



**bu bir MMO  
yayımdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **Soğutma Kulesi Tasarımında Etkin Olan Dış Ortam Koşulları ve Diğer Faktörler**

**HASAN RIZA GÜVEN**  
İ.Ü. Mühendislik Fakültesi

**BURKAY ALNIPAK**  
İ.Ü. Teknik Bil. Y.O.

**KADİR İSA**  
İ.T.Ü. Düzce Mes. Y.O.

# SOĞUTMA KULELERİ TASARIMINDA ETKİN OLAN DIŞ ORTAM KOŞULLARI VE DİĞER FAKTÖRLER ANALİZ RAPORU

HASAN RIZA GÜVEN  
BURKAY ALNIPAK  
KADİR İSA

## ÖZET

Yüzyıla yakın bir süreden beri kullanılan soğutma kulelerinin dizayn ve teknolojik gelişimi son yıllarda büyük aşamalar göstermiştir. Dış ortam koşulları gözönüne alınarak sadece soğutma kulelerinin tipinde değil, kullanılan malzemeler, sistem elemanları ve yan elemanlarda da önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu araştırmada, soğutma kulelerinde görülen gelişmelerle gündeme gelen, kulenin göl veya akarsu gibi bölgesel su kaynaklarına daha az ısı nakletmesi, suyun kimyasal bileşiminin gözönüne alınması, buharlaşan su miktarı ile sıcaklığı, çalışma esnasında ortaya çıkan ses problemleri, fan ve pompaların elektrik sarfiyatının azaltılması gibi konular, dış ortam koşulları ve maliyetler de dikkate alınarak incelenmiştir.

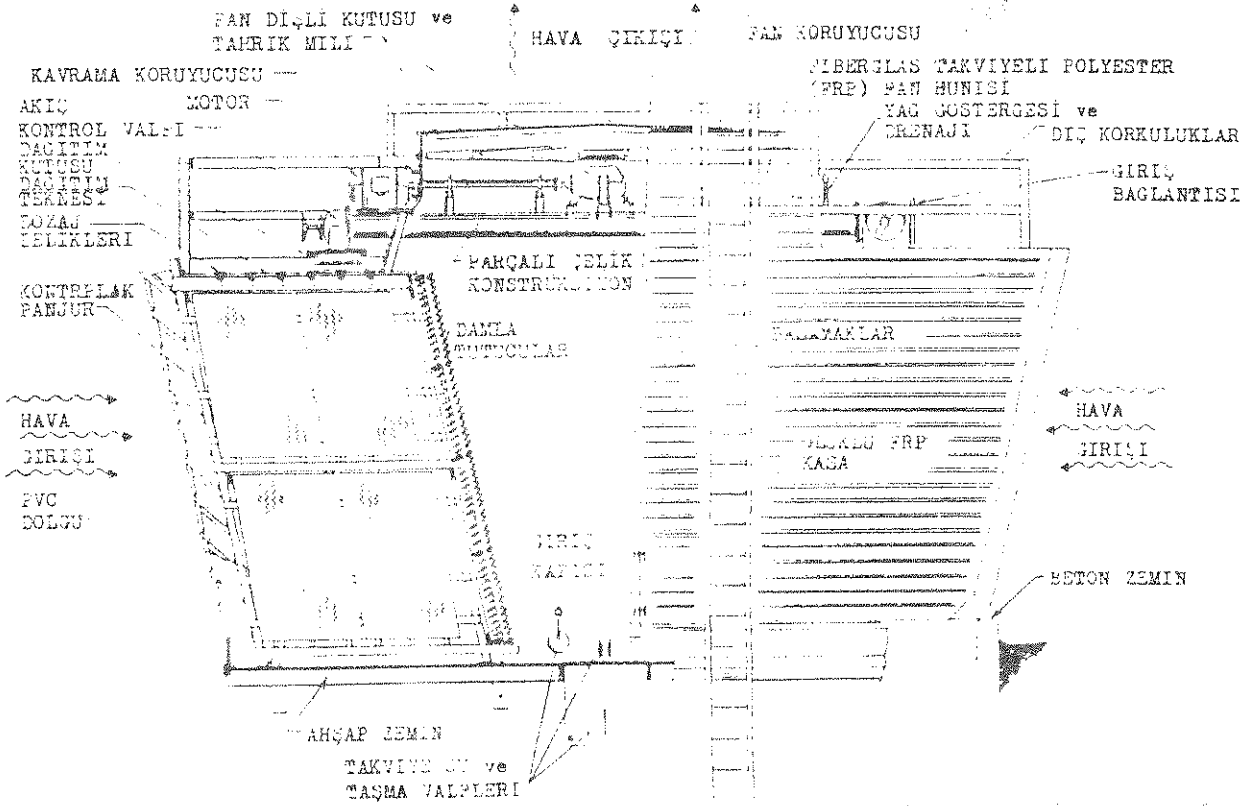
## 1. GİRİŞ

Soğutma kulesi bir HVAC tesisinin en göze çarpan harici elemanıdır. Kulenin suyu soğutmasında belli başlı rol oynayan faktörler şunlardır:

- . Boşaltma suyunun kimyasal ve mineral bileşimi,
- . Kule çıkış havası (plume) nın etkileri,
- . Buharlaşan su miktarı,
- . Kuleyi terkeden suyun (boşaltma suyu) sıcaklığı,
- . Kulenin çalışması süresince oluşan ses,
- . Fan ve pompalar tarafından tüketilen enerjinin tasarrufu,
- . Diğer çevresel faktörler (asbestos yapı malzemelerinin uzaklaştırılması vb.)

Bu derece çeşitli faktörlerin mevcudiyeti, soğutma kulesi tasarımı, alımı ve çalıştırılmasıyla ilgili tüm birimlerin sorumluluğunu artırmaktadır. Ayrıca özellikle A.B.D.'de soğutma kulelerinin hükümet tarafından onaylanmış Çevresel Etki Raporuna (Ervironmental Impact Report) uygunluk sağlaması gerekmektedir.

Çevre bilincinin yaygınlaştırılmaya çalışıldığı ülkemizde de soğutma kulelerinin ileride çıkması muhtemel kanun ve yönetmeliklere uyum gösterecek özelliklerde tasarlanmasında yarar vardır.



Şekil 1. Çapraz Akışlı Soğutma Kulesi

## 2. KİMYASAL İYİLEŞTİRME VE ETKİLERİ

Soğutma sistemlerinde sirküle eden su genellikle kimyasal olarak iyileştirilmiştir. Daha önceden su içinde mevcut çözülmüş mineraller konsantr edilir ve suya koruyucular ve diğer kimyasal maddeler ilave edilir. Bu işlemler, sistemin verimi üzerinde etkile olduğu gibi, gereken bakımın derecesi ve sistem elemanlarının ömürleri açısından da önemlidir. Suyun soğuması, dolaşım suyunun bir bölümünün buharlaşması sonucu olduğundan, çözünmemiş katı parçacıkların ve pisliklerin yoğunluğu hızla artar. Kirliliğin çeşidine bağlı olarak kabuklanma, korozyon ya da balçık birikmesi ortaya çıkar (1).

## 3. KABUKLAMA VE KOROZYON

Korozyon sadece Amerikan Endüstrisine her yıl 150 milyar dolara mal olmaktadır. Bunun en azından %15'i daha iyi malzeme seçimi ve korozyon önleme tedbirleri alınarak geri kazanılabilir. Bu maliyete ek olarak, tüm enerji ihtiyacının %3.5'i de korozyon sonucu demiroksit birikmesinin sebep olduğu yetersiz ısı transferi sonucu boşa gitmektedir. Korozyonu önlemenin en bilinen yöntemlerinden biri, soğutma suyu sistemine kimyasal katkı maddeleri eklemektir. Böylece birikme önlenerek ısı transferi verimindeki azalma giderilir. Katı maddelerinin etkili olabilmesi için: (2)

1. Tüm metal yüzeyleri korozif etkiden korumalıdır.
2. Düşük konsantrasyonlarda verimli olmalıdır.

3. İyileştirme programı geniş bir pH, sıcaklık ve su kalitesi aralığında verimliliğini korumalıdır.

4. Metal yüzeylerde birikmeye sebep olmamalıdır.

5. Doğal çevreye boşaltıldıklarında minimum toksit etkiye sahip olmalıdırlar.

6. Sistemdeki mikroorganizmalardan etkilenmemelidirler.

70'li yılların başında soğutma suyunu iyileştirmek için uygulanan yöntem değişmiştir. Kullanılan kimyasal maddelerin çevre için zararlı olmaması öncelik kazanmıştır. Bu iş için asit kullanmanın beraberinde getirdiği zararlar nedeniyle pH kontrollü gerektirmeyen ve çevreye hasar vermeyen kimyasal katkı maddesi talebi de artmıştır. Son 10-12 yıldır bu amaca yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bugün ise pH seviyesinin 9.0 olmasına karşılık iyi bir korozyon ve kabuklanma kontrolü sağlayan maddeler de mevcuttur.

Yaygın olarak kullanılan iki cins madde vardır:

Aminotrimetilenfosfat (AMP) ve monohidroksietiliden monodifosfa (HEDP). Her iki madde de korozyon kontrolünde kullanılır ve yüksek pH seviyelerinde (pH8) çelikler için uygundur. Normal kullanım miktarı 15-20 mg/l'dir (3).

Soğutma kulelerinin korozyon etki altındaki bölgelere yerleştirilmemesi tercih edilir. Aksi takdirde kulelerin yerini değiştirmek oldukça pahalıya mal olur. Diğer çözüm ise, kuleyi daha fazla korozyon etki altında kalmaktan koruyacak önlemleri almaktır. Dış yüzeylerde özel epoksi kökenli boyalar veya yüzeylerde polimer kaplama kullanılabilir. Soğutma kulelerinin ömürlerini uzatmada ve daha fazla korozyona maruz kalmalarını önlemede yararlı olan bir metod da üç kademedir oluşur:

1. Metal yüzey görünene kadar taşlanır.
2. Temiz metal yüzeyi kauçuk esaslı polimerle kaplanır.
3. Dış yüzey epoksi katkılı boya ile boyanır (4).

#### 4. KONSANTRASYON KONTROLÜ

Soğutma suyu sisteminde yalnızca saf su buharlaşır. Geriye kalan mineraller ise suda daha fazla konsantrasyon hale gelirler. Konsantrasyon seviyesi kontrol edilmedikçe birçok tuzun çözünürlük sınırı aşılabilecek ve ısı transfer yüzelerinde kabuklanma oluşacaktır. Ancak, konsantrasyon miktarı kısmi tahliye (blowdown) ile kolaylıkla kontrol altına alınabilir. Bu amaçla bir miktar su drenaj edilir. Bunun yerine şebekeden su takviye edilerek minerallerin seyreltilmesi ve konsantrasyonun dengelenmesi sağlanır.

Bazı durumlarda suyun kimyasal bileşimi nedeniyle işletme sınırları dışında boşaltma yapılamayacağından (sıfır boşaltma gereksinimi-zero discharge requirement) kısmi tahliye esnasında kimyasal madde ve mineraller sürekli olarak gözlenmelidir (3).

Bu koşullar, soğutma kulelerinde kullanılan yapı malzemelerinde kullanılan yapı malzemelerinde değişikliğe yol açmıştır. Örneğin ahşap kaplama işlemleri terkedilmiş, fiberglas, çelik konstrüksiyon veya beton yapılar daha ekonomik olan ahşap malzemelerin yerini almıştır (1).

Minerallerin konsantrasyon hale gelme sayısına "konsantrasyon çevrimi" veya kısaca "çevrim" denir. Sistem için uygun çevrim sayısı şebeke suyunun bileşimine bağlıdır. Yeterli çevrim belirlendikten sonra gerekli kısmi tahliye miktarı hesaplanabilir. Bunun için 1/dak. cinsinden dolaşım suyu debisinin ve kuledeki sıcaklık düşmesinin bilinmesi gereklidir. Teorik olarak, kuledeki her 6 C sıcaklık düşmesine karşılık debinin % 0.8-0.9'u buharlaşacaktır. Ancak bu

değer yaklaşık olarak %1 alınabilir (3).

İfadenin matematiksel şekli:

$$B = \frac{E}{C-1}$$

olup burada,

B= Kısmi tahliye miktarı (1/dak)

E= Buharlaşma miktarı

C= Çevrim sayısı

## 5. BİYOLOJİK KİRLLENME (FOULING) ve KİMYASAL MADDE İLAVESİ

Korozyon ve kabuklanmayı önlemek amacıyla fosfat, fosfonat, molibdat, çinko, silikat ve çeşitli polimer karışımları kullanılabilir. Bakır ve bakır alaşımlarını korozyondan korumak için bu karışımlara tolitrizol veya benzotrizol ilave edilir. Kromatlar korozyon kontrolü için önceden kullanılmaktaydılar. Ocak 1990 itibarıyla Çevre Koruma Ajansı (EPA), koromatların konfor klima sistemlerinin soğutma kulesi tesisatında kullanılmalarını yasaklamıştır. Fosfat bileşikler zehirsiz olmalarına rağmen su yosunlarının gelişmesini hızlandırdıkları için kullanımları yakın gelecekte sınırlanabilir.

Su yosunları, çamur, mantar ve diğer mikroorganizmalar kule sisteminde hızla gelişirler ve,

1. Isı transfer yüzeylerinin üzerine izolasyon malzemesi gibi kaplanırlar.
2. Sıvı akışını kısıtlarlar.
3. Korozyonu artırır.
4. Sistemdeki organik yapıları elemanlara zarar verirler.

En yaygın kontrol metodu sistemi periyodik aralıklarla klorla yıkamaktır. Bu işlem esnasında iki farklı toksit madde değiştirilerek kullanılacak olursa, mikroorganizmaların bağışıklık mekanizması oluşturmaları önlenir. Çamurlaşma ise polimer eklenmesi ile kontrol edilebilir.

Dolaşım suyunda kullanılacak kimyasal madde seviyesinin uygun olması gerekir. Bu miktar genellikle günde veya saatte ilave edilecek kg. ya da gr. cinsinden ifade edilir. Su da ki kimyasal madde seviyesi ppm (parts per million) cinsinden belirtilir. Hesaplama için genel formül şöyledir:

$$\frac{\text{Arzu edilen miktarı (ppm)}}{(\text{Çevrim}) 998} = \text{Her m}^3 \text{ ilave su için kg cinsinden kimyasal madde miktarı}$$

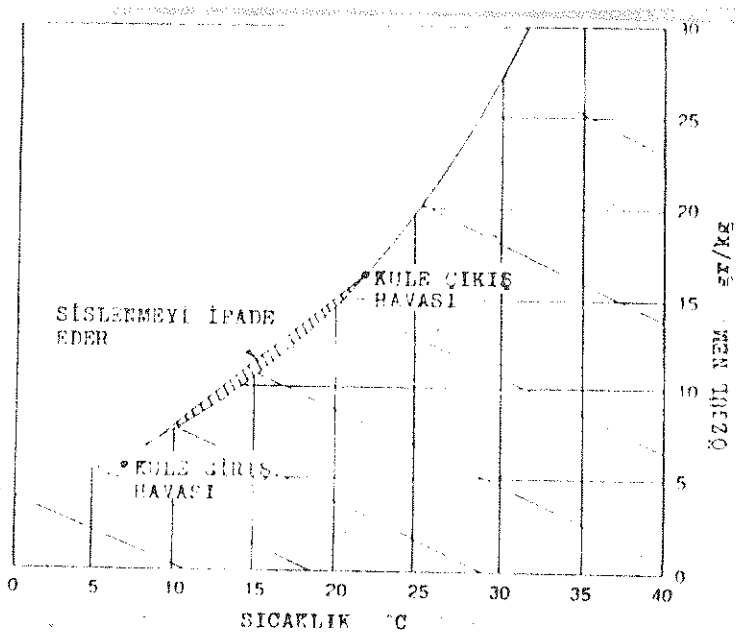
Tüm dozu bir kerede kullanmak mümkündür, ancak sürekli olarak ve küçük miktarlarda ilaveler başlangıçta aşırı doz kullanımını önler (5).

## 6. KULE ÇIKIŞ HAVASININ ETKİLERİ

Diğer bir nokta ise soğutma kulesinin hava çıkış bölümü ile ilgilidir. Buradan çıkan hava

sislenmeye, yolların buzlanmasına ya da su ve mineral içeren sürüklenmeye (drift) sebep olabilir. Sürüklenme, kuleyi terkeden hava içinde taşınan su damlaları olarak tanımlanabilir. Sislenme ise soğutma işleminde buharlaşan suyun tekrar yoğunlaşması sonucu olduğundan sis tabakası saf, kimyasal madde ve minerallerden arınmıştır. Ancak sürüklenme için aynı şey söylenemez (1).

Soğutma kulesinden boşalan ılık hava doymuştur. Belirli çalışma şartları altında kuleyi çevreleyen dış hava, kule çıkış havasındaki tüm nemi absorbe edemez. Bunun sonucu açıkta kalan su buharı sis şeklinde yoğunlaşır. Sislenme, psikometrik diyagram üzerinde giriş havası koşullarından, çıkış havasını temsil eden noktaya bir doğru çizilerek tahmin edilebilir.



Şekil 1. 2. Psikometrik diyagram kullanarak sislenme tahmini

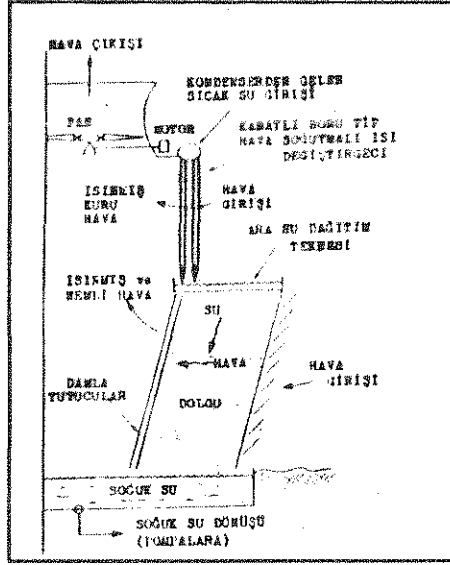
Doyma eğirisini kesen doğru sislenmeyi ifade eder. Doyma eğrisi ile doğru arasında kalan alanın büyümesi daha yoğun bir sisi ifade eder.

Sislenmeyi azaltmanın ya da önlemenin yolları çeşitlidir. Bunlar, kule hava çıkış ağzını ısıtmak ve kimyasal madde püskürtmek şeklinde sıralanabilir. Bununla beraber bu çözümler pahalıdır ve her zaman verimli oldukları söylenemez.

Islak/kuru soğutma kulelerinde kullanılan birbirine paralel ya da seri, kuru yüzeyli ısı eşanjörleri sis kontrolünde oldukça etkilidirler. Bu kulede buharlaşmalı bölümü terkeden doymuş boşaltma havası, kule içinde kanatlı boru tipi eşanjörün çıkışındaki ılık ve nispeten kuru hava ile karışarak boşaltma havasının doyma yüzdesinde azalmaya yol açar (5).

Bununla beraber en pratik çözüm, soğutma kulesini sisin sorun yaratmayacağı bir yere yerleştirmektedir. Sislenme bir havaalanında uçağın iniş yolu üzerindeki bir noktada oluşuyorsa tehlikeli olabilir. Soğuk iklimlerde ise çevre yollarda buzlanmaya neden olabilir. Fan hunisi uzatılarak soruna kısmi bir çözüm getirilebilir (1).

Diğer bir konu ise sürüklenmedir. Sürüklenen damlacıkların içindeki tuz ve mineraller ise bölgedeki tarıma, toprağın bileşimine, insanlara, otomobillere zarar verebilir.



Şekil 1. 3. Islak / Kuru Soğutma Kulesi

Yüksek verimli damla tutucular tüm soğutma kulelerinde kullanılır. Genellikle iyi bir damla tutucu, sürüklenme kaybını, sirküle eden toplam su miktarının % 0.002 - 0.2'sine kadar düşürebilir. Eğer damla tutucular sürüklenme kaybını azaltmak üzere sonradan monte edilirse aşırı basınç düşüşü, elektrik sarfiyatına artış ve soğutma veriminde azalma görülür (5).

## 7. SU BUHARLAŞMASI

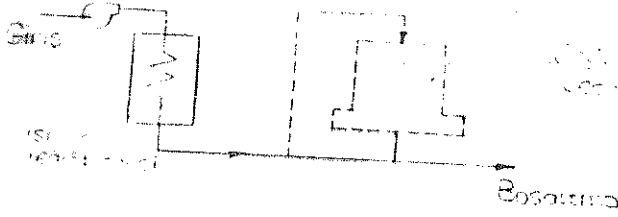
Buharlaşma sonucu kaybolan su ve daha az olmakla beraber kısmi drenaj (blowdown), kurak alanlara yayılmakta olan endüstrinin başlıca sorunlarından biridir. Mevsimsel su tüketimindeki değişme, çok devirli fan motorları kullanılarak karşılanabilir. Islak/kuru soğutma kulelerinde olduğu gibi kanatlı boru tipi ısı eşanjörlerinin kullanımı su sarfiyatını azaltan bir çözümdür. (Burada buharlaşmalı soğutma minimuma indirilmiştir) (1).

## 8. BOŞALTMA SUYU

Bazı durumlarda suyun, açık soğutma suyu sistemlerinde olduğu gibi geldiği kaynağa dönmesine müsaade edilir. Ancak boşaltılan suyun doğal kaynaktaki yaşama etkisi ve pom-palama donanımı dolayısı ile balık nüfusunun zarar görmesi mümkündür. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA), boşaltılan su sıcaklığını belli bir değere kadar sınırlar (1).

O halde açık sistemde çalışan kuleler farklı koşullara sahiptir. Bu sistemlerde deniz yaşamına özgü bitki örtüsüne rastlanabilir. Bu ise borularda biyolojik kabuklanmaya (fouling) ve kulede birikmeye yol açar.

Biofilm tabakasının izolasyon özelliği nedeniyle ısı transfer kayıpları söz konusudur. Ayrıca akış halindeki suyun kinetik enerjisinin bu yüzey tarafından absorbe edilmesi sonucu oluşan sürtünme direncini yenmek için pompaların enerji sarfiyatı artacaktır. Film tabakasının % 95 - 98'i sudan oluştuğu halde, 500 mikron kalınlığındaki bir tabakanın bile sebep olduğu basınç düşümü umulanın çok üzerindedir (6).



Şekil 4. Açık Sistem

## 9. KULE GÖRÜNTÜSÜ

Soğutma kulelerinin seçiminde ve yerleştirilmesinde gürültü problemi giderek önem kazanmaktadır. Kuledeki görüntünün kaynakları, sıçrayan suyun yankısı ve mekanik elemanlardır. (Fan motoru, dişli kutusu vb.) Önlem olarak susturucular ve gürültü emiciler (attenuator) kullanılabilir. Tüm çevresel faktörlere rağmen susturucular, ilk maliyeti ve işletme maliyetini artırır. Gürültü problemini çözmek için harcanacak para bazı durumlarda kulenin esas maliyetini aşabileceğinden, düzeltici önlemler henüz tasarım aşamasında alınmalıdır.

Hava girişine ve fan çıkışına deflektörler koymak iyi bir çözümdür. Bununla beraber fanı boyutlandırırken aşırı basınç düşümünün olacağı düşünülmelidir. Bu durum enerji sarfiyatını doğrudan etkiler (1).

Kulenin gürültü seviyesinin kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığını belirlemek için ilk adım, sözü geçen çevre için bir gürültü kriteri belirlemektir. İkinci adım ise bu kritik bölgede kule tarafından yaratılan gürültülü seviyesini tahmin etmektir. Kule imalatçılarının çoğu tarafından cihazlarının gürültü seviyelerini veren abaklar yayınlanmıştır. Gürültü kriteri, kulenin tahmini ses seviyesi ile karşılaştırılarak bu tesisin kabul edilebilirliği belirlenir (7).

Bir gürültü kriteri oluşturulurken şunların dikkate alınması gerekmektedir:

1. Soğutma kulesi kaynaklı gürültüden etkilenebilecek insanların aktivitelerinin çeşidi.
2. Kule ve insanlar arasında bulunan duvar ve akustik engellerin gürültüyü azaltma etkileri.
3. Kulenin gürültüsünü örten dış arka plan sesler.

İnsan kulağının duyabileceği frekans aralığı 20-10000 Hz'dir. Birçok mühendislik uygulamalarında bu aralık sekize bölünmüştür. Bu frekans bantlarına oktav bandı denir.

İnsanlar düşük frekanslı seslere, yüksek frekanslı seslere nazaran daha hassastırlar ve duyarlılıkları değişiktir. Ayrıca çeşitli iç çalışma ve yaşam şartlarına bağlı olarak Gürültü Kriteri Eğrileri (NC) geliştirilmiştir.

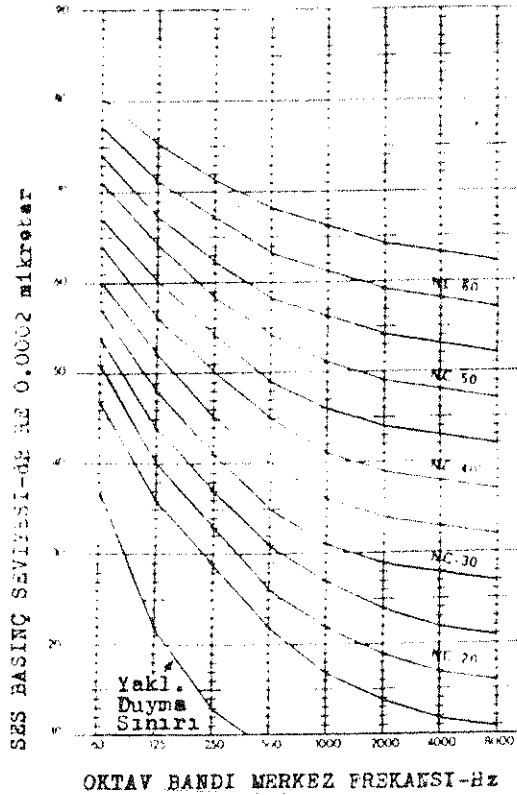
Her eğri, belirli bir durum için kabul edilebilir alçak ve yüksek frekans gürültü dengesini ifade eder. Alçak NC eğrileri dinlenme, uyum ve mükemmel dinlenme şartlarına uygun gürültü seviyelerini ifade eder. Yüksek NC eğrileri ise, sözlü iletişimin dahi güçlükle gerçekleştiği gürültülü çalışma ortamlarını temsil ederler. Ordinat, ses basınç seviyelerini gösterir ve genellikle gürültü seviyesi olarak bilinir.



Band No.	Tanım Frekansı (Hz)	Frekans Aralığı (Hz)
1	63	44-88
2	125	88-175
3	250	175-350
4	500	350-700
5	1000	700-1400
6	2000	1400-2800
7	4000	2800-5600
8	8000	5600-11200

**Tablo 1. Oktav Bandları**

Birimi, standart referans basınca ( 0.0002 mikrobar) bağlı olarak desibel (dB) cinsinden alınır. NC Eğrilerinin kullanımında kolaylık sağlanması için Tablo 2'de Oktav Bandı ses basınç seviyeleri belirtilmiştir. NC eğrileri yalnızca iç ortam gürültü şartları için kullanılır.



**Şekil 4. Gürültü kriteri eğrileri - Gürültü kriteri Şartlarına İlişkin Oktav Bandı Ses Basınç Seviyeleri**

OKTAV BANDI MERKEZ FREKANSI (Hz)								
Gürültü Kriteri	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11
NC-20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-30	57	48	41	35	31	29	28	27
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-40	64	56	50	45	41	39	38	37
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	62

**Tablo 2. Oktav Bandı Ses Basınç Seviyeleri  
(dB re 0.0002 mikrobar)**

Soğutma kulesi gürültü kriterini belirlemede ilk adım, Tablo 3'den kulenin rahatsız edebileceği komşu mahallerdeki aktivite cinsini seçmektir. Şartlar iki ya da daha fazla, aktiviteye uygunluk sağlayabilir. Bu durumda en düşük NC değeri seçilmelidir. Böylece Tablo 2 ve Şekil 4'den uygun NC değerine bağlı olarak oktav bandı ses seviyesi dB cinsinden bulunur. Amaç, komşu mahaller tarafından işitilen kule gürültüsünün bu değerde ya da altında tutulmasıdır (7).

Etkinlik	Tavsiye Edilen Gürültü Kriter Aralığı
Uyuma, Dinlenme	
Evler, apartmanlar, oteller hastaneler ve kırsal alan	NC-20 - NC-25
Kent Merkezi	NC-25 - NC-30
Mükemmel Dinlenme Şartı	
Konser Salonları, kayıt stüdyoları, vb.	NC-15 - NC-20
Çok iyi dinleme şartı	
Dinleme salonları, tiyatrolar	NC-20 - NC-25
Büyük toplantı ve konferans salonları	NC-25 - NC-30
İyi Dinleme Şartı	
Özel bürolar, dershaneler, kütüphaneler	
küçük konferans salonları, evde radyo veya televizyon dinleme	NC-30 - NC-35
Orta Seviyede Dinleme Şartı	
Büyük bürolar, restoranlar, dükkan ve depolar	NC-35 - NC-40
Kabul Edilebilir Orta Seviye	
İş makinaları, sahası, lobiler, kafeteryalar, laboratuvarlar, rahatsız olmadan telefonla görüşebilme	NC-40 - NC-40
Konuşmaya Minimum Parazit Etki	
Hafif ya da ağır makina sahaları, endüstriyel işlemler, garaj mutfak, çamaşırhaneler gibi ticari alanlar	NC-45 - NC-55

**Tablo 3. Komşu mahaller için gürültü kriterini belirlemede tavsiye edilen değerler.**

Tesisin gürültü probleminin olduğu durumlarda, birkaç çözüm yöntemi vardır. Kule gürültüye duyarlı bölgeden mümkün olduğunca uzağa yerleştirilebilir. İki hızlı fan motoru kullanmak özellikle düşük yük periyodlarında kulenin gürültü seviyesini nominal 12 dB azaltacaktır. Fan motorunun devreye girip çıkmasını indirmek gerekir, çünkü değişken gürültü, sabit gürültü seviyesinden daha az rahatsız edicidir. Kritik durumlarda kule ile gürültüye duyarlı bölge arasına duvar örülebilir. Kuleyi gerekenden daha büyük yapmak ve düşük fan hızlarında çalıştırmak pratik çözümlerden biridir. (3)

## 10. ENERJİ TASARRUFU

Elektrik tüketimi, uygun dolgu maddesi kullanılarak azaltılabilir. Film dolgular kompakt olduğundan az pompalama yüksekliğine ihtiyaç gösterirler ve dolaşım pompalarının daha düşük güçlerde seçilmesi mümkün olur. Fan hızının ve kanat eğiminin kontrolleri de az miktarda enerji tasarrufu sağlar. Motor hızını ayarlayan kontrolörler, değişken hızlı hidrolik tahrik elemanları veya fan kanatlarının hidrolik olarak ayarlanması çözümlerden biridir. Çevre faktörleri bir

yana tüm cihazlar için yapılan yatırım harcamaları enerji tasarrufu sonucunda birkaç yıl içinde geri dönecektir (1)

## 11. DİĞER ÇEVRE KONULARI

Soğutma kulelerinde kullanılan asbestos ise dikkat çeken bir malzemedir. EPA'nın bu konuda yönetmelikleri mevcuttur. Asbestos içeren malzemeler uzun yıllardan beri dolgu, boru, damla tutucu ve yan panel yapımında kullanılmaktadır. Bu elemanlar ömürlük imal edildikleri için bir bakım ya da onarım sonrası kolaylıkla yerlerine monte edilemezler ve tehlikeli maddeler oldukları için uygun bir şekilde atılmaları gerekmektedir. PVC, fiberglas ve polipropilen günümüzde asbestosun yerine kullanılan malzemelerdir. Dolgularda PVC ya da fiberglas levha çubuklar kullanılabilir gibi, polipropilen ızgaralar da kullanılabilir. Borular ve damla tutucular PVC veya FRP'den imal edilirler. Yan cepheler çoğunlukla fiberglas ya da betondur. (1)

## 12. BAZI ÇÖZÜMLERİN MALİYET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

### 12.1 Çarpmalı ve Film Dolgular

Eğer dolaşım suyu, biyolojik kirlenme ve kabuklanmayı önlemek üzere iyileştirilemiyorsa tek çözüm çarpmalı dolgu (çapraz veya ters akışlı kulelerde) ya da yosun tutmayan film dolgu (ters akışlı kulelerde) kullanmaktır. Genellikle yosun tutmayan film dolgular daha az verimli olmaları dolayısıyla hava akışına daha az direnç gösteren dolgulardır. Bu durumda yatırım ve işletme maliyetlerinde artış olacaktır (8)

### 12.2. Sürüklenme

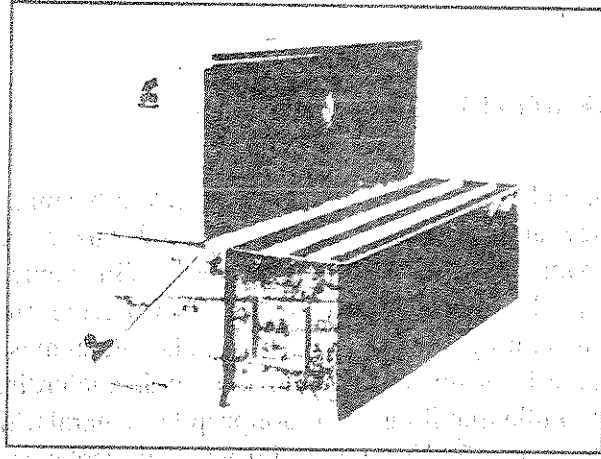
Standart sürüklenme miktarını dolaşım suyunun %0.008'i olarak kabul edersek, sürüklenme olayını yarı yarıya azaltmak yatırım maliyetini ortalama %1 artıracaktır. Bu nedenle daha sık aralıklı damla tutucular kullanmak gerekecektir. Dolayısı ile artan hava direnci fan gücünü artırma zorunluluğunu beraberinde getirecektir ve işletme maliyeti de artacaktır.

### 12.3. Sislenme

Dış hava sıcaklığını 0°C kabul ederek sislenme etkisinin ortadan kaldırılması için yapılacak yatırımın ortalama maliyeti standart maliyetin yaklaşık dört katı, işletme maliyeti ise iki katıdır. (1)

### 12.4 Gürültünün Azaltılması

Suyun çarpma sesi, kule tabanındaki suyun yüzeyinde sentetik iplikli ızgaralar kullanılarak azaltılabilir. Yan panel malzemesi olarak FRP kullanılıyorsa, ses yutma özelliği iyi olmadığından, bu problem daha ağır malzemeler kullanılarak çözümlenebilir. Tüm bunlar



Şekil 1. 5. Susturucu. (Kaynak: Baltimore Aircoil Co.)

yatırım maliyetini artırırken, yaklaşık 5 dB'lik gürültü azalması sağlanır.

30 dB'lik bir gürültü azalması ise akustik-ses emiciler gerektirir. Bunlar, hava girişine ve fan hacasının üzerine monte edilirler. Susturucular ise aerodinamik olarak şekillendirilmiş ve yünle kaplanmış ince metal panellerdir. (7)

Hava geçişine gösterdikleri direnç, gürültü azaltma kapasitelerindeki artışa bağlı olarak yükselir. Tüm bunlar hem işletme hem de yatırım maliyetini oldukça artırır.

### 13. SONUÇ

Soğutma kulelerinin tasarım ve kullanımlarına ilişkin gözönünde bulundurulması gereken faktörler, çevre kriteri nedeniyle gün geçtikçe daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu araştırmada, ülkemizde de hızla gelişmekte olan konfor ve proses ikliması tesisatının vazgeçilmez bir parçası olan soğutma kulelerinde olası tasarım değişikliklerine dikkat çekilmiştir. Ayrıca, enerjinin oldukça pahalı olduğu ülkemizde tasarım ve işletme eksiklikleri yüzünden oluşan kayıpları minimuma indirmek için kulelerin performans testlerine ilişkin standartların hazırlanmasında yarar görmekteyiz.

### KAYNAKLAR

1. Mirsky,G.R; Liber, J.P;Bryant, K. (1992), Environmental Considerations for Cooling Towers, ASHRAE Journal, June 1992.
2. Bennett, L.H; Bermand, E.B (1979), Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States, NACE, Corrosion 79, Paper No:209, March 1979.
3. Hey, G.W; Hollingshad, W.R, (1988) Corrosion Controlin cooling Tower Systems, ASHRAE Journal, August 1988.
4. Benner, R.L, (1989) Cooling Tower Corrosion, ASHRAE Journal, August 1989.
5. ASHRAE, (1992) Systems and Equipment Handbook, SI Edition.
6. Boffardi, B.P, (1991) Control of Environvental Variables in Water Recirculating Systems, Oalgon Corp, Metals Handbook.

7. The Noise of Cooling Towers, Engineering Manual 251, Baltimore Aircoil Company.
8. Mirsky, G ; Bauthier, J. (1984) Evolution of Cooling Tower Fill, The Cooling Tower Institute, Houston, Texas, TP-84-03.

## ÖZGEÇMİŞ

**Hasan Rıza GÜVEN**, İ.T.Ü Makina Fakültesi Uçak Bölümü'nden 1974'de Mühendis, Boğaziçi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1979 yılında Yüksek Mühendis olarak mezun oldu.

1983'de Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora yaptı.1976-78 yılları arasında Boğaziçi Üniversitesi'nde öğrenci asistanlık, 1979-83 arası Yıldız Üniversitesi'nde asistan olarak görev yaptı.1984-87 arası Yıldız Üniversitesi Kocaeli Müh.Fak. Makina Bölümü'nde Dr.Öğretim Görevlisi olarak çalıştı.1987'de YÖK-Dünya Bankası Projesi çerçevesinde İngiltere'de eğitim yaptı. 1988'den beri İÜ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu ve Mühendislik Fakültesi'nde Yrd.Doç.Dr. olarak görev yapmaktadır.

**Burkay ALNIPAK**, İ.T.Ü. Metalurji Bölümü'nden 1972 de mezun olduktan sonra aynı bölümde yüksek lisans yaptı.1981 yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktoraasını tamamladı. 1973-74 yılları arasında Ergani Bakır İşletmeleri'nde, 1974-78 arası Yıldız Üniversitesi Kocaeli Müh. Fakültesi'nde asistan olarak görev yaptı. 1979-80 döneminde Manchester Üniversitesi Metalurji Bölümü'nde araştırma yaptı. 1980-82 arası aynı Üniversitede Dr.Öğretim Görevlisi, 1982-88 arası Endüstri Müh.Böl. Başkan yardımcısı görevinde bulundu. 1988-89 arasında İngiltere ve A.B.D.'de YÖK-Dünya Bankası çerçevesinde eğitim görevlendirilmesinde bulundu. 1989'dan beri İÜ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'nda iklimlendirme-Soğutma Program Başkanı olarak görev yapmaktadır. ASH-RAE üyesidir.

**Kadir İSA**, 1985 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü'nden mezun oldu. 1986-88 yılları arasında Teknik ve Meslek Liselerinde Teknik Öğretmen olarak çalıştı. 1988-89 döneminde YÖK/Dünya Bankası Projesi çerçevesinde İngiltere ve A.B.D.'de iklimlendirme-Soğutma Teknolojisi alanında eğitim yaptı. 1989'dan beri İ.T.Ü. Düzce Meslek Yüksekokulu iklimlendirme-Soğutma Bölümü'nde öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Makina Müh. dalında yüksek lisans çalışmasına devam etmekte olup Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği üyesidir.