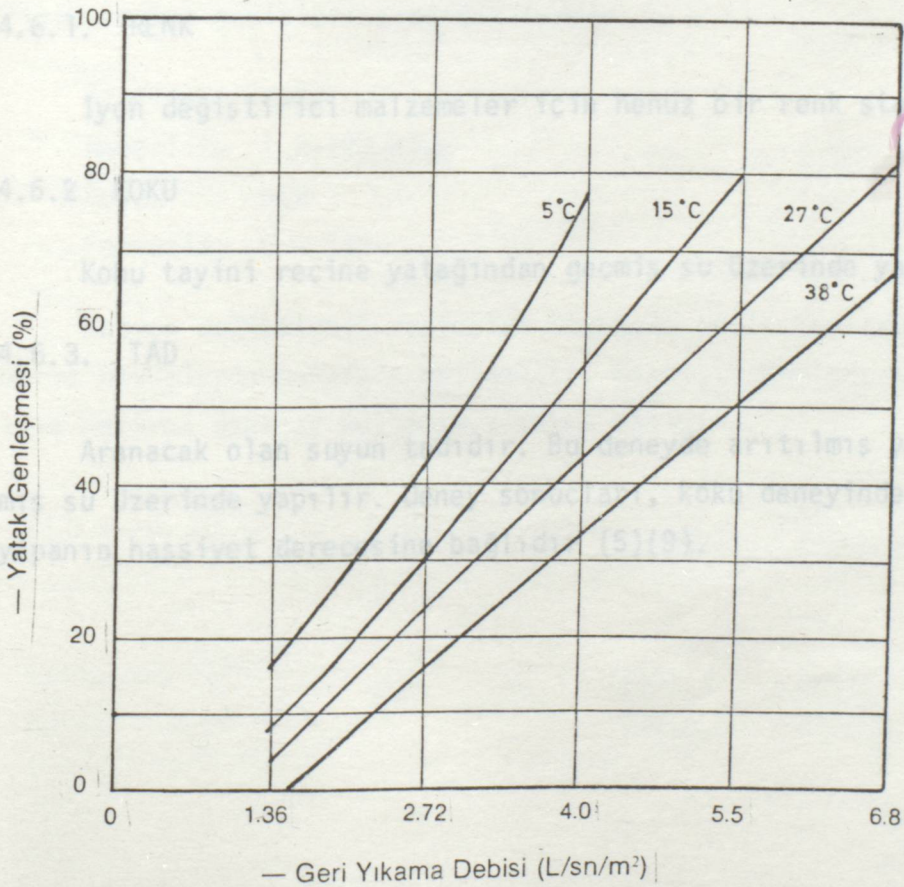
B : Genleşmemiş orjinal yatak yüksekliği

Arıtma işleminden belli bir süre sonra reçine tabakasının 10 dakikalık bir geri yıkama, yatağın % 50-70 arasında genleşmesini sağlar. Şekil (4-5) de Amberlite IR - 120 plus reçine tipine ait yatak genleşmesi miktarı geri yıkama debilerine ve sertliğe bağlı olarak göstermiştir.

Şek. 4.5. Amberlite IR-120 plus tipine ait yatak genleşmesi miktarı geri yıkama debilerine ve sertliğe bağlı olarak göstermiştir.



Şek. 4.5. Sıcaklık ve Geri Yıkamanın (Aşağıdan yukarıya doğru) Yatak Genleşmesine Etkisi



Şek. 4.5. Amberlite IR-120 plus tipi kation değiştirici reçinenin geri yıkama debisi ve sıcaklığa bağlı olarak yatak genleşmesi

4.5.8. ŞİŞME

İyon değiştirici malzemenin hacmi, iyon değiştirme esnasında alacağı iyonun cinsine göre büyür veya küçülür. Numune evvela iyonik Őekillerden birine cvrilir, ve hacmi kolon yoğunluğunun tayinindeki aparat ile, hassas olarak lclr. Numune sonra diğer iyonik Őekle cvrilir ve hacmi tekrar lclr.

4.5.9 ERİME

İyon değiştirici polimerin en önemli özelliklerinden biri de erimemek olmalıdır (5)(9).

4.6. ESTETİK ÖZELLİKLER

İyon değiştirici malzemeler, domestik hizmetler için su arıtımında ck kullanıldığından renk, koku ve tad gibi estetik özellikleri de tayin olunur. Renk ve koku tayininde hem reçinenin hem de suyun renk ve kokuları lclr. Tat haliyle ckilen iyona bağlıdır.

4.6.1. RENK

İyon değiştirici malzemeler için henüz bir renk standardı yoktur.

4.6.2 KOKU

Koku tayini reçine yatağından geçmiş su üzerinde yapılır.

4.6.3. TAD

Aranacak olan suyun tadıdır. Bu deneyde arıtılmış yani yumuşatılmış su üzerinde yapılır. Deney sonuçları, koku deneyinde olduğu gibi yapanın hassiyet derecesine bağlıdır (5)(9).

4.7. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İyon değiştirici reçinelerin kimyasal özellikleri iskelet yapılarına (stirindivilbenzen-fenol-formaldehid, akrilitdivinilbenzen v.b.) ve fonksiyonel grubun ($-SO_3H$, $-COOH$, $-NH_2$) özelliğine bağlıdır. Genellikle fonksiyonel grup reçinenin iyon değiştirme karakterini iskelet yapısı da stabilitesini tayin eder(5)(9).

4.8. İYON DEĞİŞTİRİCİ MADDELERİN ÜRETİMİ VE KAPASİTESİ

Sentetik jel denilen zeolitler, sodyum silikat solüsyonu ile alüminyum sülfat solüsyonu karıştırılarak hazırlanırlar. Bu jel kurutulur ve yıkanarak sodyum sülfatı alınır ve böylece tabii malzeme özelliğinde bir malzeme elde edilir. Bugün hâlâ, piyasada önemli miktarda sentetik zeolit satılmaktadır.

Yumuşatma, iyon değiştirme yoluyla yapılan su arıtma çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılır. Reçineler(Anyon değiştirici) asit formunda Katyon değiştirici reçineler ise genellikle sodyum formundadırlar. Tipik reçine çeşitleri aşağıdakilerdir.

Dowlite	C-20
Amberlite	1 R-120 plus
Dowex	HCR
Permutit	Q - 100.

Katyon değiştirici reçineler basınçlı çelik kaplarda veya açık betonarme havuzlarda muhafaza edilebilir. Basınçlı kaplar, açık beton havuzlara nazaran daha az kullanım alanına sahiptir.

Kasyon değiştirici 3 tip reçine için Tablo (4.1)'de işletme özellikleri verilmiştir.

Tablo 4.1'de Amberlite 1R-120 Plus, Duolite C-20 ve Permutit Q-100 reçine eitlerinin işletme özellikleri verilmektedir.

Parametreler	Birimler	Reçine Tipleri		
		Alberlite 1R-120plus	Duolite C-20	Permutit Q-100
Giriş Debisi	lt/sn/m ³	4,45	4,45-11,14	4,45~8,90
Değiştirme Kapasitesi	Kg/m ³ reçine	40-78,9	41,2-84,6	94,70
Minumun Yatak Derinliği	mm	609,6	609,6	609,6
Geri Yıkama Debisi	lt/sn/m ²	4,07-22 ⁰ C	4,07-5,43 10 ⁰ C	---
Geri Yıkama Su Miktarı	lt/m ³	409,5	1336,5-6682,5	---
Rejenerasyon Konsantrasyonu	% NaCl	10	10-20	10-14
Rejenerasyon Hızı (Q)	lt/sn/m ³	1,1-2,2	0,44-2,22	1,10
Rejenerasyon Seviyesi	kg NaCl/m ³ reçine	80,1-480,6	80,1-320,4	88,11-256,32
alkalama Debisi	lt/sn/m ³	2,20 (Baş-)(2,20 Başlan) 3,30(sonra 5 (sonra)		---
alkalama için Gerekli su miktarı	lt/m ³	3341,3- 10023,8	1336,5- 6682,6	3341,3- 6682,6

Reçineler genel olarak iki büyük grup altında toplanır.

- 1- Kondensasyon Polimerizasyonları
- 2- Toplama polimerizasyonları

Kondensasyon polimerizasyonu iki veya daha fazla bileşiğin, daha iri moloküller meydana getirecek şekilde birleştirilmesinden ibarettir. Bu esnada H_2O , $NaCl$ v.b. basit moloküller saf dışı kalır. Fenol ile formaldahid arasındaki reaksiyon böyle bir reaksiyondur.

Toplama polimerizasyonunda aynı bileşimin veya benzeri bileşimlerin iki veya daha çok sayıda molokülleri birleştirilerek daha iri moloküller meydana getirilir. Fakat burada küçük moloküller saf dışı tutulamaz ve molokülün ağırlığı polimerizasyona giren moleküllerin toplamının ağırlığına eşittir.

Organik bileşiklerden, karbonla iki veya üçlü bağıntısı olan gruplar ($\text{>C} = \text{C}'$ ve $\text{-C} = \text{C}'$) polimerize edilebilirler, bugünün en önemli plastik maddelerinin ve iyon değiştirici reçinelerin başlangıç noktası olmaktadır(5)(14).

İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN KAPASİTESİ

İyon değiştirici maddelerin kapasitesi, bir litresinin aldığı, $CaCO_3$ cinsinden, Mg olarak sertlik miktarı ve bunun eşdeğeri olan birimlerle ölçülür. <<Gram $CaCO_3$ /litre reçine>> birimi de çok kullanılır. <<Derece fransız sertliği/ m^3 su / litre reçine = 10 gram $CaCO_3$ sertliği/litre reçine>> suyun $CaCO_3$ cinsinden sertlik konsantrasyonu (ppm birimine göre) C olsun, bu su V hacminde reçine kullanılarak yumuşatılacaktır. Reçinenin iyon değiştirme kapasitesi de <<gram $CaCO_3$ sertliği / litre reçine>> cinsinden P olsun. Buna göre iki rejenerasyon arasında yumuşatılabilecek, m^3 cinsinden Q'su miktarını bulmak için

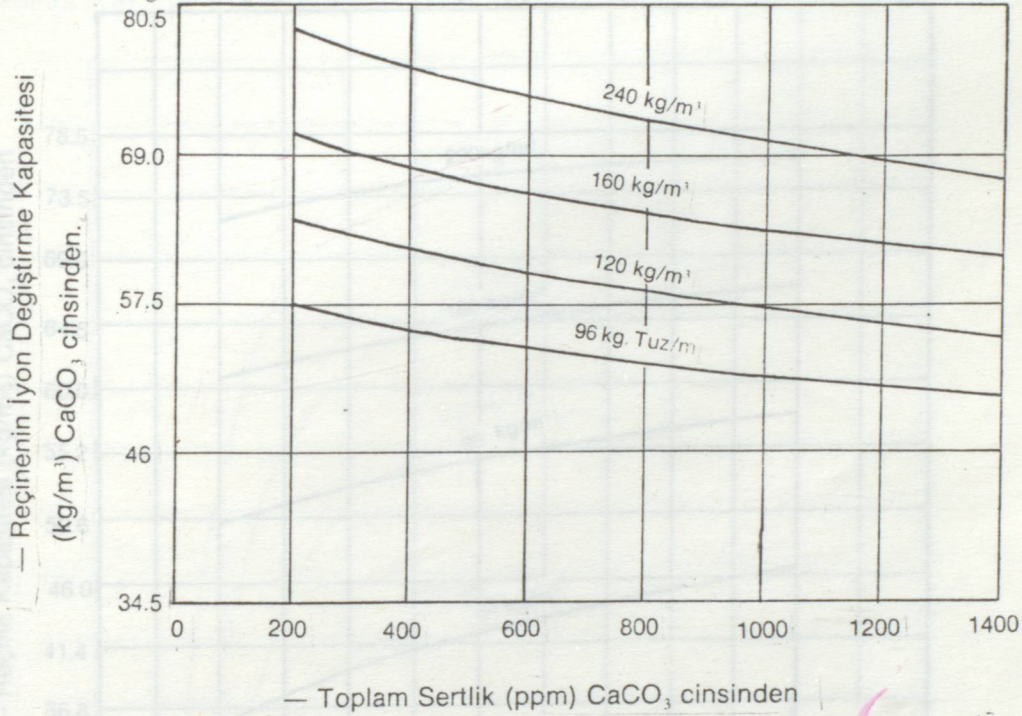
$$Q = \frac{V \cdot P}{C} \quad (4.14)$$

denklemini kullanılır.

C = Fransız derecesi cinsinden

P = <<Metreküp sudaki Fransız derecesi/litre reçine>> verildiği zamanda aynen kullanılır.

Şekil (4.6)'da işletme kapasitesinin Reçinenin iyon değiştirme kapasitesine etkisi gösterilmiştir.

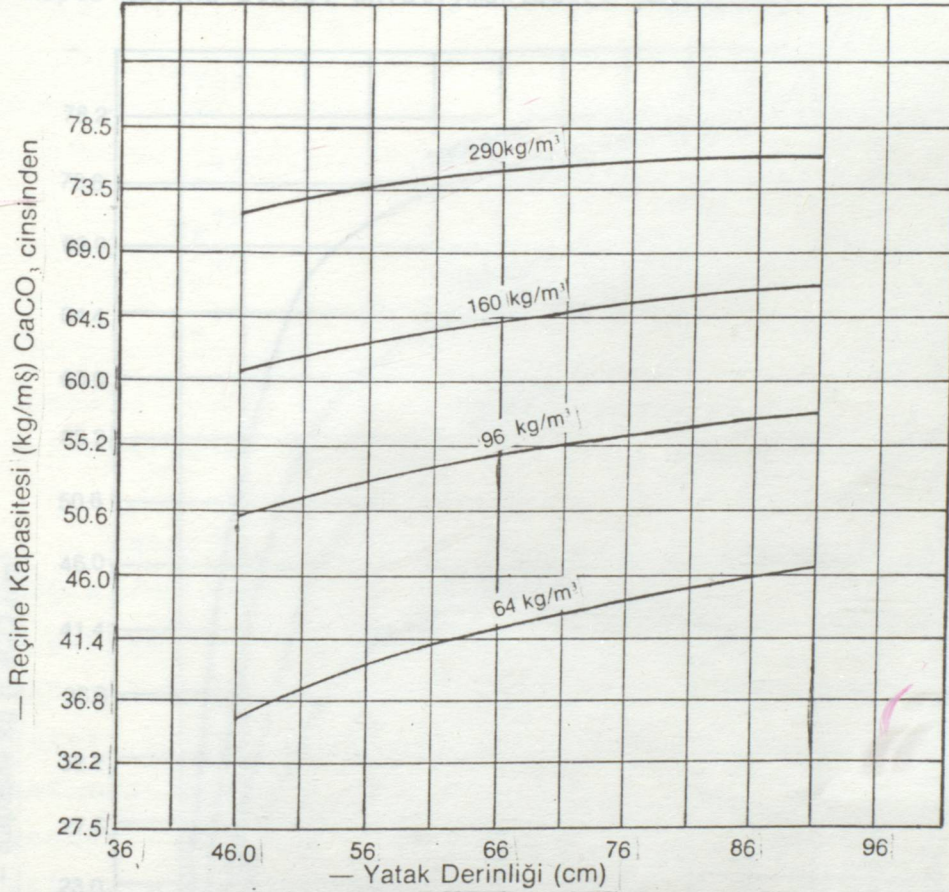


Şek. 4.6. Katyon Değiştirici Reçinenin İşletme Kapasitesi (Rejenerat Konsantrasyonu %10 NaCl)

İyon değiştirme kapasitesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- 1- İyon değiştirici malzemenin tabiatına
- 2- Suyun, iyon değiştirici yataktan geçiş hızını
- 3- Suyun içindeki madensel tuzların miktarını
- 4- Kullanılan rejenerasyon maddesinin miktarına
- 5- Rejenerasyon metoduna
- 6- Arzu edilen arıtım derecesine
- 7- Yatak derinliğine

Maksimum kapasite reçine, ihtiyacından oldukça fazla rejenerasyon maddesiyle, iyice rejenere edildikten sonra içerisinde, iyonlarını tamamen tüketinceye kadar, tuzlu su geçirmek suretiyle belirlenir. Bu işlem esnasında, reçinenin tuttuğu toplam iyon miktarı ağırlığına maksimum kapasite demir iyon değiştirme kapasitesi ile yatak derinliğinin fonksiyonel ifadesi aşağıdaki şekil (4-7)' de gösterilmiştir.

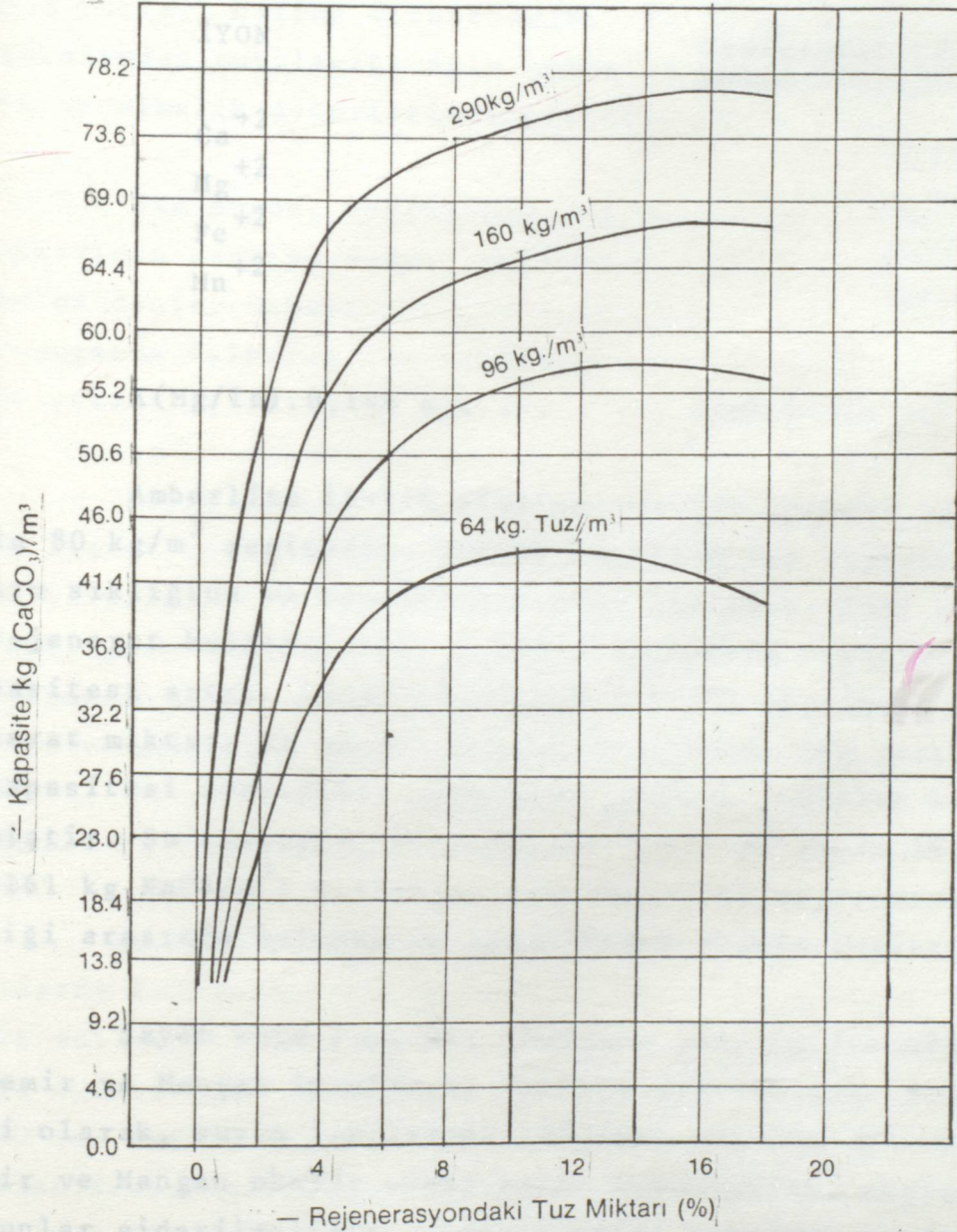


Şek. 4.7. Yatak Derinliğinin İyon Değiştirme Kapasitesine Etkisi (Toplam Sertlik 300 ppm=30 °F, Q14.45 L/sn/mş debide, %10'luk NaCl rejenerat çözeltisi ve 50 dakikalık temas süresi olması hali) Bazı değiştiri maddelerin kapasiteleri aşağıdadır.

Doğal Zeolit (Yeşil Kum)	: 5700-6900 mg sertlik/lit.reçine
Jel zeolit	: 11500-27600 mg sertlik/lit.reçine

Şek. 4.8. Tuz Döğeme ve Tuzun Etkisi
(Toplam Sertlik 300 ppm=30 °F, Q14.45 L/sn/mş debide, %10'luk NaCl rejenerat çözeltisi ve 50 dakikalık temas süresi olması hali)

Yeşil kum denilen madde yeşilimsi siyah renkte, ince taneli görünüşte olup kitle yoğunluğu takriben 1,3 kg/lt kadardır. Islak işlemle elde edilen sentetik reçineler soluk gri renkte olup tane çapı 0,3 ilâ 0,5 mm kadardır. Kitle yoğunlukları 0,8 kg/lt kadardır. Aşağıdaki şekil (4.8)'de Tuz dozajının ve kullanılan tuzlu su konsantrasyonunun iyon değiştirme kapasitesine etkisi anlatılmaktadır. (3)(5)(14)



Şek. 4.8. Tuz Dozajının ve Tuzlu Su Konsantrasyonunun İyon Değiştirmeye Etkisi (Toplam Sertlik 300 ppm=30 °F, Q14.45 L/sn/m² debide, %10'luk NaCl rejenerat çözeltisi ve 50 dakikalık temas süresi olması hali)

4.9. SULARIN YUMUSATILMASINDA KULLANILAN İYON DEĞİŞTİRME
Reçinenin kapasitesi, genellikle CaCO_3 cinsinden her bir metreye düşen gram cinsinden hesaplanır. Tablo 4.2'de sertlik verici iyonların değiştirme birimleri verilmiştir.

Tablo 4.2 : Değiştirme Katsayıları.

İYON	Grains/Gal. CaCO_3 cinsinden
Ca ⁺²	0,146
Mg ⁺²	0,240
Fe ⁺²	0,105
Mn ⁺²	0,106

$$X(\text{Mg/lt}).0,146 = \dots \dots \dots \text{Grains/Gal } \text{CaCO}_3$$

Amberlite IR-120 plus'un sertlik giderme kapasitesi 40 la 80 kg/m^3 reçinedir. Gerçek kapasite ise rejenerat'ın kullanım sıklığına ve konsantrasyonuna bağlıdır. Yani ne kadar fazla rejenerat kullanılırsa, o kadar reçinenin sertlik giderme kapasitesi artar. Ancak giderilen sertlik cinsinden birim rejenerat miktarı da artar. Rejenerat miktarı ile sertlik giderme kapasitesi arasındaki ilişkiler çeşitli tablolar halinde verilmiştir. Su tasfiyesi çalışmalarının da 1 m^3 reçin 161 kg NaCl (161 kg NaCl/m^3) kullanımı rejenerat ile rejenerasyon verimliliği arasında bulunan en uygun değer olduğu belirtilmiştir(14).

Şayet kuyu suyu hiç çözünmüş oksijen içermiyorsa reçine demir ve Mangan iyonlarını rahatça giderebilir. Bunun tam tersi olarak, suyun içerisinde çözünmüş oksijen mevcutsa veya, demir ve Mangan okside olmuş halde bulunuyorsa, reçineye gelmeden bunlar giderilmelidir. Giderilmediği taktirde reçine yatağı çabuk kirlenecektir. Ayrıca reçineye giren su da klor bulunmamalıdır. Aksi taktirde reçinenin iyon değiştirme kapasitesi ve ömrü kısılacaktır(14).

4.9. SULARIN YUMUŞATILMASINDA KULLANILAN İYON DEĞİŞTİRME SİSTEMLERİ.

4.9.1. YUMUŞATMA.

1- 225. Bu iş için su, tuzla rejenere edilen, katyon değiştirci bir yataktan geçirilir. Böylece ham sudaki bütün tuzlar sodyum tuzları haline dönüştürülür. Ca ve Mg iyonları da reçine tarafından tutulacağı için suyun sertliği 0'a yaklaşır. Fakat PH ve alkalik değerlerinde bir değişiklik olmaz.

3- 225. Ham suyun, uyarılmış reçine yatağı içinden, genellikle yukarıdan aşağıya doğru, geçirerek yumuşatılması olayına yumuşatma denir. Cihazdan çıkan suyun sertliği 1-5 ppm'e çıkınca yumuşatma işlerine son verilerek tekrar kabartma, rejenerasyon ve yıkama işlemlerine geçilir.

5- Yumuşak sularda piğer yemeklerin renk ve gbrlrini daha gözü. Suyun reçine de arıtılmasında su girişi reçine tabakasına alttan veya üstten verilebileceği gibi, üstten su girişi daha elverişlidir. Giriş hızı, reçine tipine ve giriş suyunun sertliğine bağlı olarak 0,27-0,67(m³/m/m³) arasında değişir. Reçinenin kolon derinliği, giriş suyunun sertlik konsantrasyonuna ve reçinenin değiştirme kapasitesine bağlıdır.

4.9.2. EV YUMUŞATMASI

Amerika'da 1962 yılında bir araştırma, su sertliği ile evlerde kullanılan yumuşatma cihazları arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, Şehir suyunun sertliği 200 ppm(20⁰F) ise evlerde %30'u, sertlik 250 ppm ise %60, sertlik 350 ppm ise %90'ını özel yumuşatma cihazı kullanmaktadır. Bunlardan %75'inin cihazlarının kendi malı olduğu, geri kalanın da, cihazları ve tuzlama ile sair işletmelerini suyun sertliğine göre, ayda 2,25 ila 4,5 Dolar arasında bedel ödeyerek kiraladıkları görülmüştür. Ev yumuşatmasında kullanılan zeolitli cihazların ömrünü 10 ila 15 sene kabul etmek mümkündür.

4.10. İYON DEĞİŞTİRİCİLERDE REJENERASYON VE ETKİ

Suyun yumuşatılmasının diğer faydaları.

- 1- %25, kazanların cidarında kireç birikmesi olmayacağı ve ısı nakli kolaylaşacağı için yakıttan tasarruf,
- 2- %18, cidarı taş yapan sıhhi tesisat sistemlerinin tamir, temizleme ve yenileme masraflarından,
- 3- %25, dokuma işlerinin daha az eskime ve yırtılmasından,
- 4- %16, evdeki çeşitli mutfak ve banyo techizatının daha az eskimesinden,
- 5- Yumuşak sularda pişen yemeklerin renk ve görünüşleri daha güzel ve tabii olacaktır. Çay ve kahve %50 daha az malzeme ile yapılabilir.
- 6- Yumuşak sularda cilt bakımı çok daha kolay olur, ve pahalı banyo preparatları kullanılmasına ihtiyaç kalmaz. Banyo tekneleri ve lavobaların kireçlenmesi kalkacağından bakımları kolaylaşır. Traş bıcaklarının ömrü %20 kadar artabilir(5).

Rejenerasyon için kullanılan malzemenin miktarı, malzeme miktarı ve malzeme miktarı kale alınarak değerlendirilmelidir.

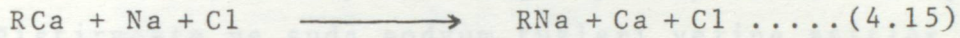
Rejenerasyon için kullanılan malzemenin miktarı, malzeme miktarı ve malzeme miktarı kale alınarak değerlendirilmelidir.

Rejenerasyonda kullanılan malzemenin miktarı, malzeme miktarı ve malzeme miktarı kale alınarak değerlendirilmelidir.

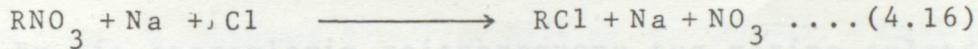
4.10. İYON DEĞİŞTİRİCİLERDE REJENERASYON VE ÖZELLİKLERİ.

Normal şartlarda zeolitten geçirilen suyun sertliği tamamen giderilmiştir. Eğer zeolitte, sodyum iyonları çok azalmış veya kalmamışsa vazifesini yapamaz. Bu taktirde zeolite tekrar sodyum iyonu vermek lazımdır. Bu maksatla zeolit yatağı içinden sofrata tuzu eriyiği geçirilir ve zeolit bu eriyikle yıkandıktan sonra tekrar servise sokulur. Bu taktirde;

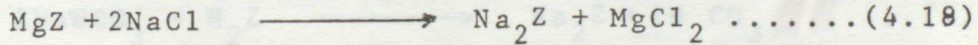
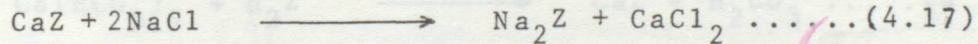
Kasyonlu reçinelerde;



Anyonlu Reçinelerde;



Başka bir yazılış şekli ile;



Bu denklemler husule gelir ve CaCl_2 suda eridiğinden dışarıya atılır. Zeolitte, sertlik yapan iyonların atılmasına rejenerasyon denir. Suyun sertlik derecesi, zeolitten geçen su miktarı, zeolitın sertlik tutma kapasitesi ve zeolitın miktarı kale alınarak rejenerasyon aralığı tesbit edilir.

Rejenerasyon için en fazla 30 dakikalık bir müddet kâfi gelmektedir. Bunun için lüzumlu tuz miktarı, 100 gram CaCO_3 sertliği için 225-350 gram arasındadır.

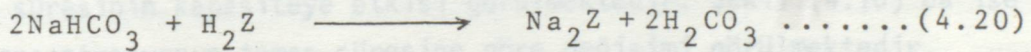
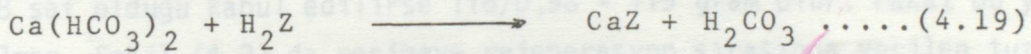
Rejenerasyonda kullanılan tuzlu su konsantrasyonu reçinenin iyon değiştirme kapasitesine etkisi oldukça azdır. Meselâ (Amberlite 1R-120 plus) reçinesine bakıldığında %10'luk NaCl rejenerasyon çözeltisinin yerine % 4'lük NaCl çözeltisi kullanıldığında, reçinenin kapasitesindeki verim %7'lik bir azalma gösterir.

4.11.1. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN REJENERASYONUNDA KULLANILAN PRATİK TUZ

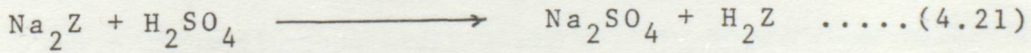
Bundan daha önemli olan faktör ise rejenerasyon çözeltisinin reçineden geçme hızıdır. Yani küçük hızlarda verilen çözelti, reçinenin tuzlu su konsantrasyonuyla daha çok temas etmesini sağlar. Rejenerasyon çözeltisinin debisinin $0,133 \text{ m}^3/\text{m}^3$ den fazla olması istenmez. Reçinenin verimine etki eden durum rejenerasyon çözeltisinin debisinin fazla olmasıdır.

Son senelerde çeşitli zeolit tipleri piyasaya sürülmüştür. Bunlar küresel granüler halindedir. Hepsinin yumuşatma prensibi, iyonların yer değiştirmesine dayanmaktadır. Meselâ, hidrojen zeolitte, kalsiyum ve Magnezyum iyonları hidrojenle yer değiştirmekte ve suda sodyum tuzları yerine asitler meydana gelmektedir. Husule gelen karbonik asit, suyu havalandırmak suretiyle giderilebilir.

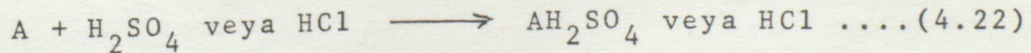
Bu tip apareylerin rejenerasyonu tuz yerine sulandırılmış asitlerle yapılır.



Rejenerasyon :



Son araştırmalarda, iyon değiştirme metodunda anyon değiştiren veya asit adsorbe eden maddelerde bulunmuştur. Bu maddeler içinden asitli su geçirilirse, su içinde erimeyen bileşikler meydana gelir. Asit adsorbe eden maddeyi "A" ile gösterirsek.



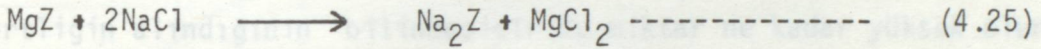
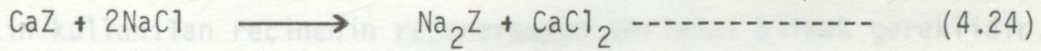
olur. Bu tip cihazın rejenerasyonu için soda kullanılabilir.



REJENERASYON ÖZELLİKLERİ

4.11.1. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN REJENERASYONUNDA KULLANILAN PRATİK TUZ İHTİYACI

Pratikte 100 gram sertlik için tuz ihtiyacı 225 ila 350 gram arasında değişir. Buna da sebep reçinelerin Ca ve Mg'u Sodyumdan daha çok sevmesidir. Sodyumu kabul ettirebilmek için <<Kitle Etkisi>> yapılmasına yani, gereğinden çok fazla Na iyonu göndererek Ca ve Mg'ların sökölüp yerlerinden atılması sağlanır. Zira normalde,



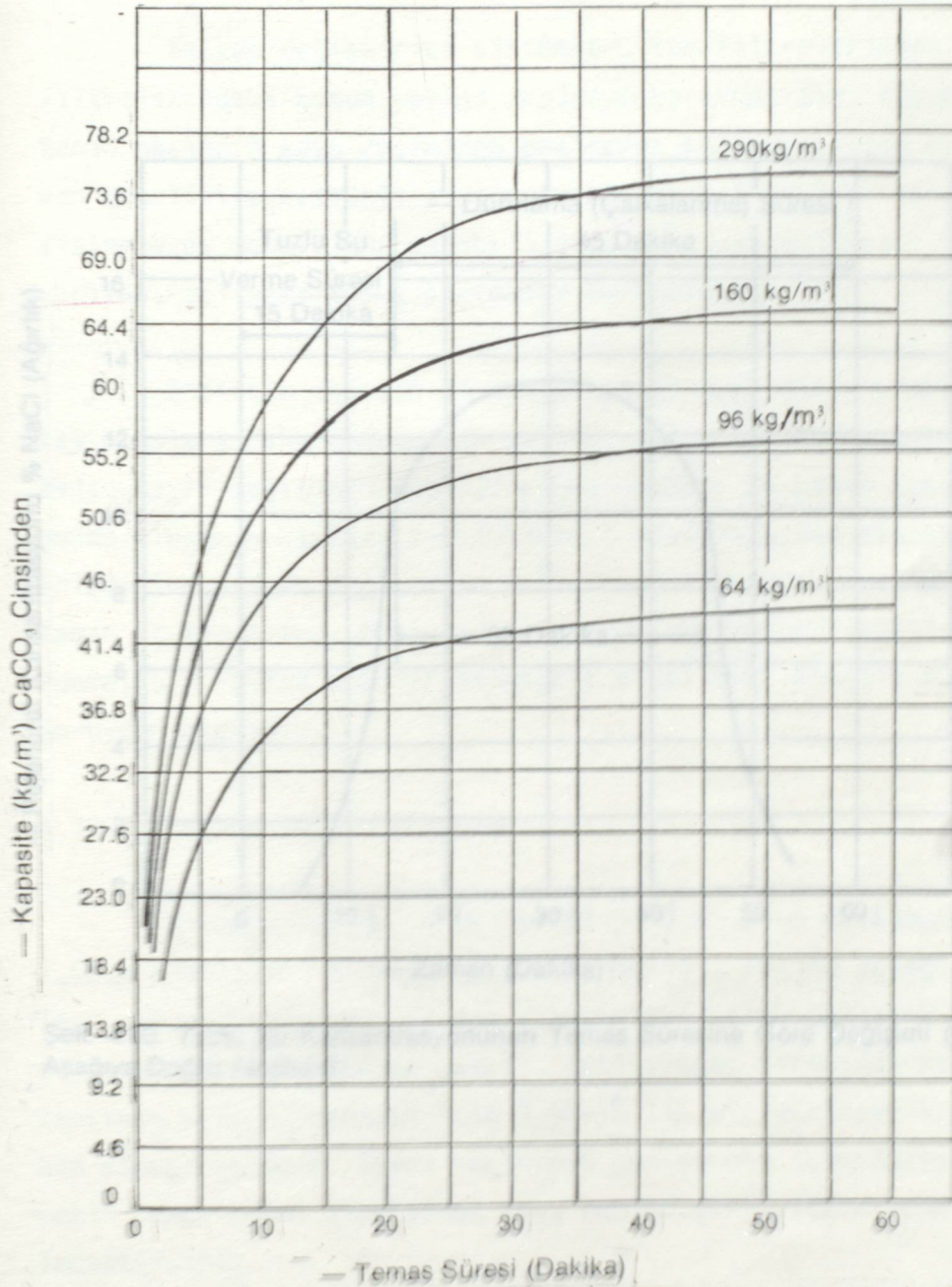
şeklinde olan rejenerasyon işleminde 1 kısım Ca veya Mg için 2 kısım NaCl gereklidir. Halbuki 40 gram Ca ve 24 gram Mg'un meydana getirdiği sertlik kalsiyum karbonat cinsinden birbirine eşit ve 100 gramdır. O halde, 100 gram sertlik için 2 kısım NaCl kullanılmaktadır. Tuzun molokül ağırlığı da 58 gram ve 2 mol olduğundan $2 \times 58 = 116$ gram olarak bulunur. Piyasadaki tuzlar % 98 saf olduğu kabul edilirse $116/0,98 = 119$ gram olur. Fakat bu yeterli olmaz. Şekil (4.9) da reçineye rejenerasyon sırasında verilen tuzun verilme süresinin kapasiteye etkisi görülmektedir. Şekil (4.10) da ise tuzlu su konsantrasyonunun temas süresine göre değişimi görülmektedir.

REJENERASYON ÖZELLİKLERİ

İyon değiştirici maddeler sudaki Ca ve Mg 1 ppm (mg/m^3) in altına kadar düşürebilir. Yumuşatma devresinin sonuna doğru, cihazdan çıkan su yavaş yavaş tekrar sertleşmeye başlar. Böylece yumuşatma devresinin sonuna erişilir. Normal olarak, sertlik tekrar 5 ppm'e varıncaya yumuşatma devresinin tamamladığı anlaşılır ve reçinenin rejenere edilmesi gerekir. Rejenerasyon, reçine yatağını % 5 ila 10 konsatrasyonlu sodyum klorür solüsyonu ile yıkamak suretiyle yapılır. Rejenerasyon, hiç bir zaman % 100 tam değildir ve yumuşatmanın en ekonomik şartlar altında yapılabilmesi için kullanılan reçinenin rejenerasyon verimini bilmek gereklidir. Rejenerasyon veriminden maksat beher kilogram rejenerant, madde ile kaç gram sertliğin alındığının bilinmesidir. Bu miktar ne kadar yüksek olursa uyarma verimi o kadar yüksek demektir. Uyarma verimi, reçine yatağını iyice geçirdikten yani sertlik iyonları ile doyurulduktan sonra çeşitli miktarda tuzla rejenere etmek ve her rejenere etmek ve her rejenerasyon derecesi ile giderilen sertlik miktarını ölçmek suretiyle tayin edilir.

4.11. DURULAMA SAFHASI

Rejenerasyondan sonra, reçine içerisinde yerleşen tuzların giderilmesi gerekir. Başlangıçtaki durulama hızı, rejenerasyonda kullanılan hızın aynısı olmalıdır. Durulama suyu, rejenerasyon işleminin hemen sonrasında verilmelidir. Reçine yatağı bir veya iki defa yıkandıktan sonra, akış hızı $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 'e çıkarılmaktadır. Bu işleme, sodyum konsantrasyonundan 5 mg/lt fazla oluncaya kadar devam edilir. Bu durulama safhaları yavaş ve hızlı olmak üzere iki kısımda incelenebilir.

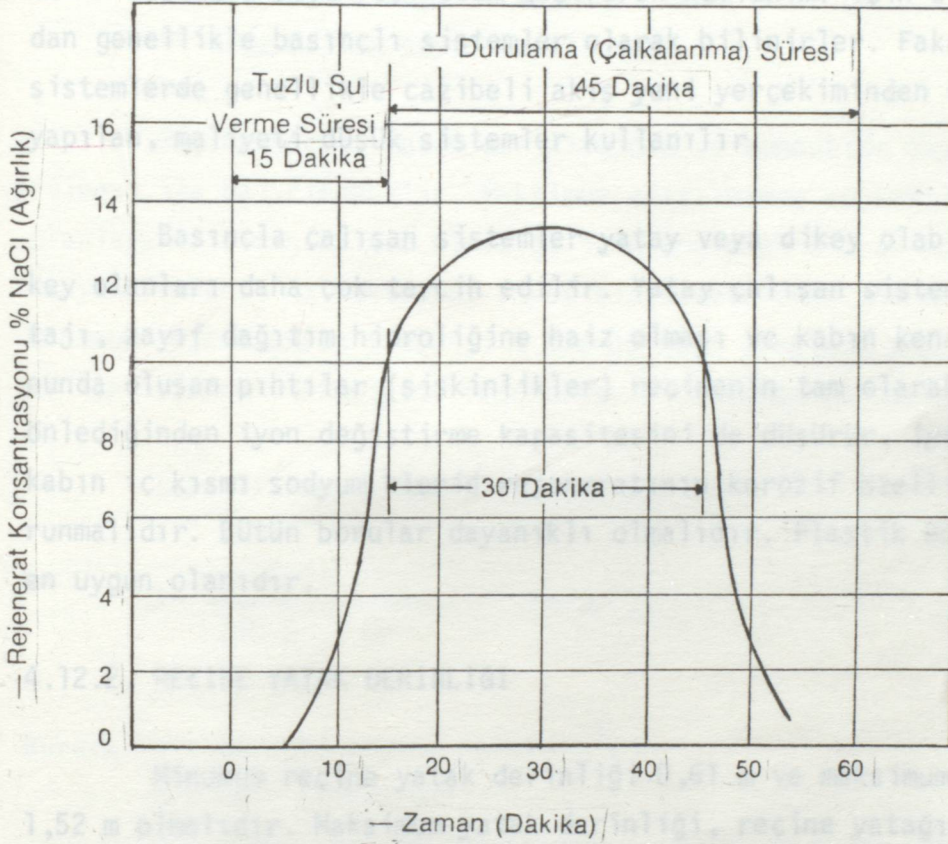


Şek. 4.9. Tuz Dozajının ve Temas Süresinin İyon Değiştirme Kapasitesine Etkisi
(Toplam Sertlik 300 ppm=30 °F, Q=4.45 l/sn/m³ Debide, %10'luk NaCl Rejenerat Çözeltisi ve
50 Dakikalık Temas Süresi Olması Hâli)

4.12. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN DİZAYNINDA GÖZ ÖNÜNE ALINACAK HUSUSLAR

4.12.1. İYON DEĞİŞTİRİCİ KABLAR

Katyon değıştirici sistemler, kum filtrelerinden tek farkı kum filtrelerindeki kumun yerini reçineye bırakmasıdır. Küçük tesisler, sistem basıncıyla suyu reçineden geçirerek kullanımı için elverişli olduğundan genellikle basıncılı sistemlerdir. Fakat daha büyük tesislerde sistemlerde basınçlı su kullanımı için elverişli olmadığından basınçsız sistemler kullanılır.



Şek. 4.10. Tuzlu Su Konsantrasyonunun Temas Süresine Göre Değişimi (Rejenerasyon Aşağıya Doğru Akışlıdır)

Reçinelerin geri yıkama sırasında reçinenin yatakta kalması için 50-75 lik bir genişleme kapasitesine sahip olması gerekir. Sayet reçinenin genişlemesi için dizayn sırasında gerekli temas zamanı bırakılmaz ise, reçine geri yıkama esnasında kaybedilecektir. (36)

4.12. İYON DEĞİŞTİRİCİLERİN DİZAYNINDA GÖZ ÖNÜNE ALINACAK HUSUSLAR

4.12.1. İYON DEĞİŞTİRİCİ KABLAR

Katyon değıştirici sistemler, kum filtrelerinden tek farkı kum filtrelerindeki kumun yerini reçineye bırakmasıdır. Küçük tesisler, sistemin basınçla suyu reçineden geçirerek kullanımı için elverişli olduğundan genellikle basınçlı sistemler olarak bilinirler. Fakat daha büyük sistemlerde genellikle cazibeli akış yani yerçekiminden faydalanılarak yapılan, maliyeti düşük sistemler kullanılır.

Basınçla çalışan sistemler yatay veya dikey olabildiği gibi dikey olanları daha çok tercih edilir. Yatay çalışan sistemlerin dezavantajı, zayıf dağıtım hidroliğine haiz olması ve kabın kenarlarında ve sonunda oluşan pıhtılar (şişkinlikler) reçinenin tam olarak kullanılmasını önlediğinden iyon değıştirme kapasitesini de düşürür. İyon değıştirici kabın iç kısmı sodyum klorid rejeneratının korozif özelliğine karşı korunmalıdır. Bütün borular dayanıklı olmalıdır. Plastik borular bu iş için en uygun olanıdır.

4.12.2. REÇİNE YATAK DERİNLİĞİ

Minumum reçine yatak derinliği 0,61 m ve maksimum yatak derinliği 1,52 m olmalıdır. Maksimum yatak derinliği, reçine yatağında müsaddele edilen yük kaybı ve geri yıkama sırasındaki yatak genleşme kıssaları esas alınarak yapılır. Reçine yatağı, geri yıkama sırasında reçinenin yıkama tankının altına inmemesi için % 50-75 lik bir genleşme kapasitesine sahip olması gerekir. Şayet reçinenin genleşmesi için dizayn sırasında gerekli temas hacmi bırakılmaz ise, reçine geri yıkama esnasında kaybedilecektir.(14).

4.12.3. KONDAKTÖRÜN BOYUTLANDIRILMASI

Kondaktöre etki eden parametreler;

- 1- Reçine hacmi
- 2- Maksimum arıtılmış su sertliği
- 3- İki rejenerasyon arasındaki zaman aralığı
- 4- Elde edilen suyun depolanması

Reçine hacmi, yatak derinliğinin ve kondaktör sayısının değiştirilmesi ile belirlenebilir. Maksimum arıtılmamış su sertliği, sistemi planlayan kişinin elinde olmadığı için değişken olarak bir tek rejenerasyon frekansı kalmaktadır. Şayet sistem otomatik olarak işletiliyorsa, minimum rejenerasyon frekansı 8 ila 10 saat arasında yapılmalıdır. Ancak el ile işleyen sistemlerde rejenerasyon frekansı 24 saat olmalıdır.

Gerekli reçine hacmi formüle edilerek

$$V = \frac{Q.H.T.}{240.E. \% OP} \quad \text{-(Metrik)} \quad \text{-----} \quad (4.26)$$

Burada V : Gerekli reçine hacmi (m³)

Q : Debi (litre/gün)

H : Giriş suyunun (Arıtılmamış suyun) sertliği (CaCO₃ (mg/lt))

T : Rejenerasyon frekansı, saat olarak (saat)

E : Reçinenin iyon değiştirme kapasitesi (CaCO₃ olarak (g/m³))

% OP : Kondaktörlerin çalışma zamanı

4.12.4. ALT DİRENLER

Kum filtrelerinde olduğu gibi, reçinelerin altına konulan drenler işlem sırasındaki suyu toplar, geri yıkama suyunu dağıtır, rejenerasyon esnasında çalkalama ve tuzlu suyun toplanmasını sağlar. İyi debi dağılımı, şayet katyon değiştirici işlemin dört fazı yeterli performans gösterdiği takdirde, çok önemlidir. Drenlerin toplam boşluk (delik) alanı, iyon değiştiricinin yüzey alanını % 0,16 ile 0,18'i arasında olmalıdır. Gözenekli tabakalar veya yanıl dağıtıcı borular iyi dağıtım sağlarlar. Gözenekli tabakalar sadece temiz suyla kullanılır, zira askıda katı maddelerin bu delikleri tıkanması çok kolaydır. Bir çok tescilli drenler mevcuttur.

4.12.5. ÇAKIL TABAKASI

Çakıl tabakası, reçinenin dren sistemlerinden dışarı çıkmasını önlemek ve iyi bir debi dağılımı sağlamak için kullanılırlar. Gözenekli tabakalardan oluşan drenlerde çakıl tabakalarına gerek yoktur. Toplam çakıl derinliği 0,38 ila 0,46 m arasındadır. (14).

4.13. SUYUN SERTLİĞİNİN DETERJAN SARFIYATI ÜZERİNE ETKİSİ

3- Sert sularda, kullanılan sentetik deterjan miktarı da oldukça artmış. 1932 yılında, A.B.D.'de, Hudson ve Boswell sabun, 1961 yılında De Boer ve Larson sabun ve deterjan sarfiyatlarının sertlikle ilişkisini incelemiştir. Bu çalışmalar, sabun ve deterjan sarfiyatının suyun sertliğine bağlı olarak arttığını göstermiştir.

Wilkinsin'in dört şehirde ev yumuşatması kullanıldığından, yumuşatma masrafları, yumuşak suya kıyasla sarfedilen fazla sabun masraflarından dört defa daha fazla olmakta buna rağmen, yumuşatmanın sağladığı diğer yan faydalardan dolayı, halk sularını yumuşatmaya devam etmektedir. Bu yumuşatmanın önemini gösteren bir misaldir.

Wilkinsin şehirlerdeki yumuşatma, belediyeleri tarafından yapılıyorsa 3,78 m³ suya takriben 1 Amerikan Doları kadar para yerine ancak bunun onda birini yani 10 cent ödeyeceklerdi ve neticede sabundan sağlanan ekonomi yumuşatma giderlerinin üstünde olacaktır.

Yalnız, sabunla suyun yumuşatılmasının en pahalı yol olduğu yıllardan beri bilinmektedir. Fakat son zamanlarda çıkan sentetik deterjanlar ve bunların kullanılmasını teşvik için yapılan reklamlar, yumuşatmaya lüzum kalmadığı ve hatta yumuşatmanın daha masraflı olduğu gibi yanlış bir fikrin doğmasına sebep olmuştur. Deterjanların ekserisi bol miktarda fosfat, silikat veya karbonat gibi yumuşatıcı olan maddeler ihtiva eder ve bu sayede esas temizleme güçlerini arttırmaya çalışır.

1958 yılında, Amerika'da, William W. Aultman tarafından yapılan araştırma sonucunda aşağıdaki rapor verilmiştir.

1- Deterjanlar sert sularda o kadar iyi sonuç vermemektedir. Sonuçların değeri sertlik arttıkça düşmektedir.

2- Sertlik iyonları reaksiyonları bozmakta ve kirden bir miktarının çamaşır gözenekleri içinde yeniden birikmesine sebep olmaktadır. Temizliğin iyi olması için suların evvela yumuşatılması lazımdır.

4.14. 3- Sert sularda, kullanılan sentetik deterjan miktarı da oldukça artmaktadır.

4- Yumuşak suya % 0,15 oranında deterjan ilave etmek kafi geldiği halde sertlik 36 °F'a çıktığı zaman sudaki deterjan konsantrasyonunun da % 0,3'e yükselmesi gerekmektedir.

5- Orta seviyedeki suların yumuşatılması ile vasat bir ailenin haftada 200 ila 300 gram kadar deterjan tasarrufu sağlayacağı kabul edilebilir.

Tıp doktoru E. Lee Russell, sodyumun insan sağlığı üzerindeki etkisine ait, 1960-1970 seneleri arasında yayınlanan araştırmaları incelemiş ve özel olarak aşağıdaki hususları tesbit etmiştir.

1- İnsan vücudundaki kan plazması ile sellüler doku arasında bir su dengesi, ayrıca kristalloid ve kolloid bir ekilibriyum mevcuttur. İşte bu denge ve ekilibriyumun sağlanmasında sodyum ve potasyum önemli rolü vardır.

2- Sodyum bol miktarda su çekicidir. Bu yüzden dokularda fazla miktarda su toplansasına sebep olur. Ani su kaybına yol açan bazı hastalıklarda dokular fazla sularını vermez ise vücut ısla tehlikeli sonuçlar doğar. Vücutta fazla sodyum bulunması ise dokuların su vermesine mani olur ve sağlığı tehlikeye atabilir. Ani su kaybına sebep olan haller ıslak, kontrol edilmeyen kusmeler, çeşitli sebeplerle kitlesel hemoraj gibi hallerdir.

3- Kalp kifayetsizliği, hiper tansiyon, böbrek rahatsızlıkları, karaciğer sıfroza ve gebelik hallerinde vücutta su kifayetsizliği hasıl olur. Eğer plazmada da mevcutsa bir miktar su da sodyum tarafından tutulur. Böylece vücut gittikçe susuz kalmaya başlar ve kan dervi ve nefes alıp verme güçleşir, sonuç bilims kadar gidebilir.

4.14. REÇİNENİN SUYA VERDİĞİ SODYUMUN SAĞLIĞA ZARARLARI

İyon değiştirme suretiyle yapılan yumuşatmada tuzla rejenerasyon uygulandığı takdirde sudaki Ca ve Mg iyonları çıkıp, bunların yerine Na iyonu girmekte, böylece sudaki Na konsantrasyonu yükselmektedir.

Halbuki, fazla sodyum alınmasının, sağlık yönünden, vücuda zararlı olduğuna dair birçok literatür mevcuttur. Fakat bunlardan ancak birkaçı içme suyu ile alınan Na'a aittir ve bu araştırmalarda ortaya fazla bir Şey koymamaktadır.

Tıp doktoru E.Lee Russel, sodyumun insan sağlığı üzerindeki etkisine ait, 1960-1970 seneleri arasında yayımlanan araştırmaları incelemiş ve zet olarak aşağıdaki hususları tesbit etmiştir.

1- Inşan vücudundaki kan plazması ile sellüler doku arasında bir su dengesi, ayrıca kristalloid ve kolloid bir ekilibriyum mevcuttur.İşte bu denge ve ekilibriyumun sağlanması sodyum ve potasyumun önemli rolü vardır.

2- Sodyum bol miktarda su çekicidir. Bu yüzden dokularda fazla miktarda su toplansasına sebep olur. Ani su kaybına yol açan bazı hastalıklarda dokular fazla sularını vermez ise vücut için tehlikeli sonuçlar doğar. Vücutta fazla sodyum bulunması ise dokuların su vermesine mani olur ve sağlığı tehlikeye sokabilir. Ani su kaybına sebep olan haller isal, kontrol edilmeyen kusmalar, çeşitli sebebli kitlesel hemoraj gibi hallerdir.

3- Kalp kifayetsizliği, hiper tansiyon, böbrek rahatsızlıkları, karaciğer sirozu ve gebelik hallerinde vücutta su kifayetsizliği hasıl olur. Eğer plazmada Na mevcutsa bir miktar su da sodyum tarafından tutulur. Böylece vücut gittikçe susuz kalmaya başlar ve kan devri ve nefes alıp verme güçleşir, sonuç lme kadar gidebilir.

5. BÖLÜM

4- Kardiovasküler ve böbrek hastalıkları kronik hastalıklardır. Böylece hastalar vücutlarındaki fazla sodyumu kolay atamazlar. Bu itibarla bu gibi hastalıklara tutulmuş olanların sağlıkları sodyum yönünden tehdit altındadır. 'de görülen sistem, 15 cm. çaplı...

yapılmış silindirik akımlı bir filtrasyon sistemi...
5- Yüksek sodyum konsantrasyonlu su kullanan bölgelerdeki kardiovasküler ve böbrek hastalıkları ölümlerine dair elde istatistik bilgileri mevcut değildir. (5).

Sistemin su geçirir... ve sistemden geçen miktar...
tir. Çeşme ile pilot sistemi...
tir. Giriş ucunda skript...
tutması için sistemin...
ne çapı 1-2 mm) geri kademeli...
tir. Kolonun giriş ve çıkış...
tiları kullanılmaktadır.

Deney esnasında...
delerin, tüpün hacmini ve...
azaltacağına tesviki için...
ları tayin edilmiştir.

Sistemin...
kıda kati...
tirici...
hemen...
konulmuştur. Bu...
sebebiyle...
için...
yüksek...
miştir. Sistem...

5. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Şekil 5.7.'de görülen sistem, 15 cm. çaplı plastik malzemeden yapılmış sürekli akımlı bir filtrasyon modelidir. Bu pilot sistem içerisinde aşağıdan yukarıya doğru sırayla kum filtre, reçine ve aktif karbon sistemleri bulunmaktadır.

Sistemin su geçirme kapasitesi litre/dak. birimi ile belirlenmiş ve sistemden geçen maksimum debi $Q = 1500$ ml/dak. olarak tespit edilmiştir. Çeşme ile pilot sistemin bağlantısı plastik bir hortumla sağlanmıştır. Giriş ucunda akışın piston akış olması ve askıdaki katı maddeleri tutması için sistemin en alt kısmına yerleştirilen kum tabakasının (Dane çapı $1 \sim 2$ mm) geri kaçamaklarını engellemek için süzgeç kullanılmıştır. Kolonun giriş ve çıkışına siyah bant süzgeç kağıdı ve tıpa bağlantıları kullanılmıştır.

Deney esnasında, filtrasyon kolonuna koyacağımız adsorbant maddelerin, tüpün hacmini ne denli küçülteceği ve suyun akışını ne derece azaltacağını tespiti için adsorbant maddelerin ve reçinelerin yoğunlukları tayin edilmiştir.

Sistemin içerisinde bulunan kum filtresi giriş suyunda bulunan askıda katı maddelerin tutulması ve üst kısma yerleştirilen katyon değiştirici reçinenin geri kaçmasını önlemek için konulmuştur. Kum filtresinin hemen üzerinde 20 cm yüksekliğinde katyon değiştirici çeşitli reçineler konulmuştur. Bu iyon değiştirici reçineleri giriş suyundaki Ca ve Mg'un sebebiyet vermiş olduğu sertliği alması için yani suyun yumuşatılması için kullanılmıştır. Reçinenin üst kısmında ise yine 20 cm yüksekliğinde yüksek adsorblama kapasitesine sahip çeşitli aktif karbonlar yerleştirilmiştir. Sistem basınçla çalıştırılmaktadır.

Alttan giren başlangıç numunesi kolonu tamamen doldurunca kolon içerisinde, önce kum filtresinden geçerek içerisindeki askıda katı maddeleri bırakarak yukarıya doğru çıkar. Daha sonra, 20 cm'lik reçine kolonuna gelen suyun burada içerisinde taşıdığı Ca ve Mg iyonlarını reçinenin Na iyonlarıyla yerdeğiştirerek sertliğini 28⁰F'dan 2⁰F'a kadar düşürür.

2- BCl, KCl, TCC değerlerinin düşürülmesi

Reçine kolonundan sertliği alınmış olarak çıkan su numunesi, yukarıya doğru yükselirken adsorbant madde olarak kullanılan aktif karbon tanecikleriyle temasta bulunur. Bu temas sırasında bulanıklık, koku, renk vs. meydana getiren kirlilikler aktif yüzeyler tarafından bünyeye çekilirler. Tanecik büyüklüğünün temas süresinin ve geniş debisinin adsorbsiyon hızını önemli ölçüde etkilediği göz önüne alınarak kullanılan adsorbantların tanecik büyüklüklerinin aynı çapta olmasına dikkat edilmiştir. Su 45 cm yükseldikten sonra üstteki tıpayaya gelerek buradaki süzgeç kağıdından geçer. Buradaki süzgeç kağıdında aktif karbonun dışarıya çıkmasını engellemek için konulmuştur. Bu işlem devamlı olduğu için başlangıçtan 10 sn. sonra sürekli bir akış hali oluşur, yani giren su debisi yük kaybı ihmal edilirse aynı değerde çıktığı kabul edilir.

Sisteme giren ve çıkan suların pH, sıcaklık, sertlik, renk, bulanıklılık ve tat değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

Deneylerde kullanılan aktif karbon ve reçinelerin genel özellikleri.

AKDOLIT HYDRO-SORB 601 AKTİF KARBONU

Genel Bilgiler :

Hydro-Sorb 601, taş kömüründen elde edilen dış etkilere dayanıklı (yıpırma gibi) ve yüksek aktiviteye sahip granül karbondur. Yüksek yıpırma dayanıklılığı ve dökme yoğunluğu (bulk-density) sebebiyle alışılmış yıkama suyu hızlarında (geri yıkama sırasında) malzeme kaybı söz konusu değildir. Hydr-Sorb 601 kolay ıslanabilen ve yüzmeyen bir yapıya sahiptir ve gözenek yapısı su içindeki düşük ve yüksek moleküllü maddelerin adsorbsiyonu için idealdir.

Kullanım Alanı :

Hydro-Sorb 601, içme suyunda aşağıdaki işlemler için üretilmiştir.

1- Koku, değişik lezzet verici ve renkli maddelerin adsorbsiyonunda.

2- BOI, KOI, TOC değerlerinin düşürülmesi

3- Klor ve Ozon giderilmesi

Hydro-Sorb 601 ile işlem görecektir olan su, işlemde önce demir ve mangan miktarı açısından içme suyu içindeki değerlerde olmalıdır.

Aşırı bulanık olmayan sular, ters yıkamanın normal yıkama suyu hızıyla mümkün olması sebebiyle Hydr-sorb 601 ile temizlenebilir. Aşırı bulanık hallerde ise suyun ihtiva ettiği organik maddeler yüzünden istenen adsorbsiyon elde edilemez. Bu aktif kömür yüksek ozon giderme kapasitesine sahip olduğundan yüzme havuzlarında çok kullanılır.

HYDRO-SORB 601 AKTİF KARBONUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Tanecik Büyüklüğü	: Yaklaşık 1-3 mm
Dökme Büyüklüğü	: 400 ± 20 kg/m ³
B.E.T.'e göre Toplam Yüzey	: Yaklaşık 1000 m ² /gr
İyod Sayısı	: Yaklaşık 1000 mg/gr
Fenol Yükleme (DIN 19503'e göre)	: 22 ± %2 (0,5 g/s geri miktar bırakıldığında)
Klor giderme Kapasitesi (DIN 19603'e göre yarı değer uzunluk olarak)	: 9 ± 1 cm
Kül Miktarı	: < % 4,5
Islak Yoğunluk	: Yaklaşık 2,7 g/cm ³
Dökme Yoğunluğu	: Yaklaşık 1,05 t/m ³

PUROLITE AC 20 G TİPİ AKTİF KARBON TEKNİK ÖZELLİKLER

<u>İşlem</u>	<u>Filtre Kolon Yüksekliği (m)</u>	<u>Filtre Hızı (m/h)</u>
Genel Temizleme	2-3	10-20
Klor Giderme	1-1,5	20-30
Ozon Giderme	1-1,5	50'ye kadar

Son derece dayanıklı fiziksel bir yapıya ve yüksek bir dansiteye sahip olması, benzerlerine göre iki misli bir adsorbsiyon kapasitesi ve termal ve fiziksel şoklara karşı bir mukavemet sağlar.

AKIŞ HIZLARI

Basıncılı Sistemlerde	: 10-30 m/h
Cazibeli Sistemlerde	: 5-15 m/h
Geri Yıkamada	: 30 m/h

Aktif karbonun klor adsorbsiyon kapasitesi temas zamanı ile çok bağlantılıdır. (l/h/l) olarak ifade edilen operasyon spesifik akış hızı, temas zamanı ile (1/h/l) olarak ifade edilir. Akış hızı arttıkça temas süresi artar ve dolayısıyla aktif karbonun klor adsorbsiyon kapasitesini de art-

KOLONDAKİ AKTİF KARBON YÜKSEKLİĞİ

Basıncılı Sistemlerde	: 1-2,0 m
Cazibeli Sistemlerde	: 1,5-3,0 m

Aktif karbon filtresine beslenen suyun serbest klor konsantrasyonu 2 ppm'i geçerse, 8 ila 16 l/h/l spesifik akış hızları arasında bir operasyon önerilir. Aktif karbonun klor gazını uzak-

BASINÇ KAYIPLARI

1000 mm yüksekliğindeki bir reçine kolonunda ortalama olarak, sıcaklığı 20°C ve suya askıda maddelerin bulunmadığı halde organik kirliliğin olmadığı su için:

<u>Filtre Hızı m/h</u>	<u>Basınç Kaybı m. bar</u>
10	4,7
20	12,7
30	21,5
40	32,4
50	43,7

PUROLITE AC 20 G TİPİ GRANÜL AKTİF KARBON

- Prolite AC 20 G, eski mineral yapılı bir kömür olan antrasit' den termal aktifleştirme prosesi ile elde olunan ve yüksek ve alçak yoğunlukta organik maddeleri adsorbe edebilen, rejenere edilebilir bir aktif karbordur.

- Son derece dayanıklı fiziksel bir yapıya ve yüksek bir dansiteye sahip olması, benzerlerine göre iki misli bir adsorbsiyon kapasitesi ve termal ve fiziksel şoklara karşı üstün bir mukavemet sağlar.

- Genelde, ham sudan serbest klor gazının ve pis kokuların uzaklaştırılması endüstriyel ve evsel atık sulardan da organik kirleticilerin uzaklaştırılması gayesiyle geniş bir kullanım alanını bulmaktadır.

- Aktif karbonun klor adsorbsiyon kapasitesi temas zamanı ile çok bağlantılıdır. (l/h/l) olarak ifade edilen operasyon spesifik akış hızı, temas zamanı ile ters orantılı yani spesifik hız azaldıkça temas süresi artar ve dolayısıyla aktif karbonun klor adsorbsiyon kapasitesini de artırmış olur.

- Aktif karbon filtresine beslenen suyun serbest klor konsantrasyonu 2 ppm'i geçerse, 8 ila 16 l/h/l spesifik akış hızları arasında bir operasyon önerilir. Şekil 15.1'de 1 litre aktif karbonun klor gazını uzaklaştırdığı m³ suyun miktarı; spesifik akış hızı ve serbest klor konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak veriliyor. Burada, ortam PH'sı 7, artan sıcaklığı 20°C ve suda askıdaki maddelerin bulunmaması halinde organik kirliliğin olmadığı kabul edilmiştir.

- Aktif karbon filtresinin iyi bir çalışma yapması için, filtre yatağındaki aktif karbon periyodik olarak ters yıkamaya alınır. Böylece filtre yatağına takılmış partiküller, oluşan gaz habbecikleri ve kaval-ker bertaraf edilir. Ters yıkama % 40-50, yatak genişletilerek 15 dakika içinde bitirilir. Şekil 15.2'de, ters yıkama doğrusal hızı ve sıcaklık ile genleşme oranı arasındaki bağıntı verilmektedir.

Bu Filtrenin Özellikleri

- Boyutları 0,4 mikrondan büyük olan ve suyun berraklığını bozan her türlü tortuyu (kireç, toz, pas vs.gibi) tutar.
- Suyu renklendirerek doğal görünümünü bozan unsurları yok eder
- Suyun doğal tadını bozan katkı elemanlarının etkisini yok eder
- Klor tad ve kokusunu kesinlikle ortadan kaldırır.
- Koli,koliform,amip,kolera gibi sağlığa zararlı mikroorganizmaları bünyesinde tutar ve imha eder
- Sağlığa zararlı olan en küçük zerrecikleri süzerken insan bünyesi için gerekli olan tabii madensel tuzların geçmesini engellemez

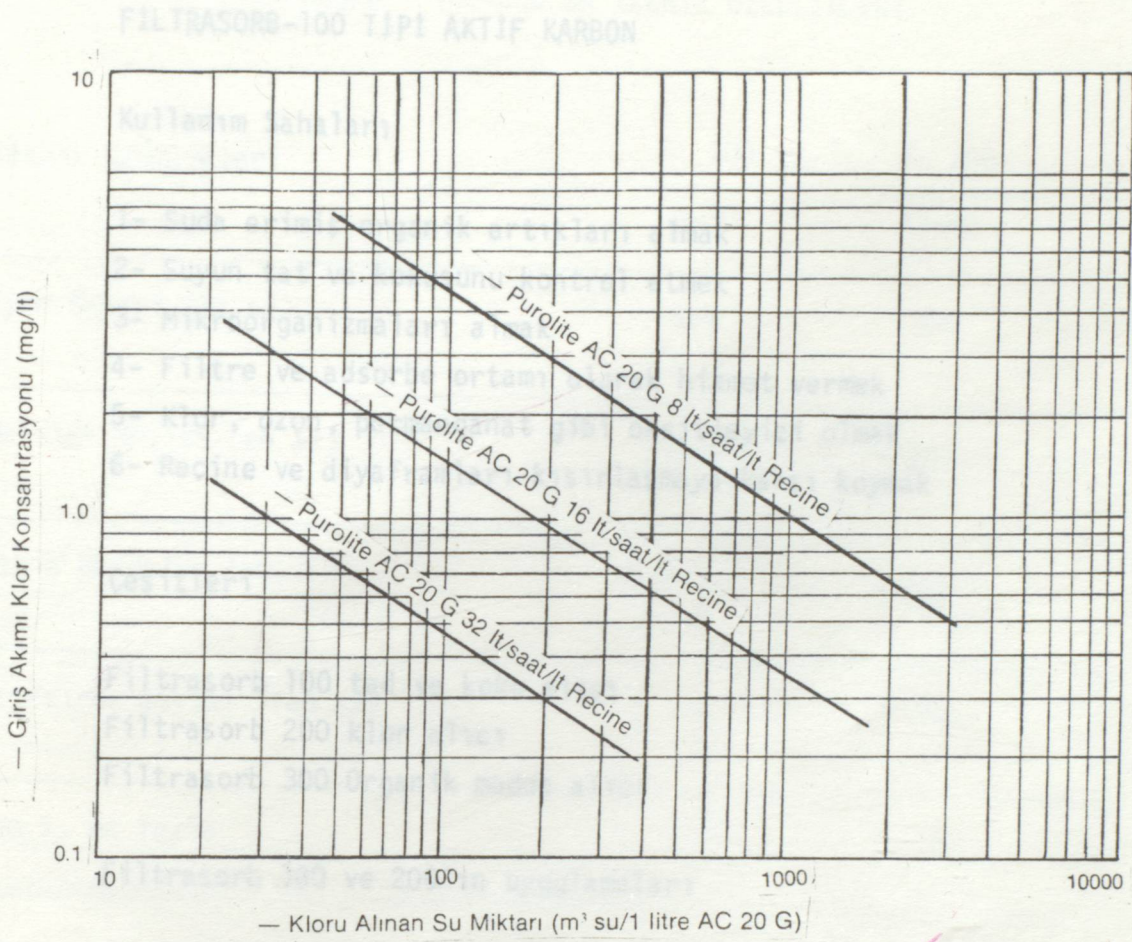
PUROLİTE AC 20 G FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Yapısı	: Siyah ters tanecikli
Nem oranı	: Max % 2
Tanecik Boyutu	: 0,6 - 2,4 mm 0,9 - 1,1 mm (Çoğunlukla)
Dansite	: 480 g/lt (Nakledilirken susuz durumda)
Gerçek Dansite	: 1,4 g/ml (Su içerisinde)

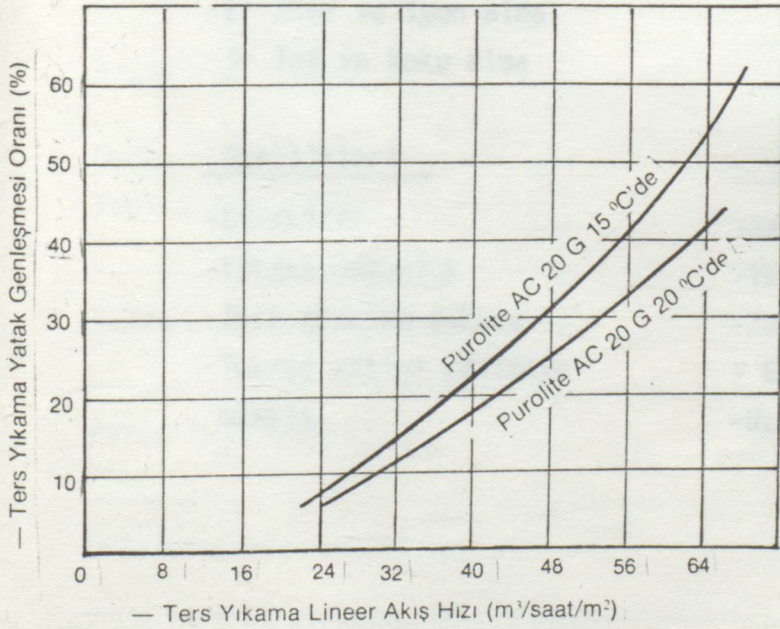
Önerilen Çalışma Şartları

Min Yaf Derinli	-
Klor adsorbsiyonunda	750 mm
Org.Mad. adsorbsiyonunda	1500 mm

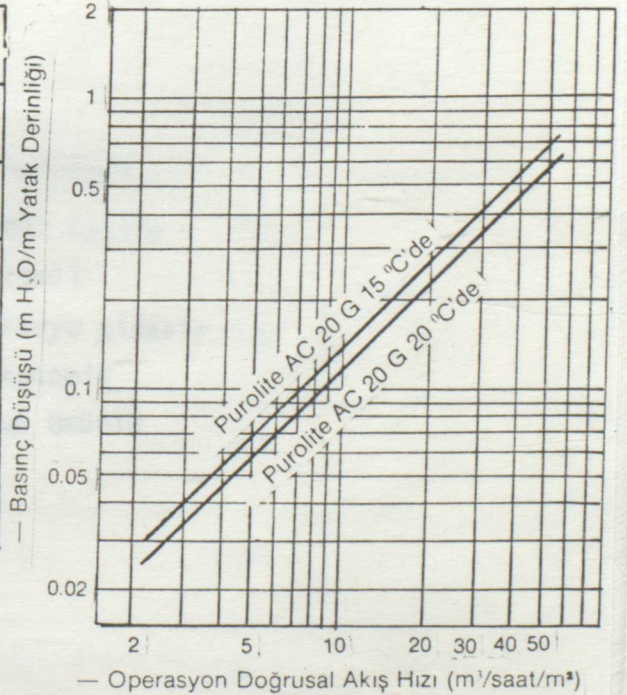
Filtre içindeki aktif karbon oranı	% 70-75 (hacmen)
Ters yıkamada yatak genişleme oranı	% 40-50
Operasyon Spesifik Akış Hızları	
Klor adsorbsiyonunda	8-32 l/h/l
Organik Mad.Adsorbsiyonunda	2-6 l/h/l



Şek. 5.1. Purolite AC 20 G Tipi Aktif Karbonun Diklorizasyon İşlemindeki Klor Giderme Kapasitesi



Şek. 5.2. Purolite AC 20 G Tipi Aktif Karbonunda, Ters Yıkama Hızı ve Sıcaklığın Yatak Genleşmesine Etkisi



Şek. 5.3 Purolite AC 20 G TİPİ AKTİF KARBONDA BASINÇ DÜŞMESİ

FİLTASORB-100 TİPİ AKTİF KARBON

Kullanım Sahaları

Teknik Özellikleri	F-100	F-200
1- Suda erimiş organik artıkları almak	8x30	12x40
2- Suyun tat ve kokusunu kontrol etmek	850	850
3- Mikroorganizmaları almak		
4- Filtre ve adsorbe ortamı olarak hizmet vermek		
5- Klor, ozon, permanganat gibi oksitleyici olmak		
6- Reçine ve diyaframları kısırlaşmaya karşı koymak		

Etkin Bileşenleri	0,8-1,0	0,6-0,7
-------------------	---------	---------

Filtasorb 100 tad ve koku alıcı	75	75
Filtasorb 200 klor alıcı		
Filtasorb 300 Organik madde alıcı		

Nem %, en fazla	2	2
-----------------	---	---

Filtasorb 100 ve 200'ün uygulamaları

- 1- Şehir suyu iyileştirilmesi
- 2- Klor ve iyon alma
- 3- Tat ve koku alma

Özellikleri	Faydaları
-Güvenilir	-Sabit kalite
-Yüksek yoğunluk	-Verimli
-İnce gözenek dokusu	-Tortuyu giderir
-Tekrar aktive edilmeye müsait	-Ekonomik
	-Uzun ömürlü

Ortalama nem % (20°C)	1,60	1,20
-----------------------	------	------

Dağıtım hızı (cm/s)	1,50	2,0
---------------------	------	-----

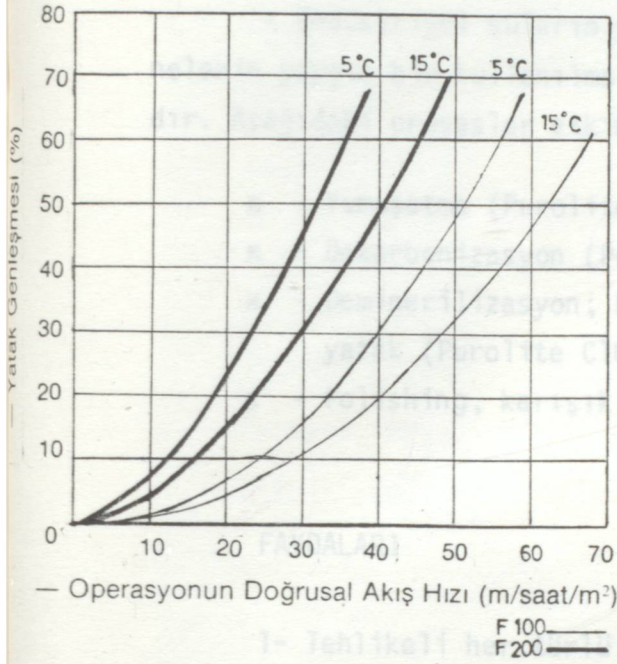
Klorin % (maksimum)	2,40	2,20
---------------------	------	------

FİLTASORB - 100-200'ün TEKNİK ÖZELLİKLERİ

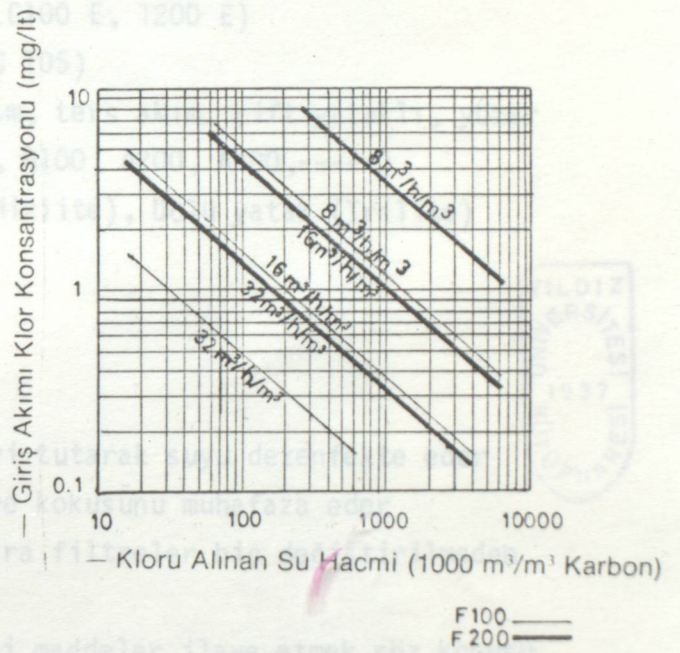
Teknik Özellikleri	F 100	F 200
	8x30	12x40
İyon Sayısı (en az)	850	850
Metilen Mavisi (en az)	200	200
Etkin Büyüklük (mm)	0,8-1,0	0,6-0,7
Aşındırma Sayısı (en az)	75	75
Nem %, en fazla	2	2

TİPİK ÖZELLİKLER

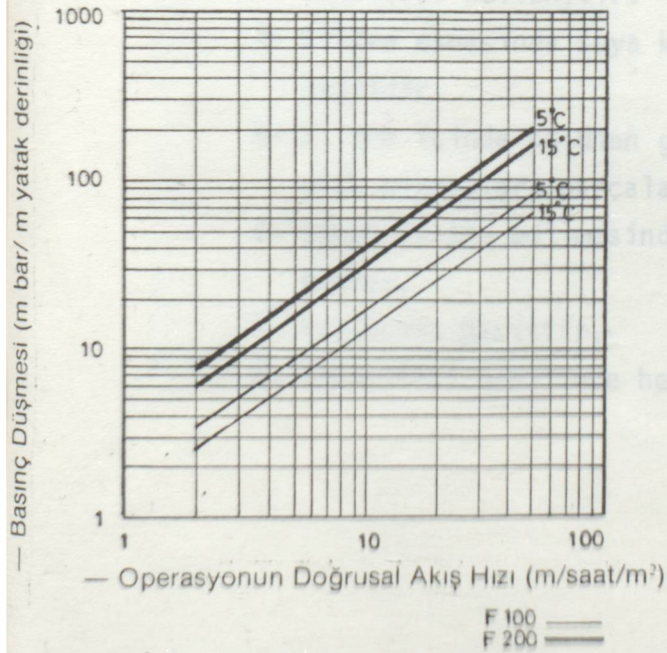
Tipik Özellikler	F 100	F 200
	8x30	12x40
Toplam Yüzey Alanı m ² /g	900	900
Yatak yoğunluğu gr/lt	500	500
Parça Yoğunluğu gr/ml	1,25	1,25
Ortalama Parça Çapı (mm)	1,60	1,0
Eşit Dağıtım Katsayısı	1,80	2,0
Klorin Yarı Uzunluğu, cm (DIN 19603)	2,90	2,20



Şek. 5.4. Geri Yıkama Yapılmış Bir Aktif Karbon Yatağının Genleşmesi (F100-F200 FİLTASORB TİPİ AKTİF KARBON)



Şek. 5.5. Diklorizasyon Verimliliği



Şek. 5.6. Ters Yıkama Yapılmış Aktif Karbon Yatağındaki Basınç Düşmesi

(F100-F200 TİPİ FİLTASORB AKTİF KARBON KULLANILMIŞTIR)

PUROLİTE REÇİNELERİ

Purolite Reçinelerin sürekli kullanım alanları

- Endüstriyel suların saflaştırma prosesi, iyon değiştirici reçinelerin yaygın bir kullanıma alanı olma özelliğini bugün de korumaktadır. Aşağıdaki prosesler etkin rol oynar.

- * - Yumuşatma (Purolite C100, C100 E, 1200 E)
- * - Dekarbonizasyon (Purolite C 105)
- * - Deminerilizasyon; Doğru akım, ters akım, çift yataklı, yüzer yatak (Purolite C105, C100, A100, A200, A400,-----)
- * - Polishing, karışık yatak (Mixlite), üçlü yatak (Trilite)

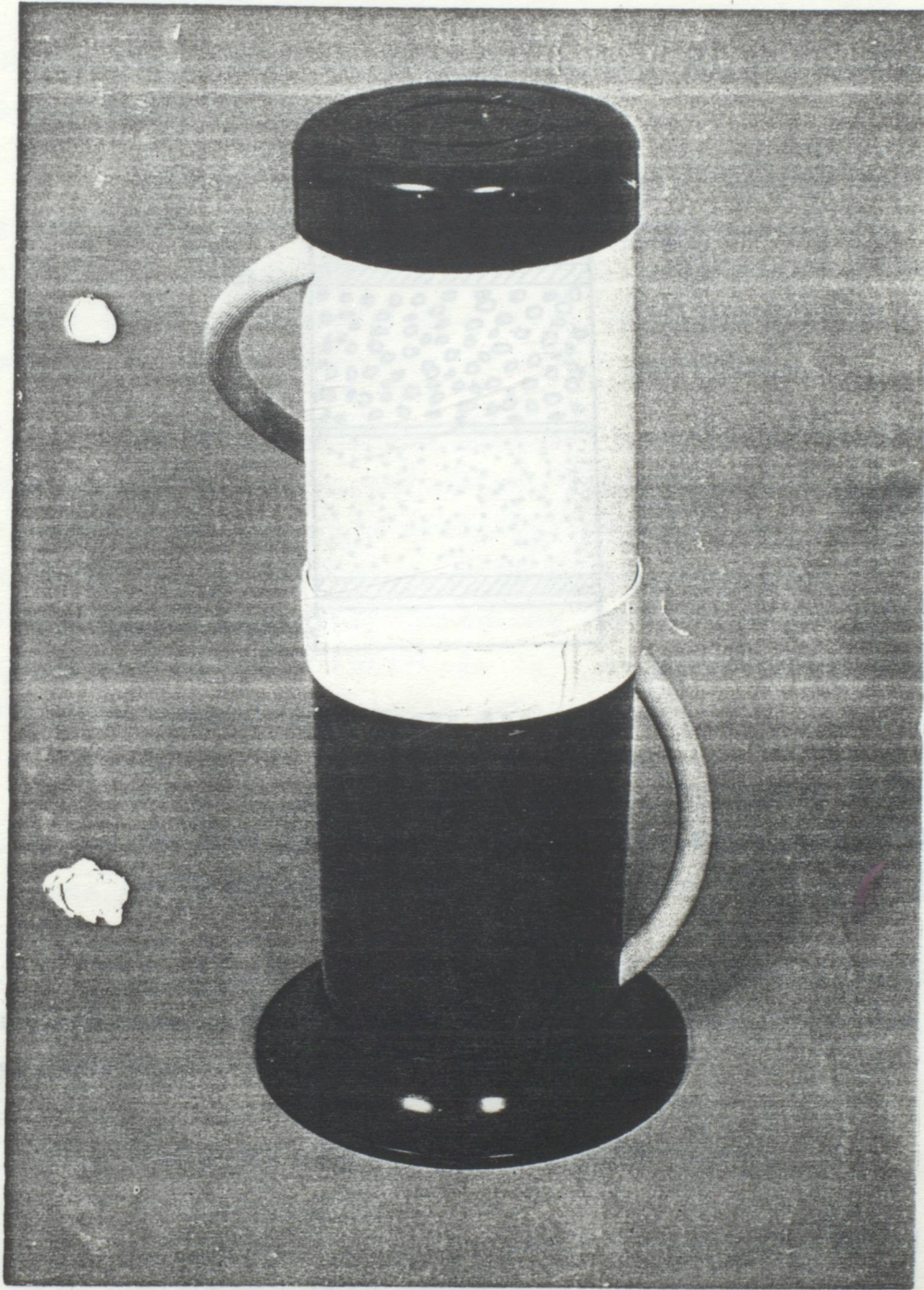
FAYDALARI

- 1- Tehlikeli her türlü bakteriyi tutarak suyu dezenfekte eder
- 2- Suyun billurluğunu, tadını ve kokusunu muhafaza eder
- 3- Gayet ucuz bir sistemdir, zira filtreler hiç değiştirilmeden senelerce kullanılır.
- 4- Filtre esnasında suya kimyevi maddeler ilave etmek söz konusu değildir.
- 5- Filtre içinde bulunan gümüş iyonları filtrenin dışında birikmiş olan mikropları parçalar ve kendi kendini steril tutar.
- 6- Suyun filtre edilmesinden hemen sonra içilmesinde bir mahsur yoktur.
- 7- Kullanımı basittir.
- 8- Kapasitesi dahilinde her riski garanti eder



Yapılan Çalışmalar neticesinde

Renk ve Görünüş	: Renksiz + Berrak
Koku	: Yok
Tortu	: Yok
Aktif Klor	: Yok
PH	: 7,1
Toplam Sertlik	: 1,5 °F
Klorür (Cl ⁻)	: 21 mg/lit
Organik Madde	: 1,2 mg/lit
Amonyak (NH ₃)	: Yok
Nitrit (NO ₂ ⁻)	: Yok



Şek.5.7 Deneş Aparatı.

aktif karbonun suyu temizleme yeteneği yağı arıtı-
lan suyun bu su reğimden geçerek sızma ile suyu içe-
riğindeki zararlı maddeler silinerek kirazle aktif
karbonun suyu temizleme yeteneği olduğu oldu. Bu ilk yapı-
lan deneyde suyun reğimden silinerek suyu bu su aktif kar-
bonun suyu temizleme yeteneği olduğu oldu. Bu ilk yapı-
lan deneyde suyun reğimden silinerek suyu bu su aktif kar-
bonun suyu temizleme yeteneği olduğu oldu. Bu ilk yapı-

Karbon = 1
Suyu = 1

g/Unit

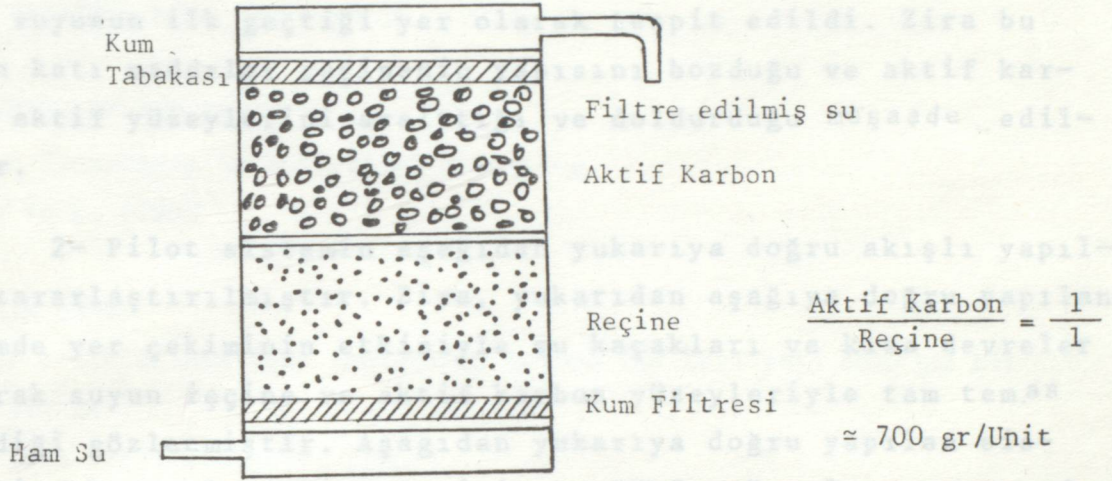
UQLAR

karbon,
silinerek.

doğru suyun önce sertliğinin alınması ve sonra aktif karbona geçirilmesi gerekmektedir.

Şekildeki katı maddeleri tutmaya yarayan kum tabakası giriş suyunu ilk geçtiği yer olarak kullanılmaktadır. Zira bu şekilde katı maddelerin suya karışmasını önler ve aktif karbonun aktif yüzeyini korur.

2- Pilot sistemde yer alan aktif karbon, reçine ve kum filtresi yukarıya doğru akışlı yapılmıştır. Bu yapıda yer alan aktif karbon, reçine ve kum filtresi aşağıdaki sırayla olmaktadır. Bu yapıda yer alan aktif karbon, reçine ve kum filtresi aşağıdaki sırayla olmaktadır. Bu yapıda yer alan aktif karbon, reçine ve kum filtresi aşağıdaki sırayla olmaktadır.



Şekil 5.8. Deney Aparatının Temel Prensibi.

3- Yers yakana süresi 24 saatlik sürekli akış sağlandığı zaman yapılan çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

1- Pilot sistemin dizaynında belirlenen aktif karbon, reçine ve kum filtresinin yerleri aşağıdaki sıra ile olması uygunluk göstermiştir.

- Aşağıdan yukarıya doğru olmak üzere;
- Kum Filtresi
 - Reçine
 - Aktif Karbon

Reçinenin aktif karbondan sonra konulması yani arıtılacak olan suyun önce reçineden geçecek olması ile suyun içerisinde bulunan sertlik verici maddeler alınarak kirecin aktif karbonun gözeneklerini doldurması önlenmiş oldu. Zira ilk yapılan sürekli akış sağlanan sistemde giriş suyu önce aktif karbondan geçirilmişti. Ancak bir süre sonra çıkış suyunun koku renk ve tadı giriş suyununki ile aynı olduğu izlendi. Bundan

dolayı suyun önce sertliğinin alınması ve sonra aktif karbona geçirilmesi sağlanmıştır.

1- Askıdaki katı maddeleri tutmaya yarayan kum tabakası giriş suyunun ilk geçtiği yer olarak tespit edildi. Zira bu askıda katı maddeler reçinenin yapısını bozduğu ve aktif karbonun aktif yüzeylerini azalttığı ve doldurduğu müşahade edilmiştir.

2- Pilot sistemin aşağıdan yukarıya doğru akışlı yapılması kararlaştırılmıştır. Zira, yukarıdan aşağıya doğru yapılan sistemde yer çekiminin etkisiyle su kaçaqları ve kısa devreler oluşarak suyun reçine ve aktif karbon yüzeyleriyle tam temas edemediği gözlenmiştir. Aşağıdan yukarıya doğru yapılan sistemde ise basınçla çalıştığı için su bütün yüzeylere temas ederek yukarıya doğru dolarak çıkacaktır.

3- Ters yıkama süresi 24 saatlik sürekli akış sağlandığı zaman yapılmalıdır. Ortalama olarak günde 1 saatlik bir arıtma yapılıyorsa ayda bir ters yıkama yapılmalıdır.

4- Rejenerasyonda NaCl yüzdesinin önemi, rejenerasyon hızından daha az önem taşıdığı tespit edilmiştir. Onun için rejenerasyon yapılırken reçinenin tuzla en az 20 dakikalık temas süresi sağlanması gerekir (sürekli akış halinde). Akış hızı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

5- Rejenerasyondan sonra reçinenin yüzeyinde tutulan tuzun giderilmesi için mutlaka durulama (saf su ile) yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1- "STANDART METODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER"
14 th. Ed., APWA, AWWA, WP CF, (1977)
- 2- JOHN WILEY AND SONS
"Ion Exchangers in analytical chemistry."
New York, (1953)
- 3- ŞAHİN SAMİ
"Bor artıklarının iyon değiştirme metodu ile tasfiyesi üzerine bir araştırma"
Doktora Tezi, İstanbul, (1982)
- 4- ŞAHİN SAMİ
"İyon değiştiriciler ve kullanım alanları"
İ.T.Ü. Cilt.46 ,Yıl: 46, Sayı: 13, İstanbul,(1988)
- 5- GÜLHAN MEHMET, AKSOĞAN SITKI
"Suların Arıtılması"
Cilt I, Cilt II, Cilt III, İstanbul, (1976)
- 6- EROĞLU VEYSEL
"Su Taşfiyesi"
İ.T.Ü., İstanbul, (1984)
- 7- CLEASBY, 3.L VE DİĞERLERİ
"İçme suyunda Filtrasyon"
İstanbul, (1979)
- 8- KUNIN ROBERT
"Ion Exchange Resins"
New York, (1963)

- 9- AWWA
"Water Treatment Plant Design"
U.S.A., New York, (1971)
- 10- DAIFNER KANNOD
"Ion Exchangers"
A.Arbor Science, New York, (1972)
- 11- REYNOLDS A.D. TOM
"Unit Operation and processes in Environmental Engineering"
California, (1982)
- 12- DEGREMONT GILBERT
"Water Treatment Handbook"
Rueil-Malmaison, France, (1973)
- 13- AKKAYA MİTHAT
"Activated Carbon Adsorption Rate Controlling Steps of Phenolic
Compounds"
Mississippi State University, December, (1980)
- 14- B.WILLIAMS ROBERT, GORDON L.CALP
"Handbook of Public Water Systems"
New York, (1986)
- 15- MARTİN R.J., NG, W.J.
"Chemical Regeneration of Exhausted Activated Carbon-I"
Water Res., Great Britain, (1984)
16. COUGHLIN, R.W.
"Che of Water Supply, Treatment and Distribution"
Ann Arbor Science, (1975)

Bu çalışmayı yöneten ve çalışma süresi boyunca beni yönlendirmekte yardım ve katkılarını esirgemeyen değerli Hocam Prof. Mehmet YÜCEL'e saygı ve hürmetlerimi sunarım.

Tez çalışmasının süresi boyunca bana yardımı ve desteği olan tüm hocalarıma ve hassaten değerli Hocam Prof.Dr. Dinçer TOPACIK'a teşekkür etmeyi kendime bir borç bilerek, hepsine ayrı ayrı saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca, bu çalışmayı destekleyen kurum ve kuruluşlara teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Emin BİRPINAR, 14-06-1966'da Konya'da doğmuş, orta öğrenimini 1982-83 öğretim yılında Fatih Vatan Lisesinde tamamlamıştır. 1983-1984 öğretim yılında Yıldız Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne başlayıp 1987-1988 öğretim yılında mezun olmuştur. 1988-1989 yılında yine aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı Çevre Programında Lisans Üstü öğrenimine başlamıştır. 1989 yılının Haziran ayından itibaren'de aynı bölümde Araştırma Görevliliği görevini sürdürmektedir.

