

Biyolojik Filtrelerin Reaksiyon Katsayılarını Veren Bir Bağıntının Araştırılması

Yılmaz MUSLU¹⁾

Giriş

İnsan topluluklarından ve endüstriden gelen kullanılmış sular çeşitli organizmalar için çok uygun bir yaşama ortamı teşkil ederler. Bu organizmalar kullanılmış suların içindeki organik ve bazı kompleks mineral maddeleri ayrıştırarak bunları kendileri için bir enerji kaynağı olarak kullanırlar ve bunlarla hücrelerini kurarlar. Bu esnada bir çok biyokimyasal olaylar meydana gelir ve neticede kullanılmış suların içindeki organik maddeler parçalanmış olur.

Organik maddelerin bu şekilde ayrışması oksijenin mevcut olması halinde (aereb) meydana geleceği gibi oksijenin mevcut olmaması halinde de (anaereb) meydana gelebilir.

Organik maddeleri eareb şekilde ayrıştıran organizmalar solunumları için oksijene ihtiyaç gösterirler. Eğer suda kâfi oksijen mevcutsa veya tasfiye tesislerinde olduğu gibi sun'i veya tabii havalandırma yoluyla bu oksijen dışardan suya veriliyorsa aereb ayrışma meydana gelir.

Organik maddeler devamlı olarak oksitlendiğinden buna ıslak yanma da denir. Bu olay sırasında sarfedilen oksijen miktarına biyokimyasal oksijen ihtiyacı adı verilir ve BOI sembolü ile gösterilir.

Islak yanma sırasında önce karbonlu maddeler oksitlenirler. Bunun için lüzumlu oksijene birinci kademe biyokimyasal oksijen ihtiyacı denir. Karbonlu maddelerden sonra daha ziyade amonyak ve nitritlerin nitratlara oksitlenmesi kendini gösterir ki, bu kısım ikinci kademeyi teşkil eder. Eğer kirli suyun birinci kademedeki bütün biyokimyasal oksijen ihtiyacı karşılanabiliyorsa, bu su içindeki bütün karbonlu organik maddelerin parçalanmış olduğu söylenebilir. Artık, karbonlu organik maddelerinden temizlenmiş olan böyle bir su numunesinde BOI = 0 ya-

1) Doç. Dr. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Çevre Sağlığı ve Teknolojisi Kürsü.

zılabilir. Suyu bu duruma getirmek için teorik olarak sonsuz bir zaman geçmesi lâzımdır. Pratikte ise bunun için 20 gün kâfi gelir. (3, 8) Bu süre zarfında sarfedilen oksijen miktarını L ile gösterelim. 20 gün beklenmez de t gün beklenirse t gün zarfında sarfedilen oksijen miktarı, $y = BOI_t < L$ olacaktır. Bu süre sonunda su numunesinin yeni halinin birinci kademe biyokimyasal oksijen ihtiyacı için $L_t = L - y$ yazılabilir. Çünkü bir kısım organik maddeler parçalanmış durumdadır.

Mühendisleri biyokimyasal oksitlenme olayının kendisinden ziyade reaksiyon hızı ilgilendirir. Tabiatta meydana gelen bir kirlenme durumunun devam süresini ve bunun tabii su yatağındaki işgal ettiği yerin büyüklüğünü anlamak için biyokimyasal reaksiyon hızını bilmeye ihtiyaç vardır. Tabiatın belirli bir ölçüde taklit edilmesinden ve biyokimyasal olayların hızlandırılmasından meydana gelen bir tasfiye ünitesinin kontrolü de, ancak biyokimyasal olayın cereyan hızını bilmek suretiyle yapılabilir. Böyle olayların zamana olan bağlılığının ve ne gibi şartlar altında değiştiğinin araştırılması kimyasal reaksiyonların kinetiği konusuna girer.

Biyokimyasal Oksitlenmeyi İfade Eden Bağntılar

Kimyasal kinetikte reaksiyonların tipini gösteren menklem

$$\pm \frac{dc}{dt} = \bar{k} \phi(R) \quad (1)$$

şeklindedir. (3). Burada t , zamanı ve c , incelenen maddelerin t anındaki konsantrasyonunu gösterir. (+) işaret söz konusu maddenin teşekkül ettiğini, (-) işaret ise azaldığını ifade eder. $\phi(R)$, reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonlarının bir fonksiyonudur. \bar{k} , reaksiyonun özgül hız sabiti olup $\phi(R)$ nin şümüülü içine giren maddelerden bağımsızdır. Fakat sıcaklığa, eriyikteki şartlara ve bilinmeyen diğer faktörlere bağlı olabilir.

Kimyasal reaksiyonun hızı 1 No.lu diferensiyel denklemin mertebesine göre sınıflandırılır. Buna göre birinci mertebeden bir reaksiyon, reaksiyona giren tek bir maddenin konsantrasyonu ile orantılı olan bir hıza sahip bulunur. Buna ait tipik bir denklem şudur :

$$- \frac{dc_A}{dt} = \bar{k} \cdot c_A \quad (2)$$

Burada reaksiyon giren madde A ile gösterilmiştir.

Birinci kademe biyokimyasal oksijen ihtiyacı genel olarak birinci mertebeden bir reaksiyon olarak kabul edilir. Buna göre 1 diferansiyel denkleminde c_A konsantrasyonu yerine, bir t anındaki organik madde konsantrasyonunu temsil eden $L_t = L - y$ konulacaktır.

$$-\frac{dL_t}{dt} = \bar{k} L_t \quad (3)$$

$dL_t = - dy$ olduğundan

$$\frac{dy}{dt} = \bar{k} (L - y) \quad (4)$$

bulunur.

$t = 0, y = 0$ sınır şartları ile bu diferensiyel denklemin çözümü

$$\ln \frac{L}{L-y} = \bar{k} t \quad \text{veya} \quad \ln \frac{L}{L_t} = \bar{k} t \quad (5)$$

olur. 10 tabanına göre alınmış logaritmalarla çalışmak istenirse

$$\log \frac{L}{L-y} = k t \quad \text{veya} \quad \log \frac{L}{L_t} = k t \quad (6)$$

yazılabilir. Logaritmalara ait özellikler sebebiyle $k = 0,4343 \bar{k}$ olacağı aşikârdır.

Yukarki denklemler bir tasfiye ünitesinde tesisin çalışma veriminin ve işleyişinin anlaşılmasında başarı ile uygulanabilir. Buradan biyolojik tasfiye tesislerinin proje ve işletilmesi için proje ve işletme mühendisine lüzumlu esasları çıkarmak mümkündür.

Filtreye giren suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı L , son çöktürme havuzundan çıkan temizlenmiş suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı L_t olduğuna göre biyokimyasal reaksiyon hızı Denklem 5 yardımıyla hesaplanabilir. Ancak bunun için suyun ne kadar bir süre ile biyokimyasal oksitlenmeye maruz kaldığını bilmek icap eder. Burada biyokimyasal olay sadece damlatmalı filtre içinde cereyan etmektedir. Şu halde 5 denkleminde t yerine suyun filtre içindeki akış süresini koymak gerekecektir. Bu sebeple önce damlatmalı filtrelerde akış zamanını incelemeye ihtiyaç vardır.

12 No.lu referansta etraflı olarak incelendiği üzere, damlatmalı filtrelerde akış süreleri

$$t = C H (S/Q_A)^n \quad (7)$$

denklemleri ile ifade edilebilir. C ve n katsayıları tane büyüklüğü ve istif şekline bağlıdır. Yeni ve temiz malzeme için $C = 0,312$, eski ve pis dolgu malzemesi için $C = 3 \times 0,312 = 0,936$ kabul edilebilir. n için orta lama bir değer, Howland teorisinin verdiği $n = 2/3$ değeridir.

Bir damlatmalı filtrede akış süresini veren 7 No.lu denklem, 6 bağıntısında yerine konursa k reaksiyon katsayısı kolaylıkla hesaplanabilir :

$$k = \frac{(Q_A/S)^n \log(L/L_t)}{cH} \quad (8)$$

Bu çalışmada, daha önce açıklanan sebepler dolayısıyla $C = 0,936$ ve $n = 2/3$ kabul edilecektir. Böylece

$$k = \frac{(Q_A/S)^{2/3} \log(L/L_t)}{0,936 H} \quad (9)$$

elde edilir. Denklem 9 hacimsal hidrolik yük cinsinden de yazılabilir. Bunun için 9 bağıntısında $Q_A = Q_v \cdot H$ koymak lâzımdır :

$$k = \frac{(Q_v/S)^{2/3} \cdot H^{2/3} \log \cdot L/L_t}{0,936 H} = \frac{(Q_v/S)^{2/3} \log \cdot L/L_t}{0,936 H^{1/3}} \quad (10)$$

Belirli bir damlatmalı filtrede, son çöktürme havuzundan çıkan suyun L_t biyokimyasal oksijen ihtiyacı filtreye giren suyun L biyokimyasal oksijen ihtiyacının ve hidrolik yükün bir fonksiyonudur. Yani $L_t = f(Q_v, L)$ dir. Genel olarak bu fonksiyon aşağıdaki etkenlerin tesiri altında bulunur :

- Damlatmalı filtreye giren suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı L
- Dolgu malzemesinin özgül yüzeyi S
- Filtrenin yüksekliği H
- Yüzeysel veya hacimsal hidrolik yük Q_A veya Q_v
- T_s , su sıcaklığı; T_h , hava sıcaklığı, hava sirkülasyonu ve diğer iklim faktörleri

Bu sebeple damlatmalı filtrelerde k reaksiyon katsayısı

$$k = f_1(L) \cdot f_2(S) \cdot f_3(H) \cdot f_4(Q_v, T_s, T_h) \quad (11)$$

şeklinde yazılacak ve her bir fonksiyon çeşitli filtrelere ait neşredilmiş deney neticelerini değerlendirmek suretiyle tayin edilecektir.

Filtreye Giren Suyun Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisi.

11 bağıntısında L dışında kalan diğer bütün değişkenler sabit tutulursa

$$k = A \cdot f_1(L)$$

elde edilir. Burada A ; L değeri dışında kalan değişkenlere göre değer alan bir sabiti göstermektedir. $f_1(L)$ fonksiyonunu tayin edebilmek için çeşitli organik yüklere maruz filtrelere ait deney neticelerine ihtiyaç vardır. Bütün bu deneyler sabit sıcaklık şartlarında sabit bir hidrolik yük altında yapılmalı ve filtre yüksekliği ile dolgu malzemesinin özgül yüzeyleri aynı olmalıdır. Bu maksatla Halverson tarafından Lakestreet tasfiye tesisinde yapılmış deneylerin neticeleri değerlendirilecektir. (4, 18). Bu tesiste üç adet damlatmalı filtre mevcuttur. Hidrolik yükün $Q_v = 7,66 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{g}$ olması halinde filtrelere verilen ve son çöktürme havuzundan çıkan suların L ve L_r biyokimyasal oksijen ihtiyaçlarının ölçülen değerleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Pratikte beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, birinci kademe biyokimyasal oksijen ihtiyacının yüzde 68 i kabul edilebileceğinden L ve L_r yerine daima söz konusu su numunesine ait BOI_5 değerleri kullanılır. Tablo 1 de yazılı ölçü neticeleri de bu şekilde elde edilmiş değerlerdir. Bu değerler ve Denklem 10 yardımıyla hesaplanan k reaksiyon katsayıları aynı tablonun 3. sütununa yazılmış ve $1/k$ değerleri her iki eksen de logaritmik ölçekli bir koordinat sisteminde L biyokimyasal oksijen ihtiyacına bağlı olarak gösterilmiştir. (Şekil 1). İşaretlenen noktalar, bir yılın çeşitli günlerine ait deney neticeleridir. Zira tasfiye tesislerinde kullanılmış suların biyokimyasal oksijen ihtiyacı ancak yılın çeşitli günlerinde önemli değişiklikler gösterir. Bu esnada su ve hava sıcaklıklarında değişecektir. Şekil 1 deki noktaların L biyokimyasal oksijen ihtiyacının değişiminin etkisini göstermekle beraber tam bir eğri üzerine düşmemesi ve dağılması bundan ileriye gelmektedir. Şekil 1 de ortalama sıcaklık şartlarına tekabül eden ve Denklem 11 de L den başka bütün terimlerin sabit olması halinde biyokimyasal oksijen ihtiyacının reaksiyon katsayısı üzerindeki tesirini gösteren bir eğri geçirilmiş ve bu eğriye en iyi yayan denklemin

$$\frac{1}{k} = f(L) = \frac{1925}{L^{1,11}} + 0,165 L^{0,65} \quad (13)$$

şeklinde olduğu bulunmuştur (Şekil 2).

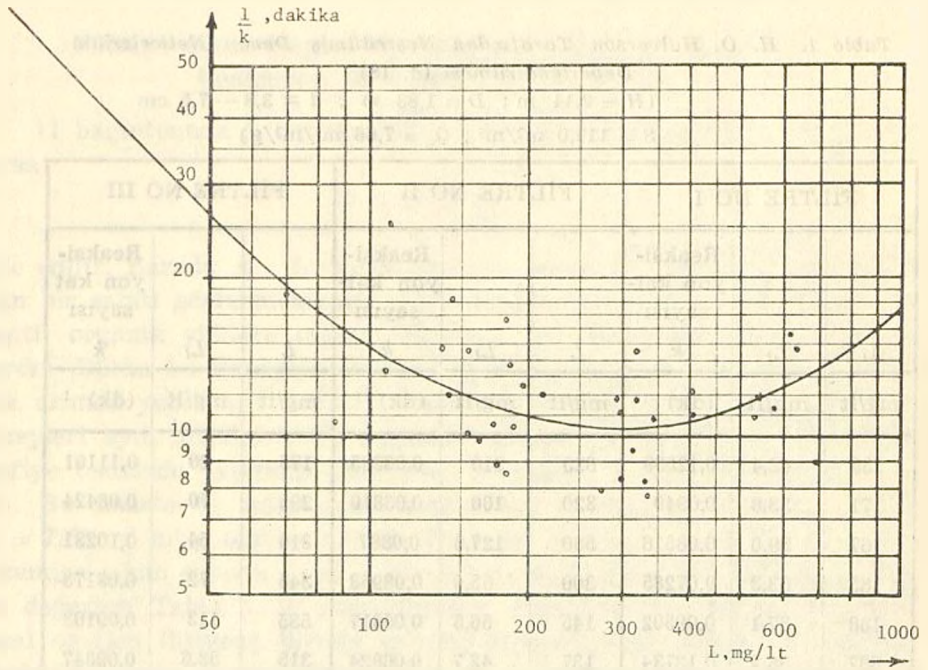
Tablo 1. H. O. Halverson Tarafından Neşredilmiş Deney Neticelerinin Değerlendirilmesi (4, 18)

 $(H = 2,44 \text{ m} ; D = 1,83 \text{ m} ; d = 3,8 - 7,5 \text{ cm})$ $(S = 111,0 \text{ m}^2/\text{m}^3 ; Q_v = 7,66 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{g})$

FİLTRE NO I			FİLTRE NO II			FİLTRE NO III		
L	L_t	Reaksiyon katsayısı k	L	L_t	Reaksiyon katsayısı k	L	L_t	Reaksiyon katsayısı k
mg/lt	mg/lt	$(\text{dk})^{-1}$	mg/lt	mg/lt	$(\text{dk})^{-1}$	mg/lt	mg/lt	$(\text{dk})^{-1}$
335	42,4	0,12099	625	210	0,06385	175	26	0,11161
171	33,8	0,0949	320	100	0,06810	295	70	0,08424
167	39,0	0,08516	580	127,5	0,0887	310	54	0,10231
185	53,3	0,07285	300	65,0	0,08953	345	72	0,09173
188	37,1	0,09502	145	56,5	0,05517	535	113	0,09103
337	38,2	0,12734	137	42,7	0,06824	315	58,6	0,09847
213	52,7	0,08177	86	17,4	0,09355	310	60	0,09616
182	24,9	0,11646	110	56,2	0,03932	275	32,5	0,12501
142	34,9	0,08215	85	16,2	0,09704	299	38,7	0,11971
118	33,2	0,07423	182,5	66,2	0,05937	107	30,2	0,07407
154	28,9	0,09794	155,0	48,5	0,06802	161,5	28,5	0,10154
407	101,0	0,08158	174,5	39,5	0,08696			
195	50,0	0,07968	69,5	28,2	0,05280			
410	88,0	0,0901						
320	76,0	0,08416						
700	105,0	0,11106						
315	53,4	0,10391						
640	202,0	0,06752						

Özgül Yüzeyin Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisi.

F. Pöpel'e göre filtre malzemesinin yüzeyinin pürüzlü veya cilalı olmasının damlatmalı filtrenin temizleme kapasitesi üzerine bir tesiri yoktur. Çünkü biyokimyasal oksitleme olayına sebep olan organizmalar ci-

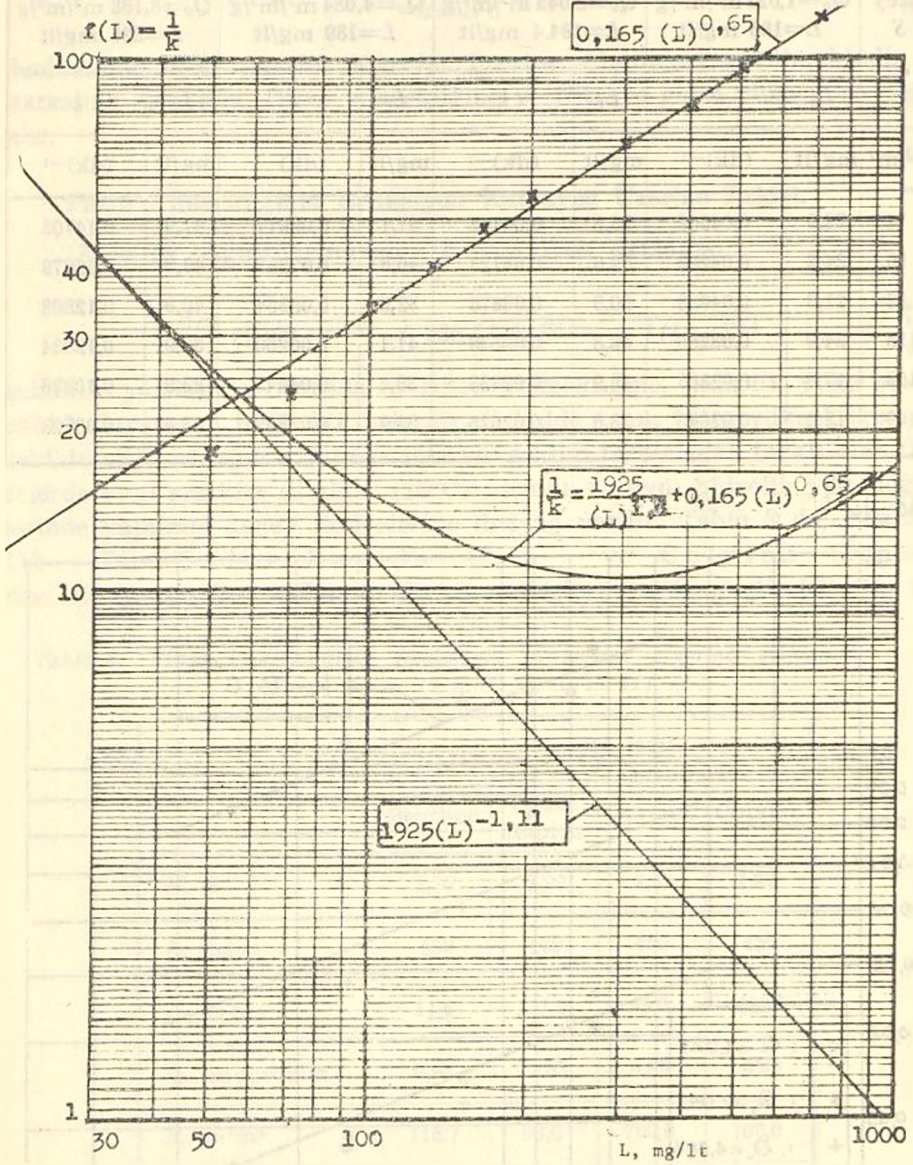


Şekil 1. H. O. Halverson tarafından neşredilmiş deney sonuçlarının değerlendirilmesi (4).

lalı yüzeyler üzerine de yerleşip organik maddeleri kolaylıkla ayrıştırabilirler. Demoll, Liebmann, Beger, ve Schreiber (18) in çalışmaları da bu hususu teyit etmektedir. Bu sebeple bu çalışmada sadece özgül yüzeyin büyüklüğünün etkisi araştırılacaktır. 11 bağıntısında S özgül yüzeyinin haricinde kalan bütün değişkenler sabit tutularak aynı denklem

$$k = B \cdot f_2(S) \quad (14)$$

şeklinde yazılacaktır. Burada B bir sabiti göstermektedir. $f_2(S)$ fonksiyonunu tayin edebilmek için çeşitli özgül yüzeylere sahip filtreler ait deney neticelerini bilmeye ihtiyaç vardır. Bu maksatla Iowa Engineering Station, Ames tesisine ait deney neticeleri değerlendirilecektir. (7, 18). Burada pişmiş kilden yapılmış çeşitli büyüklükte Raschig - halkaları kullanılarak özgül yüzeyin değeri değiştirilmiştir (Bkz. Tablo 2). Tablonun tetkikinden anlaşılacağı gibi deneyler sabit sıcaklık şartlarında yapılmış, hidrolik ve organik yükün değeri sabit tutulmuştur. k reaksiyon katsayıları Denklem 10 a göre hesaplanmıştır. Elde edilen k değerleri her iki eksen de logaritmik ölçekli bir koordinat sisteminde S özgül yüzeyine bağlı olarak gösterilmiştir. (Şekil 3).

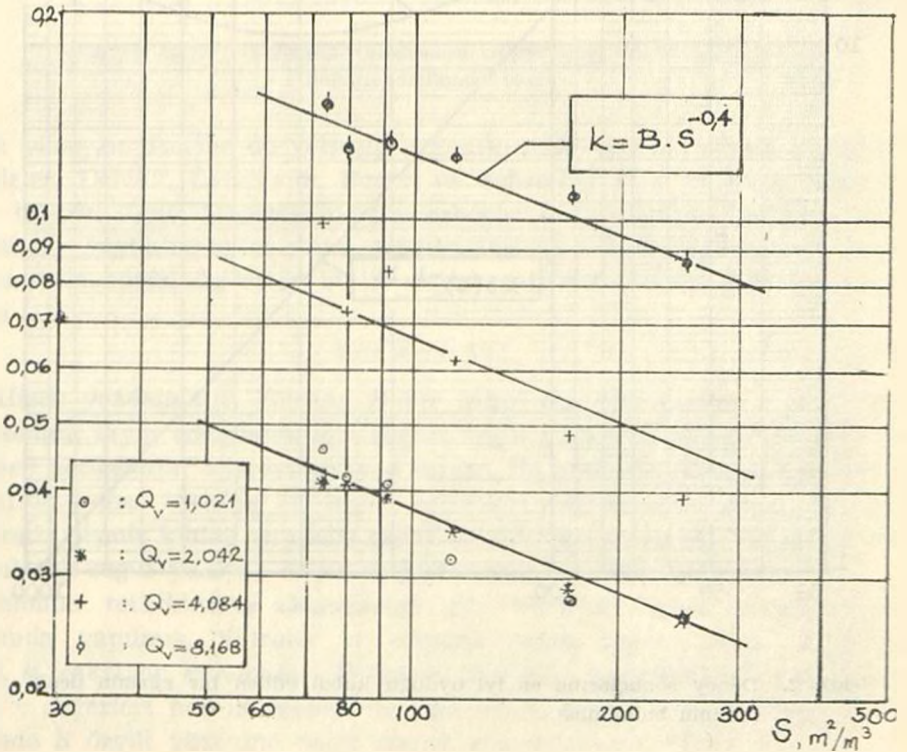


Şekil 2. Deney sonuçlarına en iyi uyduğu kabul edilen bir eğrinin denkleminin bulunması.

Tablo 2. Iowa Engineering Station, Ames'e Ait Deney Neticelerinin Değerlendirilmesi (7)
(Filtre Yüksekliği: $H=1,83$ m)

Özgül Yüzey S	Ağustos - Kasım $T_{su}=18,3$ °C $Q_v=1,021$ m ³ /m ³ /g $L=186$ mg/lt		Ekim - Mart $T_{su}=11,0$ °C $Q_v=2,042$ m ³ /m ³ /g $L=184,4$ mg/lt		Nisan - Haziran $T_{su}=13,5$ °C $Q_v=4,084$ m ³ /m ³ /g $L=189$ mg/lt		Ağustos - Ekim $T_{su}=16,8$ °C $Q_v=8,168$ m ³ /m ³ /g $L=226$ mg/lt	
	L_t	k	L_t	k	L_t	k	L_t	k
m ² /m ³	mg/lt	(dk) ⁻¹	mg/lt	(dk) ⁻¹	mg/lt	(dk) ⁻¹	mg/lt	(dk) ⁻¹
74	22,9	0,04569	55,6	0,04152	31,1	0,09917	41,9	0,14703
80	24,2	0,04223	52,6	0,04123	46,8	0,07283	48,9	0,12679
92	21,3	0,04088	50,5	0,03878	32,6	0,08354	40,9	0,12898
115	24,9	0,03269	46,8	0,03538	41,1	0,06250	33,9	0,12334
168	17,0	0,02885	40,9	0,02883	38,4	0,04843	23,9	0,10836
249	12,2	0,02646	33,6	0,02625	38,9	0,03869	23,9	0,08728

k, dk^{-1}



Şekil 3. Özgül yüzeyin biyokimyasal reaksiyon katsayısı üzerindeki etkisi.

Kaydedilen noktaların

$$k = B S^{-0.4} \quad (15)$$

denkleminin uyan paralel doğrular üzerine düştükleri görülmektedir. B katsayısı sıcaklığa, filtre yüksekliğine ve filtreye gelen yüke göre değer alır.

Filtre Yüksekliğinin Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisi.

13 ve 15 bağıntılarına göre k reaksiyon katsayısı

$$k = \frac{\alpha}{(1925 L^{-1.11} + 0,165 L^{0.65}) S^{0.4}} = \frac{\alpha}{f(L) \cdot S^{0.4}} \quad (16)$$

şeklinde yazılabilir. Burada α , filtre yüksekliğine, hidrolik yüke ve sıcaklık durumuna bağlı bir değerdir. O halde α nın filtre yüksekliğine ne şekilde bağlı olduğunu bulmak için yüksekliği birbirinden farklı olan filtrelerde aynı sıcaklık şartları (15°C) altında ve aynı hidrolik yük değerlerinde yapılmış deney neticelerine ihtiyaç vardır. Tablo 3 de, Beuthen (13—17), Cedar Rapids (9), ve Colvick (2) tesisine ait bu şartları sağlayan deney neticeleri özetlenmiştir.(6). Bu de-

Tablo 3. Filtre Yüksekliğinin Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisinin Araştırılması (2, 9, 13, 14, 15, 16, 17)

	Tesisin ismi			
	Beuthen	Cedar Rapids	Colvick	Colvick
H, m	3,70	1,98	1,83	1,22
$L, mg/lt$	450	445	456	456
$L_t, mg/lt$	11,6	101,0	49,0	128,0
$Q_v, m^3/m^3/gün$	0,98	1,03	0,89	0,89
$S, m^2/m^3$	115,7	98,0	700,0	700,0
k, dk^{-1}	0,04556	0,02625	0,00992	0,00645
$f(L)$	10,70	10,71	10,80	10,80
$\alpha = kf(L) S^{2.5}$	3,275	1,76	1,48	0,962

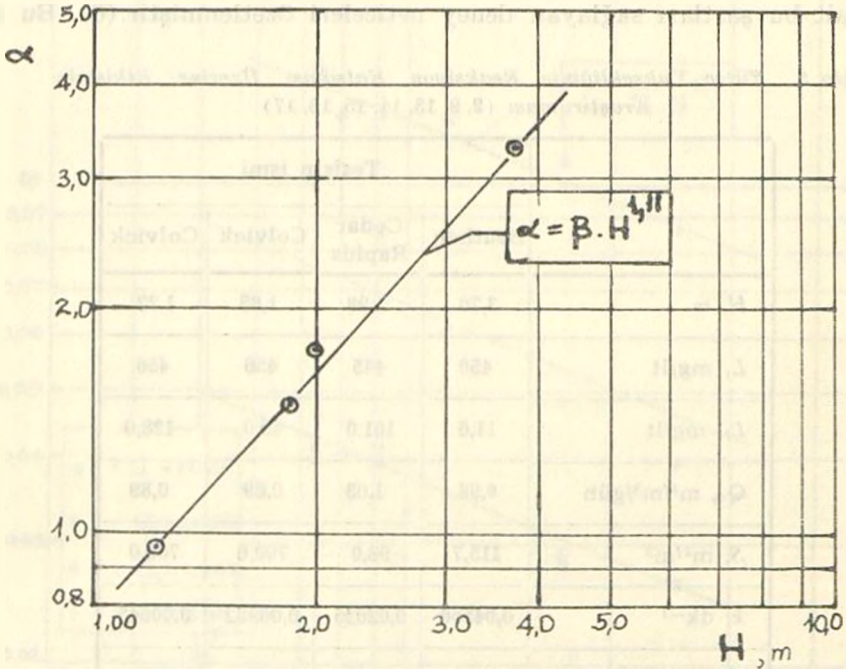
ney neticelerinden, önce Denklem 10 a göre k reaksiyon katsayıları hesaplanmış, daha sonra 16 bağıntısı yardımıyla α değerleri bulunmuştur. (Tablo 3 e bakınız). Böylece elde edilen α değerleri Şekil 4 de 1,22 ila 3,7 m arasında değişen filtre yüksekliğine bağlı olarak her iki ekseninde de logaritmik taksimatlı bir grafik kâğıdının düşey ekseninde gösterilmiştir. İşaretlenen noktaların

$$\alpha = \beta \cdot H^{1,11} \quad (17)$$

denklemini haiz bir doğru üzerine düştüğü görülmektedir. β , sıcaklığa ve hidrolik yüke bağlı değerler alır. Denklem 17, 16 bağıntısında yerine konursa

$$k = \frac{\beta \cdot H^{1,11}}{f(L) \cdot S^{0,4}} \quad (18)$$

elde edilir. Meselâ, daha önce deney neticeleri değerlendirilen Lakestreet tasfiye tesisinde, $Q_v = 7,66 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ hidrolik yükü ve senelik ortalama sıcaklık şartları altında $k = 1/f(L)$ bulunmuştu. Bu tesise H ve S de-



Şekil 4. Filtre yüksekliğinin biyokimyasal reaksiyon katsayısı üzerindeki etkisi.

ğerleri 18 bağıntısında yerine konursa bu filtrede

$$k = \frac{\beta \cdot H^{1.11}}{f(L) S^{0.4}} = \frac{1}{f(L)} \quad (19)$$

$$\beta = \frac{S^{0.4}}{H^{1.11}} = \frac{111^{0.4}}{(2,44)^{1.11}} = 2,44 \quad (20)$$

olur.

Şimdi Beuthen ve Lakestreet tesislerinin aynı sıcaklık şartlarında çalıştığını kabul edelim ve aynı hidrolik yük için Beuthen tesisinin reaksiyon katsayısının ne olabileceğini bulalım. Bunu yapmağa hakkımız vardır. Zira Beuthen'de deney sırasında su sıcaklığı 15°C civarında olup Lakestreet tesisindeki ortalama sıcaklığa tekabül etmektedir. Buna göre

$$k = \frac{\beta H^{1.11}}{f(L) S^{0.4}} = \frac{2,44 \times 3,70^{1.11}}{f(450) \times 115,7^{0.4}} = 0,141$$

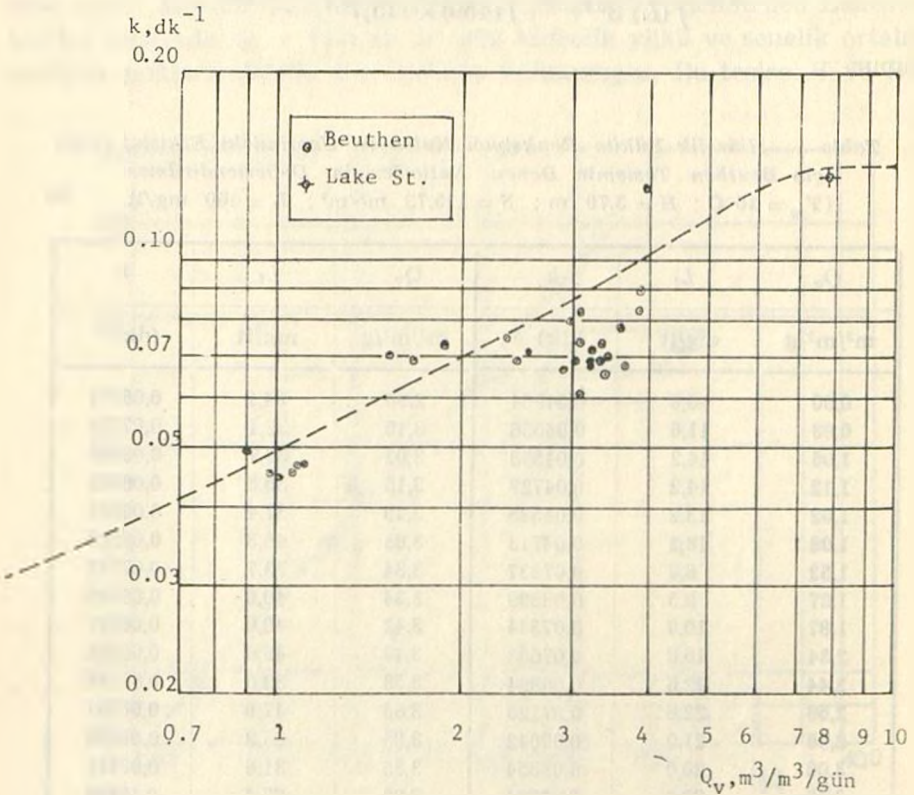
bulunur.

Tablo 4 Hidrolik Yükün Reaksiyon Katsayısı Üzerindeki Etkisini tayin için Beuthen Tesisinin Deney Neticelerinin Değerlendirilmesi
($T_{su} = 15^{\circ}\text{C}$; $H = 3,70$ m; $S = 115,73$ m³/m³/g; $L = 450$ mg/lt.)

Q_0	L_t	k	Q_1	L_t	k
m ³ /m ³ /g	mg/lt	(dk) ⁻¹	m ³ /m ³ /g	mg/lt	(dk) ⁻¹
0,90	6,8	0,04954	2,90	34,2	0,06671
0,98	11,6	0,04556	3,15	32,1	0,07222
1,06	14,2	0,04558	3,02	33,7	0,06892
1,12	14,2	0,04729	3,15	35,8	0,06925
1,02	13,2	0,04535	3,15	37,4	0,06804
1,08	13,2	0,04713	3,08	46,3	0,06129
1,52	6,8	0,07037	3,34	33,7	0,07372
1,67	9,5	0,06399	3,34	40,0	0,06885
1,87	10,0	0,07344	3,42	40,0	0,06997
2,34	15,8	0,07508	3,40	45,0	0,06628
2,44	22,6	0,06894	3,58	32,6	0,07824
2,56	22,6	0,07120	3,65	47,9	0,06761
2,96	21,0	0,08042	3,85	25,8	0,08945
3,06	20,0	0,08354	3,85	31,6	0,08311
3,10	29,4	0,07384	3,92	67,4	0,13309

Hidrolik Yükün Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisi.

Buraya kadar elde edilen sonuçlara dayanarak hidrolik yük ve sıcaklık dışında kalan bütün değişkenlerin reaksiyon katsayısı üzerindeki etkisini hesaba katmak mümkündür. Eğer deneyler sabit sıcaklıkta yapılırsa hidrolik yük tek değişken olarak ortada kalır ve bunun reaksiyon katsayısı, dolayısıyla α fonksiyonu üzerine etkisini meydana çıkarmak imkan dahiline girer. Bu maksatla Beuthen tasfiye tesisinden elde edilen deney neticeleri Tablo 4 de özetlenmiştir. Söz konusu deneyler sabit sıcaklıkta ($T = 15^\circ\text{C}$) yapılmıştır. Şekil 5 de 10 denklemleri yardımıyla hesaplanan k reaksiyon katsayıları Q_v hacimsel hidrolik yüküne bağlı olarak her iki eksenini de logaritmik taksimatlı bir koordinat sisteminde gösterilmiştir. $Q_v = 7,66 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{gün}$ için 19 ve 20 bağıntıları yardımıyla hesaplanan $k = 0,141$ değeri de aynı şekil üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 5. Hacimsel hidrolik yükün biyokimyasal reaksiyon katsayısı üzerindeki tesirinin araştırılması.

Bu noktalara en iyi uyan eğrinin gidişinden anlaşıldığına göre hidrolik yük değişirken k reaksiyon katsayıları iki alt ve üst sınır değer arasında değişmektedir. Aşağıda bu durum başka deney neticeleri ile de teyit edilecektir.

Bu eğrinin çeşitli noktalarına ait reaksiyon katsayıları ile hidrolik yük değerleri Tablo 5 in birinci ve ikinci satırına kaydedilmiştir.

Beuthen tesisi için 18 bağıntısı

$$k = \frac{\beta \cdot H^{1.11}}{f(L) \cdot S^{0.4}} = \frac{\beta \cdot 3.70^{1.11}}{f(450) \cdot 115.7^{0.4}} = 0.058 \cdot \beta \quad (21)$$

şeklini alır. Bu sebeple β fonksiyonu

$$\beta = \frac{1}{0.058} k = 17.25 k \quad (22)$$

olur.

Tablo 5 de yazılı k değerleri 22 denkleminde yerine konarak Beuthen tesisinde muhtelif hidrolik yüklere tekabül eden β değerleri hesap edilmiş ve aynı tablonun üçüncü satırına yazılmıştır.

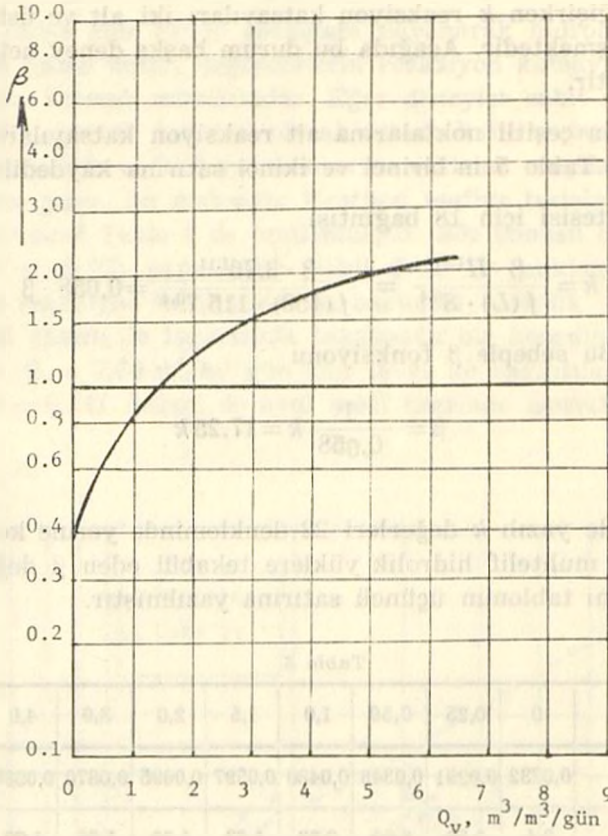
Tablo 5

$Q_v, m^3/m^3/g$	0	0,25	0,50	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0
k, dk^{-1}	0,0232	0,0291	0,0348	0,0480	0,0597	0,0695	0,0870	0,0980	0,113	0,1280
$\beta = 17,25 k$	0,4	0,50	0,60	0,83	1,03	1,20	1,50	1,69	1,95	2,20
$\beta - \beta_0 = \beta - 0,4$	0,0	0,1	0,2	0,43	0,63	0,80	1,10	1,29	1,55	1,80
$1/(\beta - \beta_0)$	—	10,0	5,0	2,32	1,585	1,25	0,90	0,775	0,645	0,555

Bu şekilde hesaplanan β değerleri logaritmik ölçekli olarak ordinatta, Q_v hacimsel hidrolik yükü ise aritmetik ölçekli olarak apsiste gösterilirse Şekil 6 elde edilir. Eğrinin gidişinden β , dolayısıyla k değerlerinin azalan hidrolik yük ile birlikte küçüldüğü ve $Q_v = 0$ için $\beta_0 = 0,4$ olduğu anlaşılmaktadır. Bu alt sınır değeri için reaksiyon katsayısı $\beta = \beta_0 = 0,4$

$$k = k_0 = \frac{\beta_0 \cdot H^{1.11}}{f(L) \cdot S^{0.4}} = \frac{0,4 \times 4,27}{11 \times 6,7} = 0,0232 dk^{-1} \quad (23)$$

olur.



Şekil 6. Debinin küçülmesi halinde reaksiyon katsayısının ne şekilde değiştiğinin araştırılması.

k_0 , dolayısıyla β_0 iklim ve sıcaklık faktörlerine bağlı olup ilerde etraflı olarak incelenecektir. Buna göre sabit sıcaklıklarda $(\beta - \beta_0)$ sadece hidrolik yükün bir fonksiyonu olacaktır. $(\beta - \beta_0)$ ile Q_v arasındaki bağıntıyı bulmak için $(\beta - \beta_0)$ ve $1/(\beta - \beta_0)$ Tablo 5 de hesaplanmış ve $1/(\beta - \beta_0)$ değerleri her iki eksenini de logaritmik ölçekli olan bir koordinat sisteminde Q_v hidrolik yüküne bağlı olarak gösterilmiştir. (Şekil 7). İşaretlenen noktaların

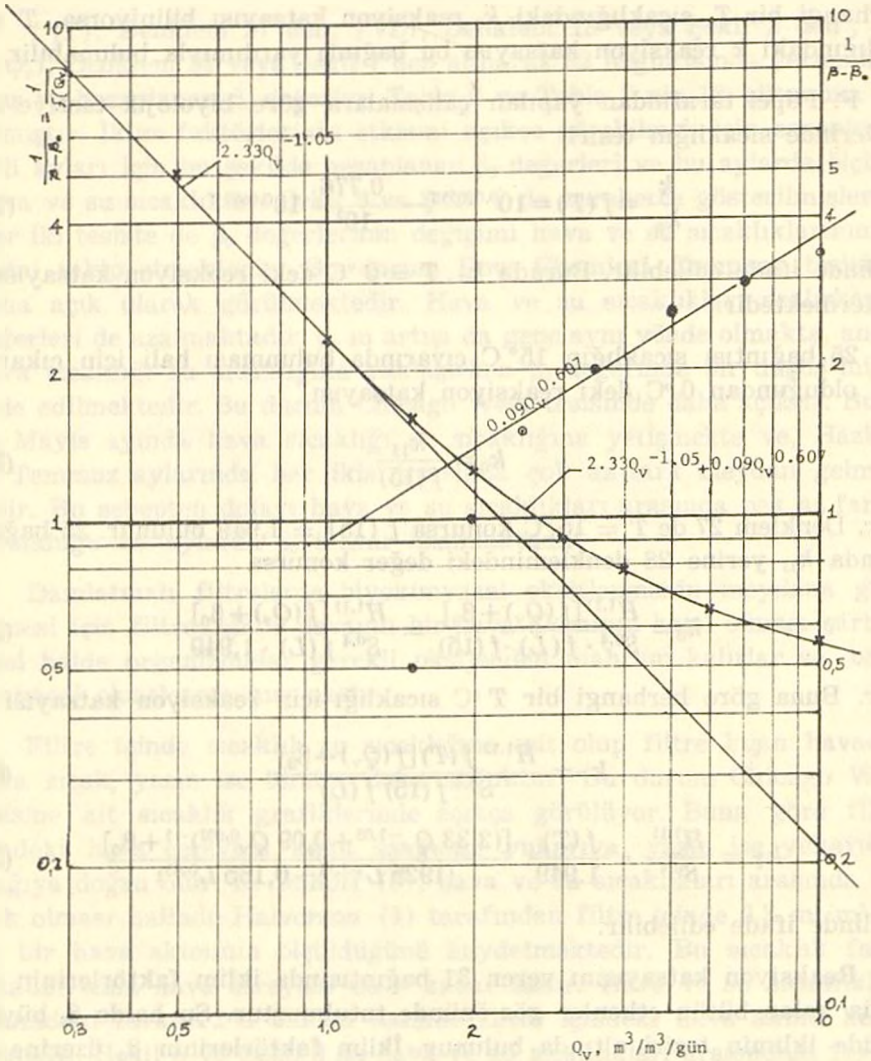
$$\frac{1}{\beta - \beta_0} = \frac{1}{f(Q_v)} = 2.33 Q_v^{-1.05} + 0.09 Q_v^{0.607} \quad (24)$$

denkleminde uygun bir eğri üzerine düştüğü görülmektedir.

Buna göre su sıcaklığı 15°C civarında bulunan bir tesiste reaksiyon katsayısı

$$k_{15} = \frac{H^{1.11} [f(Q_v) + \beta_0]}{S^{0.4} \cdot f(L)} = \frac{H^{1.11} \cdot [(2,33 Q_v^{-1.05} + 0,09 Q_v^{0.607})^{-1} + \beta_0]}{S^{0.4} (1925 L^{-1.11} + 0,165 L^{0.65})} \quad (25)$$

denklemlle ifade edilebilir. Bundan sonraki kısımda sıcaklığın etkisi araştırılacak ve muhtelif tasfiye tesislerinde β_0 değerlerinin değişimi incelenecektir.



Şekil 7. Hacimsel hidrolik yükün reaksiyon katsayısı üzerindeki etkisini ifade eden bir denklemin çıkarılışı.

Sıcaklığın Reaksiyon Katsayısı Üzerine Etkisi

Verilen bir su numunesinde k reaksiyon katsayısı sıcaklıkla birlikte artar. Organik maddelerle kirlenmiş suların kendi kendine biyolojik oksitlenmesinde sıcaklığın tesiri van't Hoff - Arrhenius bağıntısı ile ifade edilebilir.

$$\frac{k}{k_0} = e^{c(T-T_0)} \quad (26)$$

Herhangi bir T_0 sıcaklığındaki k_0 reaksiyon katsayısı biliniyorsa, T sıcaklığındaki k reaksiyon katsayısı bu bağıntı yardımıyla bulunabilir.

F. Pöpel tarafından yapılan çalışmalara göre biyolojik tasfiye işlemlerinde sıcaklığın tesiri

$$\frac{k}{k_{11}} = f(T) = 10^{0,02055T} - \frac{0,776}{10^2} 10^{0,0689T} \quad (27)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada k_0 , $T = 0$ °C deki reaksiyon katsayısını göstermektedir.

25 bağıntısı sıcaklığın 15° C civarında bulunması hali için çıkarılmış olduğundan 0 °C deki reaksiyon katsayısı

$$k_0 = \frac{k_{15}}{f(15)} \quad (28)$$

olur. Denklem 27 de $T = 15$ °C konursa $f(15) = 1,949$ bulunur. 25 bağıntısında k_{15} yerine 28 denklemindeki değer konursa

$$k_0 = \frac{H^{1,11} [f(Q_v) + \beta_0]}{S^{0,4} \cdot f(L) \cdot f(15)} = \frac{H^{1,11} [f(Q_v) + \beta_0]}{S^{0,4} f(L) \cdot 1,949} \quad (29)$$

olur. Buna göre herhangi bir T °C sıcaklığı için reaksiyon katsayısı ,

$$k_T = \frac{H^{1,12} f(T) [f(Q_v) + \beta_0]}{S^{0,4} f(15) f(L)} \quad (30)$$

$$k_T = \frac{H^{1,11}}{S^{0,4}} \cdot \frac{f(T)}{1,949} \frac{[(2,33 Q_v^{-1,05} + 0,09 Q_v^{0,607})^{-1} + \beta_0]}{(1925 L^{-1,11} + 0,165 L^{0,65})} \quad (31)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Reaksiyon katsayısını veren 31 bağıntısında iklim faktörlerinin dışında kalan bütün etkenler göz önünde tutulmuştur. Şu halde β_0 büyük ölçüde iklimin tesiri altında bulunur. İklim faktörlerinin β_0 üzerine ne

şekilde etkiğini meydana çıkarabilmek için Tablo 6 ve Tablo 7 de Chicago - West (10) ve Dow Chemical Company (5) tasfiye tesislerine ait deney neticeleri özetlenmiştir. Verilen değerler söz konusu tesislere ait aylık ortalamalar olup hava ve su sıcaklıklarını da içine almaktadır. Reaksiyon katsayıları bilinen şekilde bulunduktan sonra β_0 değerleri Denklem 30 dan aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\beta_0 = \frac{k_T \cdot f(15) \cdot S^{0.4} \cdot f(L)}{f(T) H^{1.31}} - f(Q_s) \quad (32)$$

$f(T)$, Denklem 27 den; $f(L)$, Denklem 13 veya Şekil 2 den; ve $f(Q_s)$, Denklem 24 veya Şekil 7 den alınarak 32 bağıntısında yerine konmuş ve hesaplanan β_0 değerleri Tablo 6 ve Tablo 7 nin 18. sütununa yazılmıştır. İklim faktörlerinin etkisini açıkça görebilmek için senenin çeşitli ayları için bu şekilde hesaplanan β_0 değerleri ve bu aylarda ölçülen hava ve su sıcaklıkları Şekil 8 ve Şekil 9 da beraberce gösterilmişlerdir. Her iki tesiste de β_0 değerlerinin değişimi hava ve su sıcaklıklarının gidişini takip etmektedir. Bu durum Dow Chemical Company tesisinde daha açık olarak görülmektedir. Hava ve su sıcaklıkları azalırken β_0 değerleri de azalmaktadır. β_0 in artışı da gene aynı yönde olmakta, ancak hava sıcaklığı su sıcaklığına yaklaşırken β_0 değerinde bir düşüş müşahade edilmektedir. Bu durum Chicago West tesisinde daha açıktır. Burada Mayıs ayında hava sıcaklığı su sıcaklığına yetişmekte ve, Haziran ve Temmuz aylarında her ikisi arasında çok az fark meydana gelmektedir. Bu sebepten dolayı hava ve su sıcaklıkları arasında pek az fark bulunduğu bu aylarda β_0 tekrar azalmaktadır.

Damlatmalı filtrelerde biyokimyasal oksitlenmenin meydana gelmesi için filtre içinde devamlı bir hava akımının hasıl olması şarttır. Aksi halde organizmalar gerekli oksijenden mahrum kalırlar ve, biyokimyasal oksitlenme hızı azalır.

Filtre içinde sıcaklık su sıcaklığına eşit olup filtre kışın havadan daha sıcak, yazın ise tersine daha soğuktur. Bu durum Chicago West tesisine ait sıcaklık grafiklerinde açıkça görülüyor. Buna göre filtre içindeki hava cereyanı kışın aşağıdan yukarıya, yazın ise yukarıdan aşağıya doğru olur. K. Imhoff (6), hava ve su sıcaklıkları arasında 6°C fark olması halinde Halverson (4) tarafından filtre içinde 0,3 m³/m³/dklık bir hava akımının ölçüldüğünü kaydetmektedir. Bu sıcaklık farkı ne kadar azsa hava cereyanı da o kadar azdır. Hava ve su sıcaklıkları arasındaki farkın 2°C olması halinde filtre içindeki hava akımı kesilmektedir. Şekil 8 ve Şekil 9 da hava ve su sıcaklıkları arasındaki farkın

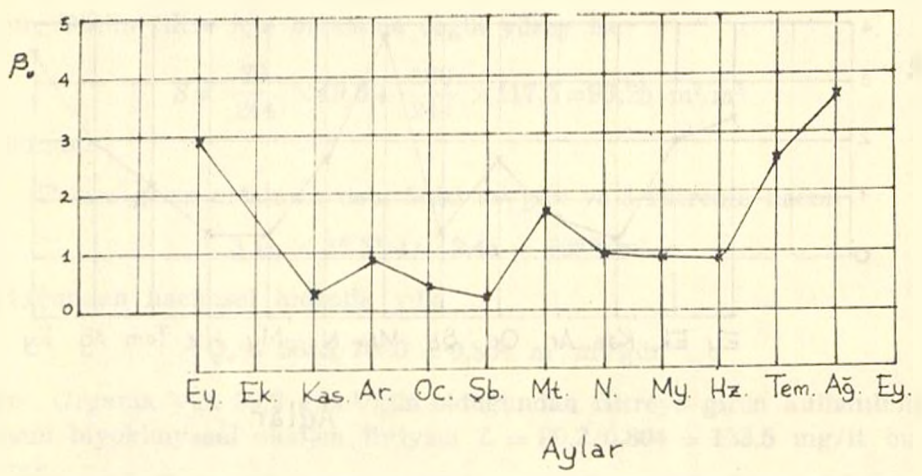
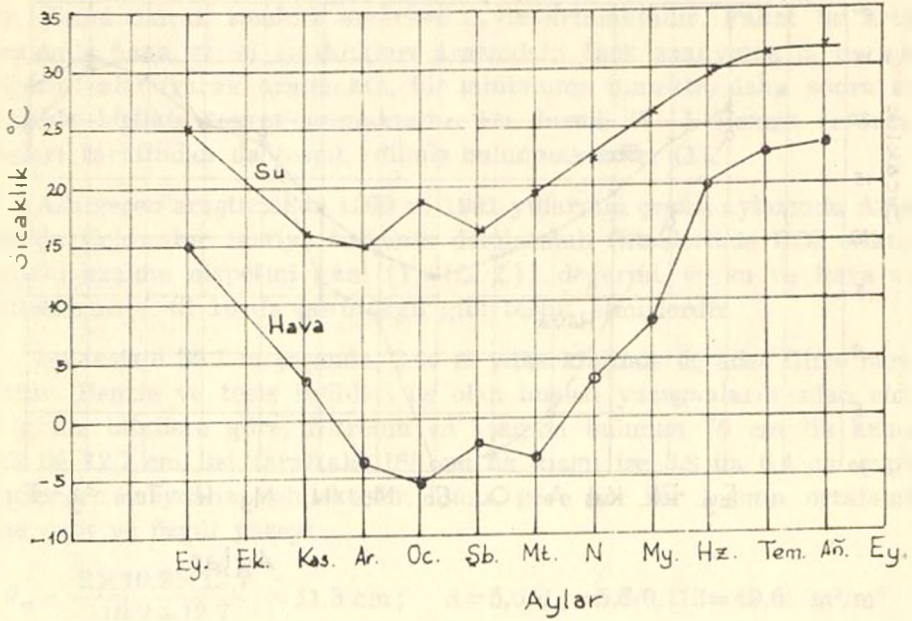
Tablo 6. (β_0) m değişimini bulmak için (Chicago West) tesisine ait deney neticelerinin değerlendirilmesi (10) ($H = 2,44$ m, $S = 92$ m²/m³)

Aylar	Q_v	L_t	L	kt	T_{su}	T_{hava}	β_0
—	m ³ /m ³ /g	mg/lt	mg/lt	dk ⁻¹	°C	°C	
1	2	3	4	5	6	7	8
Eylül	8,78	14,8	34,5	0,0609	21,1	18,9	2,36
Ekim	8,9	18,6	44,8	0,0649	18,4	11,1	2,02
Kasım	8,81	27,7	41,04	0,0285	14,5	3,3	0,35
Aralık	8,9	35,6	62,1	0,0405	10,6	-5,0	0,66
Ocak	8,9	28,5	55,3	0,0482	8,3	-8,3	1,65
Şubat	7,75	43,9	74,5	0,0350	6,7	-9,4	0,40
Mart	•	18,3	30,9	0,0423	8,5	3,3	3,76
Nisan	•	23,5	52,7	0,0537	12,3	6,1	1,70
Mayıs	•	27,2	49,0	0,0390	17,8	18,9	0,37
Haziran	•	25,5	46,8	0,0402	19,5	19,4	0,42
Temmuz	•	17,2	34,7	0,0465	23,5	25,6	1,24
Ağustos	•	13,3	28,7	0,0510	25,6	24,6	1,94
Eylül	10,20	12,3	26,6	0,0615	22,8	19,4	3,51

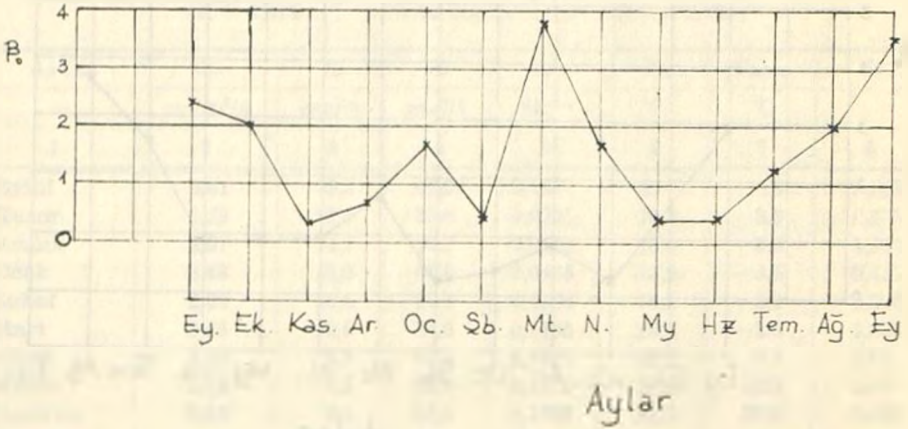
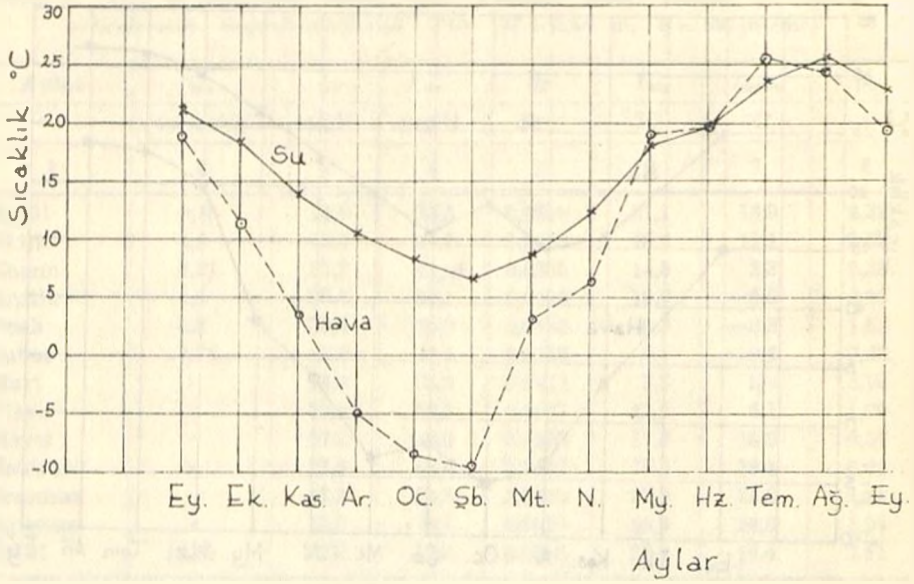
Tablo 7. (β_0) m değişimini bulmak için Dow Chemical Company, Midland tesisine ait deney neticelerinin değerlendirilmesi (5).

($H = 2,974$ m ; $S = 82$ m²/m³ ; $S^{0.4} : H^{1.11} = 1.738$)

Aylar	Q_v	L_t	L	kt	T_{su}	T_{hava}	β_0
—	m ³ /m ³ /g	mg/lt	mg/lt	dk ⁻¹	°C	°C	
1	2	3	4	5	6	7	8
Eylül	4,41	3,3	42,29	0,117	25	15	2,925
Kasım	2,79	18,6	33,6	0,0201	16,1	3,3	0,273
Aralık	2,67	14,7	54,7	0,0433	15,0	-3,9	0,972
Ocak	2,83	16,0	66,0	0,0485	18,9	-5,5	0,417
Şubat	2,69	16,8	67,8	0,0384	16,1	-2,2	0,265
Mart	3,88	5,0	84,0	0,1195	19,4	-3,3	1,652
Nisan	4,65	9,0	82,0	0,1055	22,2	3,3	0,94
Mayıs	5,53	9,5	63,5	0,1010	26,2	8,35	0,90
Haziran	5,30	8,5	60,5	0,1022	29,5	20,0	0,845
Temmuz	5,19	5,3	30,3	0,0895	31,2	22,8	2,59
Ağustos	5,25	3,9	25,9	0,0978	31,8	23,4	3,68



Şekil 8. Chicago West tesisinde ölçülen hava ve su sıcaklıkları ile 32 bağıntısından hesaplanan β_0 değerleri.



Şekil 9. Dow Chemical Company tesisinde ölçülen hava ve su sıcaklıkları ile 32 bağıntısından hesaplanan β değerleri.

azaldığı aylarda β_0 değerinin düşmesinin sebebi bundan ileriye gelmektedir. Genel olarak sıcaklık artarken β_0 da artmaktadır. Fakat bu artış sırasında hava ve su sıcaklıkları arasındaki fark azalıyor, β_0 normal değerini alamıyarak azalmakta, bir minimuma inmekte, daha sonra sıcaklıkla birlikte tekrar artmaktadır. Bu durum W. J. Benzie ve arkadaşları tarafından da tespit edilmiş bulunmaktadır. (1).

Adı geçen araştırmacılar 1960 ve 1961 yıllarının çeşitli aylarında Amerika'da Coldwater tasfiye tesisinin damlatmalı filtrelerinde BOI miktarındaki azalma nispetini yâni $[1 - (L_t/L)]$ değerini, ve su ve hava sıcaklıklarını şekil 10 da görüldüğü gibi tesbit etmişlerdir.

Bu tesiste 35.1 m çapında, 2.44 m yüksekliğinde üç adet filtre mevcuttur. Benzie ve tesis ilgilileri ile olan hususi yazışmalarımızdan elde ettiğimiz bilgilere göre, filtrenin en aşağıda bulunan 76 cm lik kısmı 10,2 ilâ 12,7 cm, üst taraftaki 168 cm lik kısmı ise 3,8 ila 6,4 cm çaplı tanelerden meydana gelmektedir. Buna göre her bir kısmın ortalama tane çapı ve özgül yüzeyi

$$d_m = \frac{2 \times 10,2 \times 12,7}{10,2 + 12,7} = 11,3 \text{ cm}; \quad S = 5,6/d_m = 5,6/0,113 = 49,6 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$d_m = \frac{2 \times 3,8 \times 6,4}{3,8 + 6,4} = 4,77 \text{ cm}; \quad S = 5,6/d_m = 5,6/0,047 = 117,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

olur. Bütün filtre için ortalama özgül yüzey ise

$$S = \frac{76}{244} \times 49,6 + \frac{168}{244} \times 117,5 = 96,25 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

bulunur.

Tesise gelen ortalama debi 5685 m³/gün ve 3 filtrenin hacmi

$$3 (\pi \times 35,1^2/4) \cdot 2,44 = 7080 \text{ m}^3$$

olduğundan hacimsel hidrolik yük

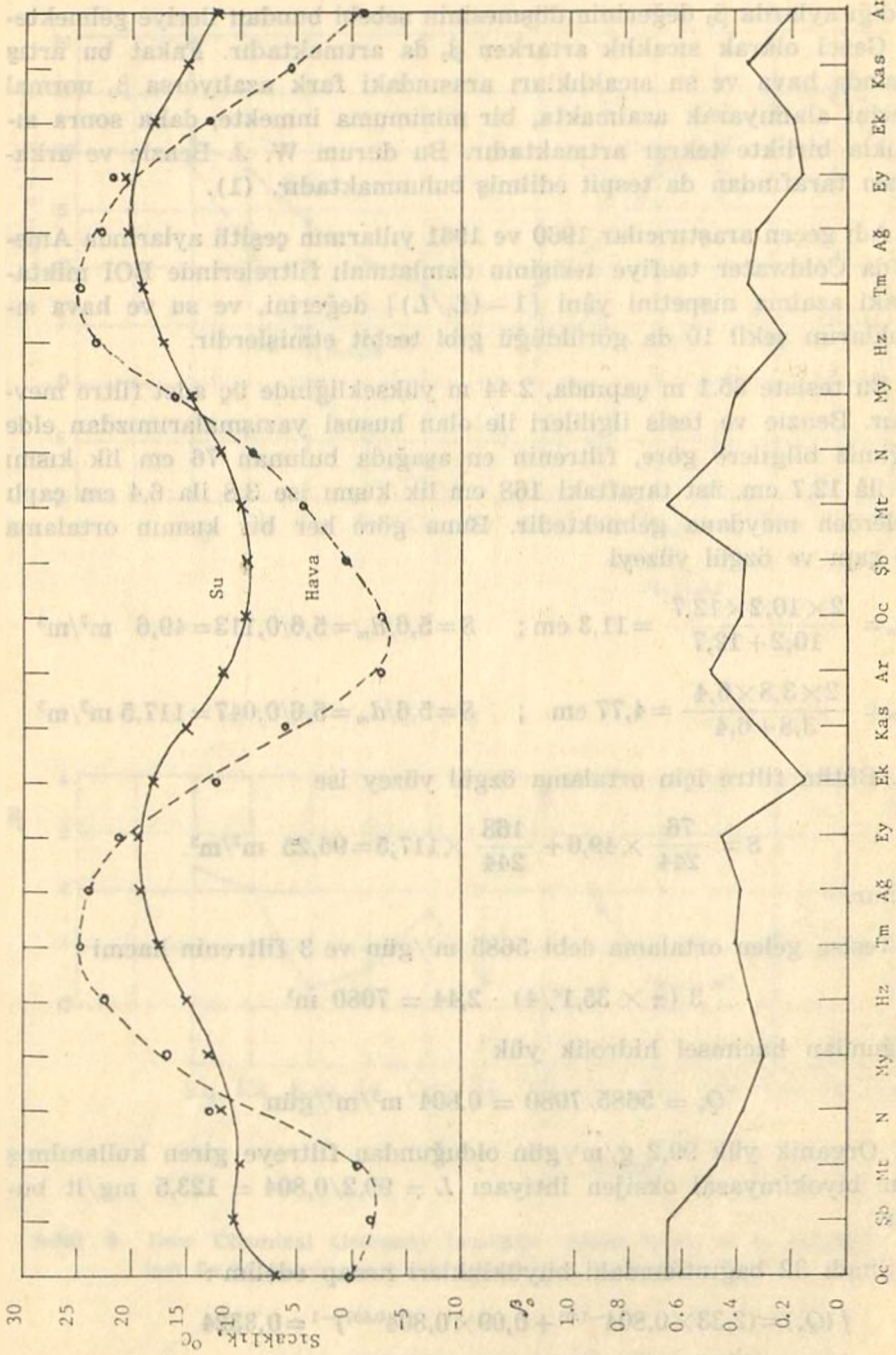
$$Q_v = 5685/7080 = 0,804 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{gün}$$

olur. Organik yük 99,2 g/m³/gün olduğundan filtreye giren kullanılmış suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı $L = 99,2/0,804 = 123,5 \text{ mg/lt}$ bulunur.

Şimdi 32 bağıntısındaki büyüklükleri hesap edelim :

$$f(Q_v) = (2,33 \times 0,804^{-1,05} + 0,09 \times 0,804^{0,607})^{-1} = 0,3324$$

$$f(L) = 1925 \times 123,5^{-1,11} + 0,165 \times 123,5^{0,65} = 12,9$$



Şekil 10. Coldwater taşıyıcı tesisinde ölçülen hava ve su sıcaklıkları ile β 32 bağıntısından hesaplanan β değerleri (1).

$$f(15) = 1,949$$

$$1,949 S^{0.4} f(L) = 1,949 \times 96,25^{0.4} \times 12,9 = 156,87$$

$$H^{1.11} = 2,44^{1.11} = 2,69$$

Buna göre 32 bağıntısından

$$0,3324 + \beta_0 = \frac{k_T \times 156,87}{f(T) H^{1.11}} = \frac{k_T \times 156,87}{f(T) \times 2,69} = 58,28 \frac{k_T}{f(T)}$$

elde edilir.

k_T reaksiyon katsayıları 9 bağıntısı yardımıyla hesaplanacaktır. Yüzeysel hidrolik yük $Q_{,1} = Q_v H = 0,804 \times 2,44 = 1,96 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ olduğundan

$$k = \frac{1,96^{2/3} \log(L/L_t)}{0,936 \times 2,44 \times 96,25^{2/3}} = 0,0327 \log(L/L_t)$$

elde edilir.

Tablo 8 de Coldwater tasfiye tesisinde Ocak 1960 ve Aralık 1961 tarihleri arasında ölçülen su ve hava sıcaklıkları ile giriş ve çıkış biyokimyasal ihtiyacının değerleri verilmiştir. Bu değerler ve yukarıya çıkarılan bilgiler yardımıyla Tablo 9 da yazılı $f(T)$ fonksiyonları kullanılarak hesaplanan β_0 katsayıları ile su ve hava sıcaklıkları, zamana bağlı olarak Şekil 10 da gösterilmişlerdir. Burada daha küçük β_0 katsayıları elde edilmekle beraber bunun, mevsimlik değişimleri ve iklim faktörlerini aksettiren bir değer olduğu bir defa daha karşımıza çıkmaktadır.

S O N U Ç

Muhtelif tasfiye tesislerinin damlatmalı filtrelerine ait neşredilmiş deney sonuçlarının değerlendirilmesi göstermiştir ki damlatmalı filtrelerde, geri devir yapılmaması halinde k_T reaksiyon katsayısı

$$k_T = \frac{H^{1.11} (10^{0.020557} - 7,76 \times 10^{-3} \times 10^{0.06897}) [(2.23 Q_v^{-1.05} + 0,09 Q_v^{0.607})^{-1} + \beta_0]}{1,949 S^{0.4} (1925 L^{-1.11} + 0,165 L^{0.65})} \quad (33)$$

veya kısaca

$$k_T = \frac{H^{1.11} \cdot f(T) \cdot [f(Q_v) + \beta_0]}{1,949 S^{0.4} f(L)} \quad (34)$$

denklemlerle ifade edilebilir. Burada

Tablo 8. Coldwater Taşıyıcı Tesisine Ait Bilgilerin Değerlendirilmesi (1)

Aylar	Su sıcaklığı °C	Hava sıcaklığı °C	$\frac{L - L_t}{L}$ %	$\frac{L_t}{L}$ %	$\frac{L}{L_t}$	$\log \frac{L}{L_t}$	$\frac{k_T}{dk - 1}$	$\frac{k_T}{f(T)} \frac{dk - 1}{f(T)}$	$\frac{53,28 k_T}{f(T)}$	$\beta_0 = \frac{53,28 k_T}{f(T)} - 0,3324$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ocak 1960	6,7	0	80,0	20,0	5,00	0,699	0,0228	0,0167	0,9733	0,6409
Şubat	10,6	-1,7	80,0	20,0	5,00	0,699	0,0228	0,0167	0,9733	0,6409
Mart	10,0	-0,6	78,2	21,8	4,58	0,661	0,0216	0,0138	0,8043	0,4719
Nisan	11,7	12,8	76,2	23,8	4,20	0,623	0,0203	0,0120	0,6994	0,367
Mayıs	12,8	16,7	74,2	25,8	3,85	0,589	0,0192	0,0108	0,6294	0,297
Haziran	15,0	22,2	80,3	19,7	5,08	0,706	0,0231	0,0118	0,6877	0,3553
Temmuz	17,2	24,4	84,5	15,5	6,45	0,810	0,0264	0,0125	0,7285	0,3961
Ağustos	18,9	23,9	85,3	14,7	6,80	0,833	0,0272	0,0122	0,7110	0,3786
Eylül	19,4	21,1	89,0	11,0	9,10	0,959	0,0313	0,0134	0,7809	0,4486
Ekim	17,8	12,2	72,0	28,0	3,57	0,553	0,0181	0,0082	0,4779	0,1455
Kasım	15,0	6,1	79,0	21,0	4,76	0,678	0,0221	0,0113	0,6586	0,3262
Aralık	11,7	-2,8	82,0	18,0	5,55	0,744	0,0243	0,0142	0,8276	0,4952
Ocak 1961	9,4	-2,8	73,5	26,5	3,78	0,578	0,0189	0,0123	0,7169	0,3845
Şubat	9,4	0,6	73,0	27,0	3,70	0,568	0,0185	0,0120	0,6993	0,387
Mart	10,0	4,4	83,5	15,5	6,45	0,81	0,0265	0,0169	0,9791	0,6467
Nisan	11,7	8,9	79,3	20,7	4,83	0,684	0,0223	0,0132	0,7693	0,4369
Mayıs	14,4	16,1	81,2	18,8	5,32	0,726	0,0237	0,0125	0,7285	0,3961
Haziran	17,2	23,3	76,3	23,7	4,22	0,625	0,0204	0,0096	0,5595	0,2271
Temmuz	18,9	25,0	84,5	15,5	6,45	0,81	0,0265	0,0119	0,6936	0,3612
Ağustos	20,6	22,8	85,5	14,5	6,9	0,839	0,0274	0,0114	0,6644	0,3320
Eylül	20,6	21,7	76,3	23,7	4,22	0,625	0,0204	0,0085	0,4954	0,1630
Ekim	17,8	12,8	75,3	24,7	4,05	0,608	0,0199	0,0091	0,5304	0,1980
Kasım	15,0	5,6	80,4	19,6	5,1	0,708	0,0231	0,0119	0,6936	0,3612
Aralık	12,2	-1,1	67,0	33,0	3,03	0,482	0,0157	0,0091	0,5304	0,1980

Tablo 9. Çeşitli su sıcaklıkları için $f(T)$ fonksiyonunun değerleri

Sıcaklık °C	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$f(T)$	1,3684	1,4314	1,4976	1,5672	1,6378	1,7110	1,7871	1,8686	1,9490	2,0314
Sıcaklık, °C	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$f(T)$	2,1151	2,2058	2,2982	2,3541	2,4850	2,5763	2,6628	2,7608	2,8565	2,9443
Sıcaklık, °C	27	28	29	30						
$f(T)$	3,0263	3,1182	3,1772	3,2143						

H, m olarak filtre yüksekliğini

$T, °C$ olarak su sıcaklığını

$Q_v, m^3/m^3/g$ olarak hacimsel hidrolik yükü

1,949, $f(T)$ fonksiyonunun $T = 15 °C$ deki değerini

$S, m^2/m^3$ olarak malzemenin özgül yüzeyini

$L, mg/lt$ olarak filtreye giren kullanılmış suyun beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacını göstermektedir. $f(T)$, $f(Q_v)$ ve $f(L)$ fonksiyonları yukardaki denklemlerden hesaplanabilir veya Şekil 7 ve Şekil 2 den okunabilir. β_0 , damlatmalı filtrenin bulunduğu yerin iklimine, özellikle hava ve su sıcaklığına bağlı olarak yılın çeşitli aylarında değişik değerler alır. Değerlendirilen deney sonuçlarına göre minimum değeri $\beta_0 = 0,27$ ve maksimum değeri $\beta_0 = 3,76$ kabul edilebilir.

k bu şekilde hesaplandıktan sonra, filtreye ve pis suya ait karakteristikler, yani H, S, L ve T değerleri bilindiğine göre herhangi bir Q_v hacimsel hidrolik yükü altında filtreden çıkan temizlenmiş suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacı, yani L , değeri 34 bağıntısından bulunabilir.

REFERANSLAR

1. Benzie, J., Larkin, O., Moore, F.: «Effects of Climatic and loading factors on Tricking Filters Performance», Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 35, No. 4, April 1963, pp. 445 - 455.
2. Department of Scientific and Industrial Research, «The Purification of Waste Waters from Beet Sugar Factories», Water Pollution Research, Technical Paper No. 3.
3. Fair, G., and Geyer, I. C., *Water Supply and Waste Water Disposal*, John Wiley and Sons Inc. New York, 1955.
4. Halverson, H. O., «Some Fundamental Factors Concerned in the Operation of Tricking Filters», Sewage Works Journal, No. 6, 1936, p. 891.
5. Harlow, J. F., Powers, Th. J., Ehlers, R. B., «The Phenolic Waste Treatment of the Dow Chemical Company», Sewage Works Journal, N. 6, 1938.
6. Imhoff, K., «Taschenbuch der Stadtentwässerung», Verlag von R. Oldenbourg, München 1969.
7. Levine, M., Luebbers, W. E., Vaughen, R., «Observations on Ceramic Filter Media and High Rate Filtration», Sewage Works Journal, No. 5, 1936.
8. Linsley, R. K., Franzini, J. B., «Elements of Hydraulic Engineering», McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1955.
9. McIntyre, G., John, C., «Cedar Rapids Tricking Filters Show High BOD Removal», Municipal Sanitation, May 1939.
10. Möhlman, F. W., «One Years Operation of an Experimental High Rate Tricking Filter», Sewage Works Journal, No. 6, 1936.
11. Muslu, Y., «Sağlık Tekniği Tesislerinde Taneli Malzeme İçerisinde Akım ve Biyokimyasal Oksitlenme Hızı», Doçentlik Tezi, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, 1970.
12. Muslu, Y., «Damlatmalı Filtreler», Sakarya Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, 1976.
13. Pönniger, R., «Durchflusszeit bei Tropfkörpern», Gesundheits - Ingenieure, Band 60, H. 52, 1937.
14. Pönniger, R., «Die Rasenmenge in Tropfkörpern», Gesundheits - Ingenieure, Band 61, H. 3, 1938.
15. Pönniger, R., «Sauerstoffverbrauch des Tropfkörpers», Gesundheits - Ingenieure, Band 61, H. 19, 1938.
16. Pönniger, R., «Die Studie zur Frage der Bemessung von Tropfkörpern», Gesundheits - Ingenieure, B. 61, H. 26, 1938.
17. Pönniger, R., «Wirtschaftliche Gestaltung von Tropfkörpern», Gesundheits - Ingenieure, Band 61, H. 19, 1938.
18. Pöpel, F., «Die Leistungsfähigkeit hochbelasteter Tropfkörperanlagen und ihre Berechnung», Habilitation, Stuttgart, 1938.