



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TASARIM AŞAMASINDA UYGUN OLMAYAN DEŞARJ
KATSAYISI KULLANIMININ DENİZ DEŞARJ TESİSİ
YAYICI İÇ HİDROLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**İnş.Müh. Feyzullah Fatih ALTUNCU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Tuncer ÇELİK**

Haziran, 2004

İSTANBUL

Bu çalışma 30/ 06/ 2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Tuncer ÇELİK(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr. Cuma BAYAT
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof Dr. Feyza ÇİNİCİOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Mehmet BORAT
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Yrd. Doç. Dr. N.Erdem ÜNAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Çoğunlukla evsel atıksuların deşarjında kullanılan deniz deşarjı yapılarının en önemli parçası yayıcı borudur. Yayıcı borunun performansı hidrolik olarak doğru tasarlanmasına ve işletilmesine bağlıdır. Tasarımda etkili faktörlerin en önemlilerinden biri delik tipine göre belirlenen deşarj katsayısıdır. Bu çalışmada, farklı delik tipine, farklı kapasiteye ve farklı başlangıç hidrolik yüküne sahip tasarımlar yapılmış ve bu tasarımlar farklı deşarj katsayısı hesaplama yöntemleri ile elde edilen deşarj katsayıları kullanılarak analiz edilmiştir. Oluşan farklılıkların etkileri nüfus projeksiyonları ile ilişkilendirilerek ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın oluşturulmasında değerli katkılarını esirgemeyen tez danışmanım, hocam Sayın Prof. Dr. Tuncer Çelik'e teşekkürü borç bilirim Bu çalışmanın her aşamasında yüksek ilgi, destek ve bilgisiyle her zaman yanımda olan, bu çalışmanın yapılabilir hale getirilmesinde her türlü yardımı gösteren değerli çalışma arkadaşım ve hocam Sayın Dr. Semih Nemlioğlu'na en içten teşekkürlerimi sunarım..

Bu çalışma boyunca yardımlarını benden esirgemeyen çalışmaktan mutluluk duyduğum İ.Ü. İnşaat Müh. Bölümü çalışma arkadaşlarıma ve tüm öğrenim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Haziran, 2004

F.Fatih ALTUNCU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ.....	ix
SEMBOL LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	1
2.1 Deniz Deşarjı Sistemleri	1
2.2 Deşarj Tesisinin Genel Yapısı.....	5
2.2.1 Geometri	8
2.3 Atık Suların Denize Deşarjı.....	10
2.3.1 Sürüklenme ve Difüzyon (Yayılma)	12
2.3.2 Gelişme Bölgesi	13
2.3.3 Jetler ve Saçaklar.....	14
2.4 Ortam Koşulları.....	14
2.4.1 Derinlik.....	14
2.4.2 Tabakalaşma	16
2.4.3 Ortam Akıntısı ve Deşarj Yönü.....	17
2.5 Yayıcılar	19
2.6 Yayıcıcı Hidrolik Hesapları.....	22
2.6.1 Yayıcıcı İç Hidroliği	22
2.6.2 Borudaki Akış	23
2.6.3 Dışarı Akış	23
2.6.4 Temel Eşitlikler	25
2.6.5 Debi İncelemesi.....	26
2.6.5.1 Enerji Eşitliği	26
2.6.5.2 Deliklerde Akış.....	26
2.7 Yapılan Çalışmalar	29
3. MALZEME VE YÖNTEM	31
4. BULGULAR	34
4.1. 10 cm delik çaplı yayıcılar.....	34

4.1.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar	34
4.1.2. KKKB delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar	36
4.1.3. KKİB delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar	37
4.1.4. 10 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler.....	38
4.2. 15 cm delik çaplı yayıcılar	47
4.2.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar	47
4.2.2. KKKB delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar	49
4.2.3. KKİB delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar	50
4.2.4. 15 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler.....	51
4.3. 20 cm delik çaplı yayıcılar	60
4.3.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar	60
4.3.2. KKKB delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar	62
4.3.3. KKİB delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar	63
4.3.4. 20 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler.....	64
4.4. Nüfus ile toplam debi arasındaki farklılaşmalar.....	73
4.4.1. 50.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları.....	73
4.4.2. 100.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları.....	79
4.4.3. 200.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları.....	85
4.4.4. 300.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları.....	91
4.5. Delik Numarası - delik debisi arasındaki farklılaşmalar.....	97
4.5.1. ÇA delik tipi için n-q farklılaşmaları.....	97
4.5.2. KKKB delik tipi için n-q farklılaşmaları	104
4.5.3. KKİB delik tipi için n-q farklılaşmaları.....	110
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	121
6. KAYNAKLAR.....	124
ÖZGEÇMİŞ.....	128

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Deniz kıyısına evsel atıksuyun kısa deşarjı (Trabzon)	2
Şekil 2.2. Yüzeyde kapanlanma	3
Şekil 2.3. Arada kapanlanma	3
Şekil 2.4. Yoğun deşarj.....	4
Şekil 2.5. Açık ağızlı bir borudan denize deşarj	5
Şekil 2.6. Bir deşarj tesisinin şematik çizimi	6
Şekil 2.7. Değişken çaplı bir yayıcı.....	6
Şekil 2.8. İçine deniz suyu girmiş ve tıkanma tehlikesi altındaki bir yayıcı	6
Şekil 2.9. Yükselticili ve Yükselticisiz yayıcı boru düzenlemeleri.....	7
Şekil 2.10. Çan ağızlı ve Keskin kenarlı delik tipleri.....	7
Şekil 2.11. Yandan delikli bir yayıcı.....	8
Şekil 2.12. Yükseltici Borulu bir yayıcı	9
Şekil 2.13. Çok yönlü, şaşırtmalı dallanmış yayıcı tipleri.....	9
Şekil 2.14. Çizgi kaynak halini alan atıksu jetleri.....	11
Şekil 2.15. Gelişme Bölgesi.....	13
Şekil 2.16. Yüzeye doğru yükselen bir derin su saçağı.....	15
Şekil 2.17. Sığ su içerisine yakın bir düşey deşarj	16
Şekil 2.18. Akıntılı bir sığ ortam içerisine yakın yatay bir deşarj.....	16
Şekil 2.19. Kararlı bir şekilde tabakalaşmış ortam içerisine yüzen bir jet deşarjından kaynaklanan tipik saçak	17
Şekil 2.20. Düşey deşarj durumunda jet davranışları.....	18
Şekil 2.21. Yatay deşarj durumunda jet davranışları.....	18
Şekil 2.22. Akıntıya yakın delikler etkileşimi siperlenerek azaltırlar	19
Şekil 2.23. Tipik bir yayıcı üzerine dizili, akış bölgelerine ayrılmış saçaklar.....	20
Şekil 2.24. Delikleri her iki tarafında bulunan bir yayıcı	20
Şekil 2.25. Ardışık yayıcı deliklerinin hidrolik parametreleri	25
Şekil 3.26. C_D deşarj katsayısı dağılımı [18](formülde elde edilen sonuçlar Altuncu [12]tarafından grafiğe eklenmiştir.)	32
Şekil 4.27 10 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	38
Şekil 4.28 10 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	39
Şekil 4.29 10 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	40
Şekil 4.30 10 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	41
Şekil 4.31 10 cm delik çaplı yayıcılar için N- ΔQ ilişkisi	42
Şekil 4.32 10 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi.....	43
Şekil 4.33 10 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi.....	44
Şekil 4.34 10 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi.....	45
Şekil 4.35 10 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi.....	46
Şekil 4.36 15 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	51
Şekil 4.37 15 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	52
Şekil 4.38 15 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	53

Şekil 4.39	15 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	54
Şekil 4.40	15 cm delik çaplı yayıcılar için N- Δ Q ilişkisi	55
Şekil 4.41	15 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	56
Şekil 4.42	15 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	57
Şekil 4.43	15 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	58
Şekil 4.44	15 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	59
Şekil 4.45	20 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	64
Şekil 4.46	20 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	65
Şekil 4.47	20 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	66
Şekil 4.48	20 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi	67
Şekil 4.49	20 cm delik çaplı yayıcılar için N- Δ Q ilişkisi	68
Şekil 4.50	20 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	69
Şekil 4.51	20 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	70
Şekil 4.52	20 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	71
Şekil 4.53	20 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N- t_p ilişkisi	72
Şekil 4.54	E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	73
Şekil 4.55	E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	74
Şekil 4.56	E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	74
Şekil 4.57	E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	75
Şekil 4.58	E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	75
Şekil 4.60	E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	76
Şekil 4.61	E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	77
Şekil 4.63	E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	78
Şekil 4.64	E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	78
Şekil 4.65	E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	79
Şekil 4.66	E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	79
Şekil 4.67	E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	80
Şekil 4.68	E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	80
Şekil 4.69	E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	81
Şekil 4.70	E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	81
Şekil 4.71	E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	82
Şekil 4.72	E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	82
Şekil 4.73	E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	83
Şekil 4.74	E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	83
Şekil 4.75	E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	84
Şekil 4.76	E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	84
Şekil 4.77	E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	85
Şekil 4.78	E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	85
Şekil 4.79	E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	86
Şekil 4.80	E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	86
Şekil 4.81	E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması	87
Şekil 4.82	E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	87
Şekil 4.83	E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	88
Şekil 4.84	E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	88
Şekil 4.85	E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması	89
Şekil 4.86	E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	89
Şekil 4.87	E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	90
Şekil 4.88	E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	90
Şekil 4.89	E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması	91

Şekil 4.90	$E=0.25m$ ve $d=10$ cm için N-Q farklılaşması.....	91
Şekil 4.91	$E=0.50m$ ve $d=10$ cm için N-Q farklılaşması.....	92
Şekil 4.92	$E=0.75m$ ve $d=10$ cm için N-Q farklılaşması.....	92
Şekil 4.93	$E=1.00m$ ve $d=10$ cm için N-Q farklılaşması.....	93
Şekil 4.94	$E=0.25m$ ve $d=15$ cm için N-Q farklılaşması.....	93
Şekil 4.95	$E=0.50m$ ve $d=15$ cm için N-Q farklılaşması.....	94
Şekil 4.96	$E=0.75m$ ve $d=15$ cm için N-Q farklılaşması.....	94
Şekil 4.97	$E=1.00m$ ve $d=15$ cm için N-Q farklılaşması.....	95
Şekil 4.98	$E=0.25m$ ve $d=20$ cm için N-Q farklılaşması.....	95
Şekil 4.99	$E=0.50m$ ve $d=20$ cm için N-Q farklılaşması.....	96
Şekil 4.100	$E=0.75m$ ve $d=20$ cm için N-Q farklılaşması.....	96
Şekil 4.101	$E=1.00m$ ve $d=20$ cm için N-Q farklılaşması.....	97
Şekil 4.102	$d=10cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	98
Şekil 4.103	$d=10cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	98
Şekil 4.104	$d=10cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	99
Şekil 4.105	$d=10cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	99
Şekil 4.106	$d=15cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	100
Şekil 4.107	$d=15cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	100
Şekil 4.108	$d=15cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	101
Şekil 4.109	$d=15cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	101
Şekil 4.110	$d=20cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	102
Şekil 4.111	$d=20cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	102
Şekil 4.112	$d=20cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	103
Şekil 4.113	$d=20cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (ÇA).....	103
Şekil 4.114	$d=10cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	104
Şekil 4.115	$d=10cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	104
Şekil 4.116	$d=10cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	105
Şekil 4.117	$d=10cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	105
Şekil 4.118	$d=15cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	106
Şekil 4.119	$d=15cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	106
Şekil 4.120	$d=15cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	107
Şekil 4.121	$d=15cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	107
Şekil 4.122	$d=20cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	108
Şekil 4.123	$d=20cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	108
Şekil 4.124	$d=20cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	109
Şekil 4.125	$d=20cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKKB).....	109
Şekil 4.126	$d=10cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	110
Şekil 4.127	$d=10cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	110
Şekil 4.128	$d=10cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	111
Şekil 4.129	$d=10cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	111
Şekil 4.130	$d=15cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	112
Şekil 4.131	$d=15cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	112
Şekil 4.132	$d=15cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	113
Şekil 4.133	$d=15cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	113
Şekil 4.134	$d=20cm$ ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	114
Şekil 4.135	$d=20cm$ ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	114
Şekil 4.136	$d=20cm$ ve $E_1=0.75m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	115
Şekil 4.137	$d=20cm$ ve $E_1=1.00m$ için n-q ilişkisi (KKİB).....	115
Şekil 4.138	Çan ağzılı delik tipi için n-Q fark ilişkisi.....	116

Şekil 4.139 KKKB delik tipi için $n-Q_{fark}$ ilişkisi.....	117
Şekil 4.140 KKİB delik tipi için $n-Q_{fark}$ ilişkisi	118
Şekil 4.141 ÇA delik tipi için ortalama $y-\% \Delta Q_{ort}$ ilişkisi	119
Şekil 4.142 KKKB delik tipi için ortalama $y-\% \Delta Q_{ort}$ ilişkisi	119
Şekil 4.143 KKİB delik tipi için ortalama $y-\% \Delta Q_{ort}$ ilişkisi	119
Şekil 4.144 ÇA delik tipi için ortalama $y-\% \Delta_{tort}$ ilişkisi.....	120
Şekil 4.145 KKKB delik tipi için ortalama $y-\% \Delta_{tort}$ ilişkisi	120
Şekil 4.146 KKİB delik tipi için ortalama $y-\% \Delta_{tort}$ ilişkisi.....	120



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Saf suyun yoğunluğunun sıcaklıkla değişimi.....	4
Tablo 3.2	Araştırmaların Sınıflandırılması.....	32
Tablo 4.3	CA için elde edilen sonuçlar (d=10 cm).....	35
Tablo 4.4	CA için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10 cm).....	35
Tablo 4.5	KKKB için elde edilen hesap sonuçları (d=10 cm).....	36
Tablo 4.6	KKKB için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10cm)....	36
Tablo 4.7	KKİB için elde edilen hesap sonuçları (d=10 cm).....	37
Tablo 4.8	KKİB için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10 cm)....	37
Tablo 4.9	CA için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm).....	48
Tablo 4.10	CA için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırılması (d=15 cm).....	48
Tablo 4.11	KKKB için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm).....	49
Tablo 4.12	KKKB için elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması (d=15 cm).....	49
Tablo 4.13	KKİB için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm).....	50
Tablo 4.14	KKİB için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=15 cm).....	50
Tablo 4.15	CA için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm).....	61
Tablo 4.16	CA için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=20 cm).....	61
Tablo 4.17	KKKB için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm).....	62
Tablo 4.18	KKKB için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=20 cm)....	62
Tablo 4.19	KKİB için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm).....	63
Tablo 4.20	KKİB için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırılması (d=20 cm)....	63

SEMBOL LİSTESİ

ÇA	: Çan ağızlı delik tipi
KKKB	: Keskin kenarlı kalın et kalınlıklı boruda
KKİB	: Keskin kenarlı ince et kalınlıklı boruda
t	: Boru et kalınlığı
d	: Delik çapı
D	: Boru çapı
F	: Froude sayısı
R	: Reynolds sayısı
C_D	: Deşarj katsayısı
C_C	: Büzülme katsayısı
ρ	: Yoğunluk
γ	: Özgül ağırlık
g	: Yerçekimi ivmesi
E_1	: Başlangıç hidrolik yükü
q	: Delikten çıkan debi
Q	: Toplam debi
y	: Nüfus
n	: Delik numarası
N	: Delik sayısı
f	: Darcy weisbach sürtünme katsayısı
l	: Delikler arası mesafe
p	: Nüfus artış hızı sayısı

TASARIM AŞAMASINDA UYGUN OLMAYAN DEŞARJ KATSAYISI KULLANIMININ DENİZ DEŞARJ TESİSİ YAYICI İÇ HİDROLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZET

Denizdeşarjı yapıları evsel atıksularındeşarjında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Deşarj sistemleri bir çalışma ömrüne göre tasarlanmakta ve işletilmektedir. Deşarj tesisi tasarımı pek çok faktörden etkilenmektedir. Deşarj tesisinin en önemli parçası olan yayıcı borunun performansı hidrolik olarak doğru tasarlanmasına ve işletilmesinin doğru yapılmasına bağlıdır. Tasarımda etkili faktörlerin en önemlilerinden biri delik tipine göre belirlenendeşarj katsayısıdır. Deşarj katsayısı değerlerinin elde edilmesi için bir kaç kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklardan biri deneysel verilerden elde edilmiş grafikler, diğeri de bu grafiklerin modellenmesi ile elde edilmiş olan eşitliklerdir. Deşarj katsayısının elde edilme yolları son derece katı kurallara bağlıdır ve formülle elde edilendeşarj katsayılarının tasarımda kullanım alanları kısıtlıdır. Ancak pratiktedeşarj katsayılarının sadece eşitlikle elde edilmesi kolaylığı nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilen bir yoldur. Bu durum da gerekli kriterlerin sağlanamayışı nedeniyle tasarım ile uygulama arasında farklılıklara neden olabilmektedir. Hatta bu farklılıklar, tesisin işletme ömrünün tasarımda hedeflenen kullanım ömründen daha küçük kalmasına neden olabilecek boyuttadır.

Bu çalışmada, keskin kenarlı delik tipi (ince et kalınlıklı boruda) seçilen yayıcı borular için Türkiye’de kullanılabilecek dört farklı debi, dört ayrı hidrolik yük ve üç farklı delik çapına göre sadece eşitlik kullanılarak elde edilmişdeşarj katsayıları kullanılan yayıcı boru tasarımları gerçekleştirilmiştir. Sonra, aynı yayıcı borular grafik ile elde edilmişdeşarj katsayıları kullanılarak, iç hidrolik verileri yeniden hesaplanmıştır. Oluşan debi farklılıkları hesaplanmış vedeşarj tesislerinin kullanım ömründe oluşabilecek azalma miktarları nüfus projeksiyonları ile ilişkilendirilerek ortaya konulmuştur.

EFFECTS OF UNSUITABLE DISCHARGE COEFFICIENT USAGE ON MARINE OUTFALL LIFETIME IN DESIGNATION STAGE

SUMMARY

Marine outfalls are commonly used for domestic wastewater discharge into marine environment. Outfall systems are designed and operated with a working lifetime. Outfall designs could be affected by many design factors. Hydraulic performance of a diffuser pipe, which is the most important part of an outfall, depends on its correct hydraulic designation and suitable practical operation. One of the most important design factors is discharge coefficient that is determined as port (diffuser hole) type. There are a few gaining sources of discharge coefficient values. The first discharge coefficient source is experiment originated discharge coefficient graphics, and the other one is discharge coefficient equations that were obtained from modeled discharge coefficient graphic values. Discharge coefficient origins depend on very strict rules and discharge coefficients gained from equations have very limited usage area. But, only equation originated discharge coefficients usage is a commonly preferred method in practice. Only equation originated discharge coefficient usage causes to disobey some obligatory hydraulic criterions. This situation may cause occurrence some differences between design and practice. These differences could very important that they could cause lessen aimed project outfall lifetime in practice.

In this study, sharp edged port type (in thin wall pipe) was selected for some outfall diffuser design. Designed diffusers have separately selected four flow rates, four hydraulic head, and three port diameters, which all of them could be used outfall calculation in Turkey. Designation of these diffusers was projected with only equation originated discharge coefficients. Then, all of these diffusers' internal hydraulic data were calculated again with only using experimental graphics originated discharge coefficients. Diffuser flow rate and lifetime differences caused by discharge coefficients were calculated. Finally, these possible differences were related population projections.

1. GİRİŞ

Tarım ve sanayideki hızlı gelişim ve nüfusun hızla artması sonucu oluşan sıvı atık miktarı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Sıvı atıklar doğal eğiminde etkisiyle kendi başlarına akışa geçebildikleri ve/veya akarsulara karışarak kirliliklerini kolayca taşıyabildikleri için çevreye son derece zarar verebilmektedirler. Çünkü bu atıklar bir süre sonra deniz veya göl gibi büyük su kütlelerine ulaşp oralarda birikmektedirler. Bu tür birikintilerin yoğun şekilde yaşandığı yerlerin başında ise deniz kıyılarında yer alan yerleşim yerleri gelmektedir.

Deniz kirlenmesi hem karadaki hem de denizdeki faaliyetler sonucu oluşan kirleticilerin denize girmesi sonucu oluşabilmektedir. Karadan gelen kirleticiler endüstri ve zirai sular, şehir ve ev atık suları, yağmur suları, drenaj ve soğutma suları oluşturur. Bu kirli sular ya doğrudan kıyıya boşalarak yada akarsu ve/veya kanal içine girerek denize ulaşarak kirliliklerini bırakmaktadırlar. Denizdeki faaliyetler sonucu oluşan kirleticiler ise denizdeki petrol ve maden arama çalışmaları, deniz kazaları, deniz ulaşımı, balıkçılık, su sporları, nükleer denemeler gibi olaylar oluşturur. [1]

Atıksuların deniz deşarjı sistemleri ile alıcı su ortamında seyreltilmek suretiyle uzaklaştırılması bütün dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerekli bilimsel ve mühendislik esaslar dikkate alınarak tasarlanan deniz deşarjları seyrelme ve alıcı ortamın tabii süreçleri ile atıkların süratle çevre için zararsız seviyelere indirilmesine imkan vermektedir. Bu yüzden deniz deşarjı sistemleri özellikle gelişmekte olan ülkeler için sürdürülebilir arıtma imkanı getiren uygun teknoloji durumundadır. [2]

2. GENEL KISIMLAR

2.1 DENİZ DEŞARJİ SİSTEMLERİ

Denize deşarj yapıları atık suların üzerindeki delikler yardımıyla denize zarar vermeyecek biçimde deniz ortamına bırakıldığı bir boru sistemidir. Özellikle evsel atık suların denize deşarjında sıklıkla kullanılan deşarj yapıları uygun şartların sağlanması durumunda endüstriyel ve kimyasal atık suların uzaklaştırılmasında da kullanılabilirler. Atıksu deşarjı için kullanılan deşarj yapıları okyanus, göl, nehir, baraj vb. ortamlara kıydan (kısa deşarj) veya kıydan uzakta (uzun veya derin deşarj) olmak üzere başlıca iki tipte yapılabilmektedir. Kısa deşarj doğrudan alıcı

ortamın kıyısına bırakma şeklinde gerçekleştirilebildiği gibi, bir savaktan şelale şeklinde yüksekten bırakma veya alıcı ortam içine su yüzeyinden 1-2 m aşağıya yerleştirilmiş boru veya kanal ile de gerçekleştirilebilmektedir. Uzun deşarj ise deşarj yapıları kullanılarak gerçekleştirilen, çevresel, hidrolik ve statik inceleme gerektiren bir deşarj tipidir. İleri derecede arıtılmış atık suların veya çevreyle etkileşimi zararsız kabul edilen miktardaki çıkış sularının deşarjında kısa deşarj tercih edilebilmektedir. Ancak, çevresel açıdan kontrollü deşarjın gerektiği durumlarda kısaca deşarj yapıları olarak isimlendirilen uzun deşarj tesisleri kullanılmaktadır.



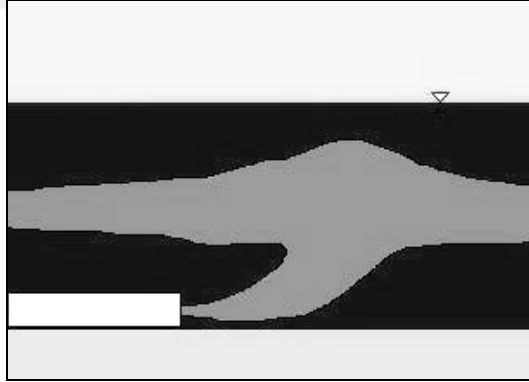
Şekil 2.1. Deniz kıyısına evsel atıksuyun kısa deşarjı (Trabzon)

Deşarj edilen atıksuyun bırakıldığı alıcı ortama (okyanus, göl, nehir, baraj) zarar vermemesi için korunması amaçlanan bölgeden yeterince uzakta, izin verilen kirlilik parametrelerinin sağlanması gerekmektedir. Deşarjın amaçlandığı şekilde çevreye zarar vermemesinin sağlanması tamamen atıksuyun alıcı ortam içerisindeki davranışına bağlıdır. Her iki akışkanın yoğunluk, sıcaklık, tuzluluk değerleri, alıcı ortamın düşey yoğunluk tabakalaşması, atıksuyun ilk hız yönü, alıcı ortamın akıntılı olup olmaması, akıntı varsa yönü, hızı vb. bir çok parametre deşarjı yöneten etmenlerdir [3]. Durgun, sıcaklık , yoğunluk ve tuzluluk bakımından homojen alıcı ortam içersine deşarj en elverişsiz koşulların başında geldiği için karşılaşılabilecek olumsuz çevresel koşulların engellenmesi bakımından mutlaka incelenmesi gereken bir durum oluşturmaktadır. Bu koşullar altında atıksuyun deşarj sonrasında yayılımını (difüzyon) etkileyen en önemli parametre yoğunluktur. En klasik olan yatay deşarj halinde Şekil 2’de görüldüğü gibi atıksu yoğunluğu alıcı ortamın yoğunluğundan daha az ise yüzeyde kapanlanma (tutulma) gerçekleşir [4]. Atıksu hafif ancak deşarj derinliği çok fazla ve/veya alıcı ortam suyunda düşey tabakalaşma varsa Şekil 3.’teki gibi arada kapanlanma gerçekleşir, atıksu ilk hızını kaybederek alıcı ortam ile atıksu karışımının yoğunlukları fark edilmez hale gelerek su kütlelerinin arada kalması durumu oluşur. Atıksuyun yoğunluğunun alıcı ortamın yoğunluğundan fazla olduğu durumda ise Şekil 4’teki gibi atıksu hemen çökeler ve yoğun deşarj adını alır. İlk iki durum ile evsel atıksuyun deniz vb. daha yoğun ortamlara deşarjında veya alıcı ortam suyunun sıcak su haline getirildiği sıcak

deşarjında karşılaşmaktadır. LNG terminallerindendeşarj edilen soğuk su [5], deniz suyundan tatlı su elde edilen tesislerden çıkan [6] ve tuz madenlerinin yıkanmasından tuzlu su [7], maden işleme çalışmalarından çıkan yoğun atıksuların (örneğin alçıtaşı veya bakır cevheri yıkama suları)deşarjı halinde yoğundeşarj durumunu oluşturmaktadır. Soğukdeşarjda soğuk suyun alındığı ortamdan daha yoğun olmasını sağlayan durum 4°C 'tan başlayarak suyun sıcaklığa bağlı olarak yoğunluğunun azalmasıdır. Tablo 1. de saf suyun yoğunluğunun sıcaklıkla değişimi verilmiştir [8].



Şekil 2.2. Yüzeyde kapanlanma



Şekil 2.3. Arada kapanlanma



Şekil 2.4. Yoğun deşarj

Tablo 2.1. Saf suyun yoğunluğunun sıcaklıkla değişimi

Sıcaklık T (°C)	Yoğunluk ρ (g/cm ³)	Sıcaklık T (°C)	Yoğunluk ρ (g/cm ³)	Sıcaklık T (°C)	Yoğunluk ρ (g/cm ³)	Sıcaklık T (°C)	Yoğunluk ρ (g/cm ³)
1	0,999927	11	0,999634	21	0,998022	31	0,995372
2	0,999968	12	0,999526	22	0,997801	32	0,995057
3	0,999992	13	0,999406	23	0,997569	33	0,994734
4	1	14	0,999273	24	0,997327	34	0,994403
5	0,999992	15	0,999129	25	0,997075	35	0,994063
6	0,999968	16	0,998972	26	0,996814	36	0,993716
7	0,999993	17	0,998804	27	0,996544	37	0,993360
8	0,999877	18	0,998625	28	0,996264	38	0,992997
9	0,999809	19	0,998435	29	0,995976	39	0,992626
10	0,999728	20	0,998234	30	0,995678	40	0,992247

Deşarj şeklinin oluşmasında atıksuyun veriliş şekli de son derece önemlidir. Deşarj Şekil 5.’teki açık boru ağzı gibi çok büyük tekil bir delikten gerçekleştirilebildiği gibi, kutu kesitli veya yarıklı şeklindeki bir veya birden fazla delikle de gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, deşarj edilen atıksu kütlesinin merkezinde en fazla kirlilik konsantrasyonu oluşarak alıcı ortam suyu ile karışım bu bölgede gerçekleşmediği için seyrelmenin kolaylaştırılması için deşarj tesislerinden yararlanılır [9] .



Şekil 2.5. Açık ağızlı bir borudan denize deşarj

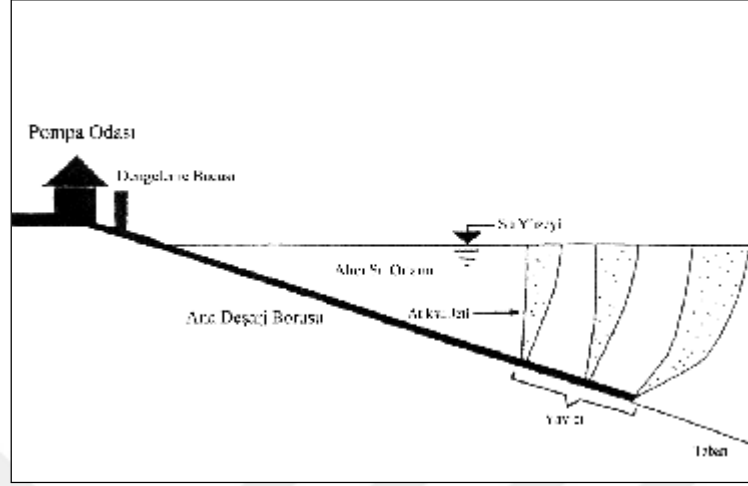
2.2 DEŞARJ TESİSİNİN GENEL YAPISI

Atısuyun deşarjının başlıca amacı büyük bir alıcı ortam içinde atıksuyun karışmasıdır. Sadece açık ağız kullanılarak yapılan deşarjda yeterli seyrelme sağlanamadığından pek çok araştırmacı tarafından atıksuyun etkin bir biçimde seyreltilmesi için yayıcı (difüzör) geliştirilmiştir. [9] Şekil 6.da bir deşarj tesisinin genel görünümü ve Şekil 7. de yayıcı detayı verilmiştir. Yayıcı, genellikle sabit çaplı bir dizi deliği çoğunlukla yan yüzeylerinin birinde veya her iki tarafında bulunduran deşarj hattının sonundaki delikli borudur [10]. Yayıcı boru çapı ve delik büyüklükleri boru boyunca her delikten eşit debi çıkışını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir ve daireseldir. Denize deşarj yapılarının başarılı olmasında en büyük pay yayıcıya aittir. Çünkü yanlış projelendirilen veya iyi işletilemeyen bir yayıcı tesisin tamamını tehlikeye sokar. Yayıcının doğru projelendirilmesinde kullanılan parametrelerin en önemlisi delik tipi seçimidir. Deşarj yapısının yayıcı kısımlarında iki farklı delik tipi kullanılmaktadır.

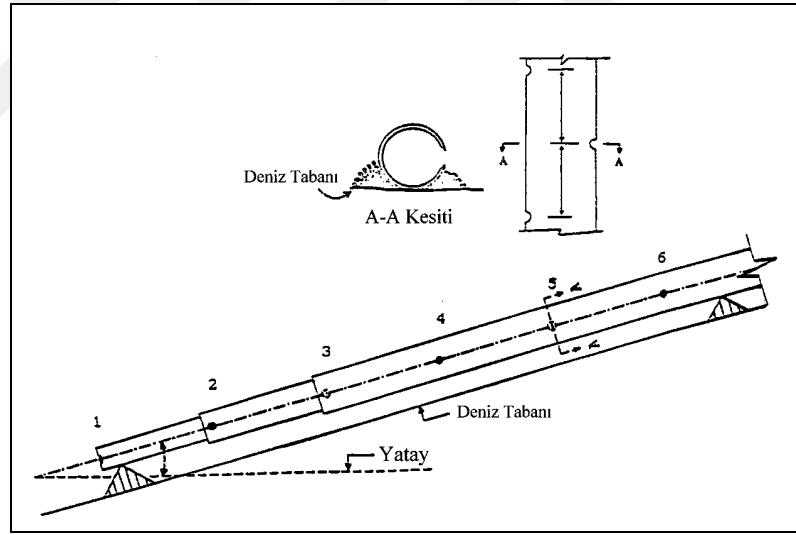
- Çan ağızlı delik tipi (ÇA)
- Keskin Kenarlı delik tipi (KK)

Çan ağızlı delik tipinde boru iç cidarında delik genişletilerek yumuşak bir geçiş sağlanmıştır. Keskin kenarlı delik tipinde delik, silindirik bir şekilde yayıcı boru üzerinde basitçe açılmıştır. Keskin kenarlı delik tipi kendi arasında iki sınıfa ayrılır. Bunlardan bir tanesi ince et kalınlıklı borudaki keskin kenarlı delik tipi diğeri ise kalın et kalınlıklı borudaki keskin kenarlı delik tipidir. İnce et kalınlıklı boru şartı $t / d < 0,5$, kalın et kalınlık boru şartı ise $t / d > 1$ 'dir. Burada t boru et kalınlığını d delik çapını ifade etmektedir. Yayıcı, çıkış ucu (özel şekilli delik /ingilizce port) olarak adlandırılan uzatılmış özel delikler aracılığıyla deniz vb. alıcı su ortamına atıksuyun boşaltılmasını sağlar. Çoğu deşarj yapısında atıksu yayıcı boru üzerinde açılmış deliklerden dışarı atılırken bazılarının da ise atıksu, daha küçük borulardan veya “yükseltici boru” lardan (ingilizce riser) geçerek dışarı çıkar. Yükseltici boru içeren ve içermeyen bazı deşarj tesisi yayıcıları Şekil 9’da gösterilmiştir [11]. Delik tipinin seçimi deşarj yapısını önemli biçimde etkilemektedir. Bu etki iyi yönde olup deşarj yapısının kullanım

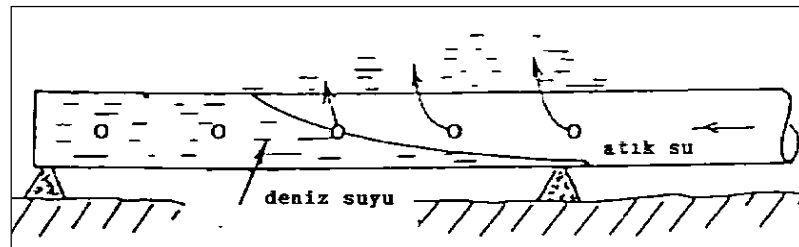
ömrünü uzatabilirken delik tipi ile ilgili yaklaşımın doğru yapılmaması kullanım ömrünün kışalmasına neden olabilmektedir [12].



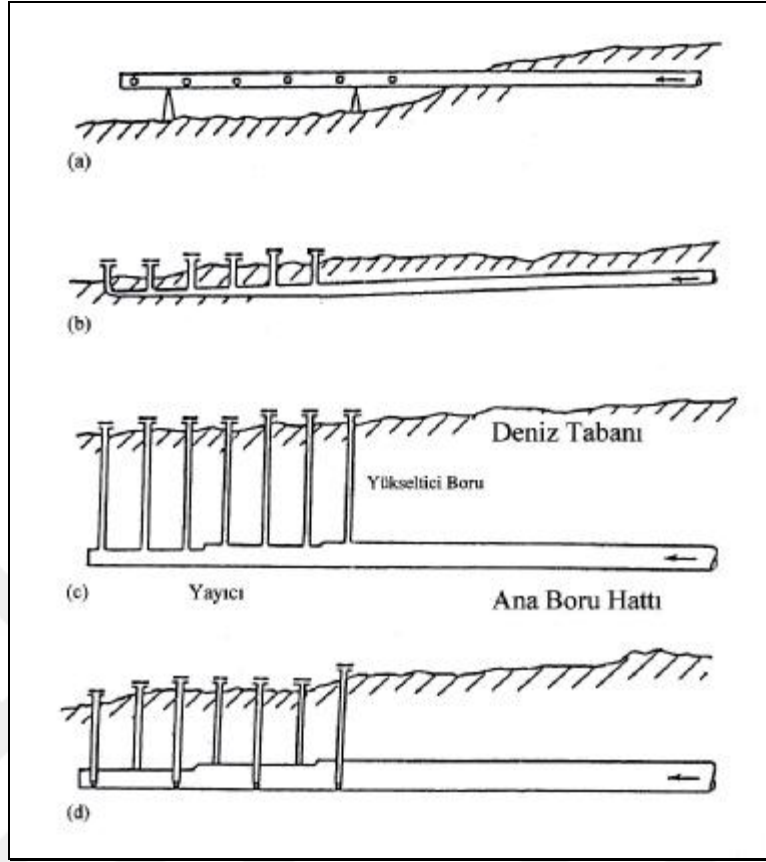
Şekil 2.6. Bir deşarj tesisinin şematik çizimi



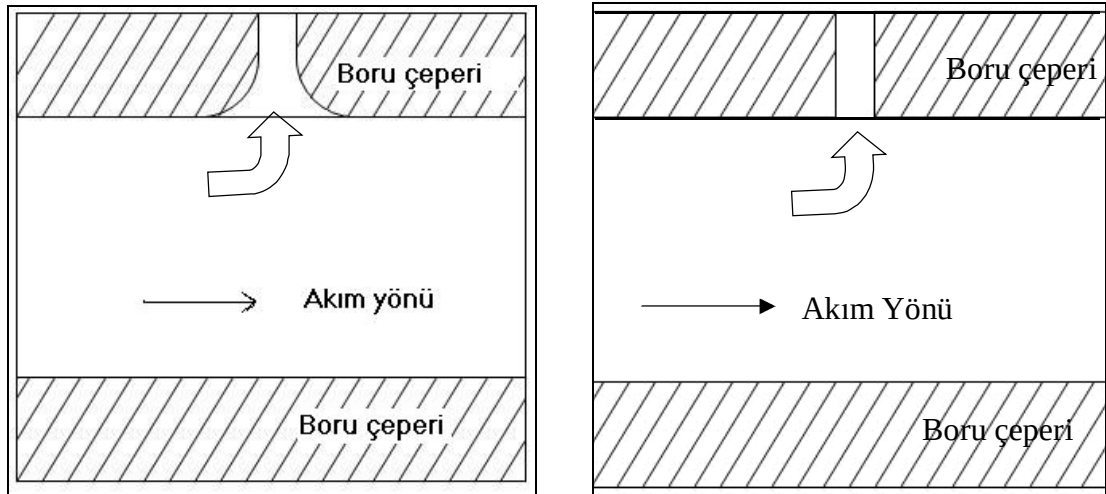
Şekil 2.7. Değişken çaplı bir yayıcı



Şekil 2.8. İçine deniz suyu girmiş ve tıkanma tehlikesi altındaki bir yayıcı



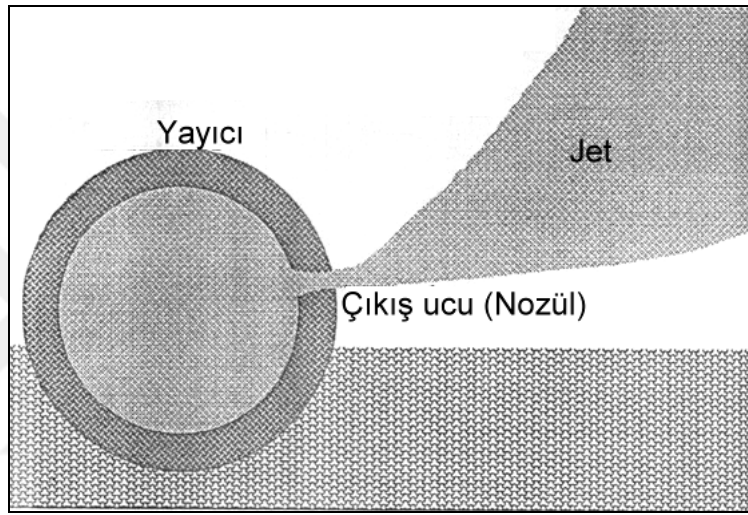
Şekil 2.9. Yükselticili ve Yükselticisiz yayıcı boru düzenlemeleri



Şekil 2.10. Çan ağızlı ve Keskin kenarlı delik tipleri

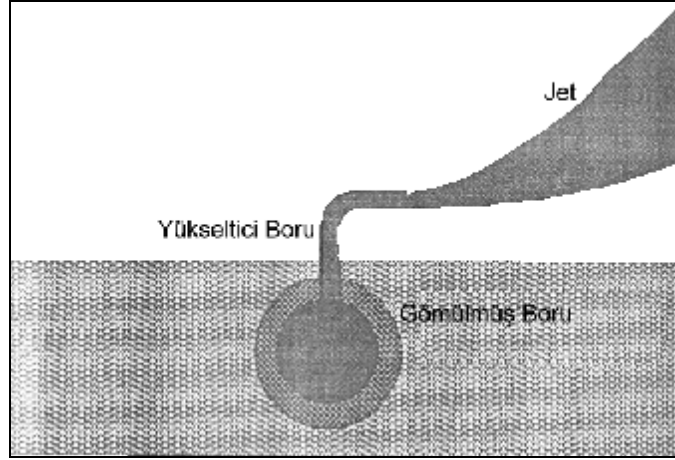
2.2.1 Geometri

Yayıcı, ucu kapalı, deşarj delikleri uzunlamasına yerleştirilmiş, bir çok delikli dağıtma borusundan oluşur. Deşarj delikleri, Şekil 11’de görüldüğü gibi, çok delikli borunun yanlarındaki basit delikler veya Şekil 12’deki gibi yükseltici borulu takılı olabilir. Yükseltici borularda bir veya daha fazla deşarj deliği bulunabilir. Yükseltici borular, deşarj noktasını gömülü çok delikli dağıtma borusundan yükseltmek için veya geriye akışı engelleyen kontrol vanası takmak için kullanılırlar. Kontrol vanalarından biri, yayıcı çıkış uçlarıyla (nozül) daha çok tanınmaya başlayan, Red Valve Şirketi tarafından üretilen, sıkışmayan veya mekanik geri tepme vanasındaki gibi hatalı olmayan, kauçuk “ördek gaga” tipi kontrol vanasıdır.

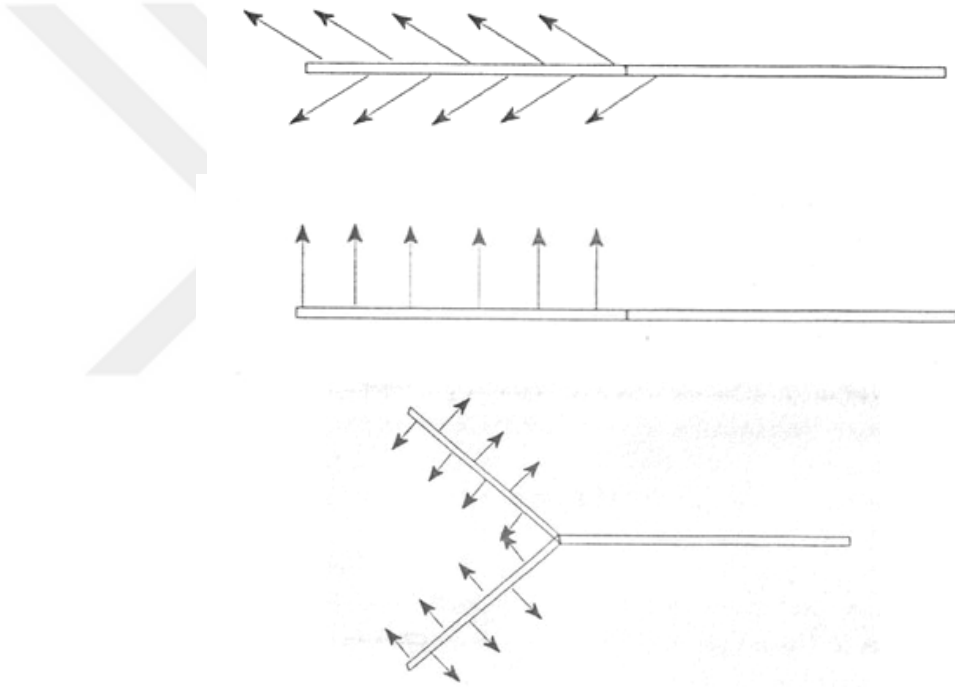


Şekil 2.11. Yandan delikli bir yayıcı

Üç esas yayıcı şekilleri, Şekil 13’teki görüldüğü gibi, çok yönlü, dallanmış ve şaşırtmalı tiplerdir, fakat bunlarında pek çok değişiklik hali bulunmaktadır. Çok yönlü yayıcılar, genellikle hakim akıntının ters yönde olmadığı nehirlerdedir. Yelpaze gibi açılmış tasarım, yukarıda tartışıldığı gibi, jetlerin ortak çekimi ile karşılaşma eğilimindedir ve yelpaze gibi açılmamış yayıcı üzerindeki yakın bölge karışımı artar. Birbirine daha uzak aralıklı yerleştirilmiş daha ucuz olan, daha az sayıda yükseltici boru olduğunda, ancak her bir yükselticide iki veya daha fazla deliğin olduğu durumda, çoğunlukla “V” tasarımlı çok yönlü yayıcı kullanılır. Dallanmış yayıcıların, yayıcı boyunca genellikle her iki tarafında delikleri bulunur. β değerleri yaklaşık 20° ’ye kadar kullanılabilir. Delik yönlendirmeleri nedeniyle, dallanmış yayıcılar akıntıları ve yayıcı hattı boyunca deliklerin yönünde ortam akışkanını zorlaya çevrim kalıplarını ayarlar. Saçaklar birbirleriyle çabucak girişim yapmalarına rağmen, yayıcıya doğru büyük yanıl sürüklenme hızları ayarlarlar.



Şekil 2.12. Yükseltici Borulu bir yayıcı



Şekil 2.13. Çok yönlü, şaşırtmalı dallanmış yayıcı tipleri

Şaşırtmalı yerleştirilmiş delikli yayıcılar, çoğunlukla koylarda ve akıntı yönünün değişken olduğu sahil bölgelerinde ve yayıcı boyunun daha önemli olduğu yerlerde kullanılırlar. Yanal jet momentumu sıfır olduğu için, yüzücülük ve akıntılar önemli rol oynarlar. Karşılıklı çekim ve birleşme nedeniyle, dallanmış ve şaşırtmalı yayıcıların doğru modellenmesi zordur. Temkinli tahminler tüm deliklerin yayıcının akıntıdan uzak tarafında olduğu varsayımı ile elde edilebilir; diğer taraftan iyimser tahmin ise her tarafın diğer kısımlardan bağımsız olduğu düşüncesi ile elde edilebilir. Gerçek seyrelmeler bu iki sınırın arasında bir yerde kalacaktır.

Bir yayıcının tasarımı yapılırken aşağıdaki parametreler dikkate alınmalıdır:

1. Çok sayıdaki küçük deşarj deliği, az sayıdaki büyük deliğe göre daha iyi seyrelme sağlar.
2. En küçük delik çapı genellikle jet hızı gereksinimi, hidrolik yük kaybı ve tıkanmayla ilgili sorunlar göz önünde bulundurularak kontrol edilmelidir.
3. Delikler arası uzaklığın daha büyük olması, her bir delikten çıkan jetin tekil haldeki seyrelme değerlerine daha yakın bir seyrelme değeri elde edilmesini sağlar. Fakat, delikler arası uzaklığın geniş olması, yayıcının uzun ve maliyetinin yüksek olmasına neden olur. Delikler genellikle hep birlikte sadece yasal kriterleri sağlayacak kadar birbirlerine olabildiğince yakın yerleştirilirler.

2.3 ATIK SULARIN DENİZE DEŞARJI

Atıksu akımı yayıcı deliklerden geçtikten sonra etrafındaki deniz suyundan daha hafif olduğundan kaldırma kuvvetinin etkisiyle yükselme eğilimindedir. “Saçak” (ingilizce plume) terimi, bu yüzdürme etkilerinin birincil önemi olduğu çıkış ucu şeklini tanımlamak için kullanılır. Diğer taraftan, çıkış ucu akımından çıkış sırasında momentum etkilerinin karışma işleminde daha önemli olduğu durumlarda “jet” teriminin kullanılması tercih edilir. Yüzen (kaldırma kuvveti etkisi altındaki) bir jet belirli bir yörüngeyi kat ettikten sonra saçak halini alır.

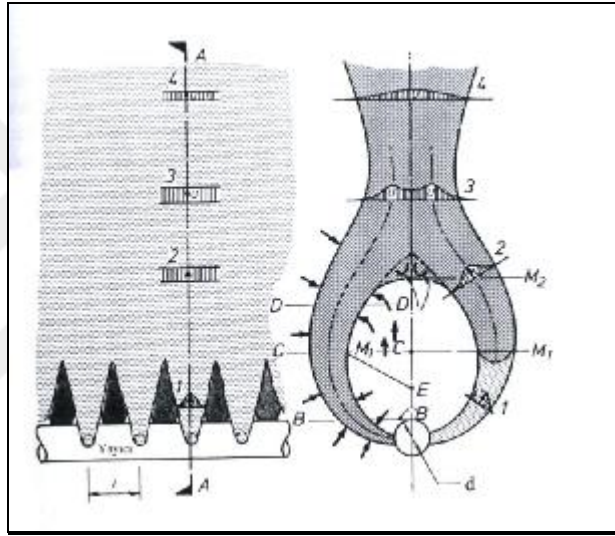
Saçak veya jet, durgun su yüzeyine doğru yükselirken çıkış suyu, alıcı ortam suyu ile karışır. “Seyrelme” terimi, atıksu için şu şekilde ifade edilebilir. Eğer geniş bir kapta 1000 ml temiz deniz suyuna 10 ml çözünebilen bir sıvı (örneğin atıksu) eklenirse, bu sıvının seyrelmesi 1001:1’dir denir veya geleneksel bir yaklaşımla sadece saçak veya jetin seyrelmesi 101’dir denir [9]. Saçak veya jetin çekirdek kısmındaki atıksuyun alıcı su ortamı ile karışma olanağı daha az olduğundan jetin merkez ekseninde seyrelme daima minimum düzeyde kalacaktır. Temkinli bir yaklaşımla denize deşarj edilen atıksuyun seyrelmesi merkezdeki karışım olarak ifade edilir.

Yüzen bir jette ortalama seyrelme dairesel bir jet için teorik olarak merkez eksenindeki değerin 1,74 katı, iki boyutlu (çizgisel veya yarık) jet için ise merkez eksenindeki değerin $\sqrt{2}$ katıdır. İlk bakışta diziler halinde dairesel delikler bulunan bir yayıcıda yarık halindeki bir jetin ele alınma nedeni açık olmayabilir ancak ayrı ayrı deliklerden belirli derinlikte deşarj edilen jetler arasında kesin bir değeri aşması koşuluyla ayrı kalarak varlıklarını sürdürebilirler. Aksi taktirde jetler yayıcı boyunca birleşme eğiliminde olup, hemen hemen deşarj borusunun her iki tarafından dışarı akış yapan uzun yarıklar halini almaktadır. Şekil 14’te bir dizi nokta kaynak olan jetlerin birleşmesi görülmektedir.

Deniz suyu ortamını başlıca iki grup halinde sınıflandırabiliriz.

1. Durgun veya hareketli;
2. Sabit yoğunluklu veya derinlikle artan yoğunluklu

Homojen veya doğrusal yoğunluk tabakalaşması durumlarında yüzen iki veya üç boyutlu jetlerin durgun alıcı su ortamındaki karışımları için deneysel olarak doğrulanmış teorik çözümler bulunmaktadır. Bazı sonuçlar hareketli alıcı su ortamları için elde edilmiş, bazı teorik çalışmalar ise değişken yoğunluk tabakalaşması olan alıcı su ortamları için yapılmıştır.



Şekil 2.14. Çizgi kaynak halini alan atıksu jetleri

Uygun tasarım ve yerel koşullarla birlikte atıksu deşarjı dikkate alındığında yoğunluk tabakalaşması olan bir alıcı suyun tek özelliği çıkış suyunun asla su yüzeyine ulaşamayabileceğidir. Böyle durumlarda batmış bir atıksu tarlası oluşur. Çıkış suyunun daha derindeki alıcı ortam suyuna karışması nedeniyle, karışmış çıkış suyu ile alıcı ortam suyu yoğunluklarının eşit olduğu ara bir derinlikte batık çıkış suyu tarlası oluşur. Yükselen bir jet veya saçak, bu seviyeyi aşar aşmaz sonrasında sahip olduğu daha büyük bağıl yoğunluk nedeniyle çöker ve sonunda bu derinlikte dağılır.

Atıksuların denize deşarjında açık ağızlı bir boru yerine yayıcı kullanılmasının nedeni, yüzeye doğru yükselen yüzen bir jetin birinci seyrelmesinin daha fazla olmasıdır. Açık denize bakan bir sahil durumunda, atıksu bulutu yayılmadan ve/veya akıntılar nedeniyle başka bir bölgeye sürüklenmeden önce çıkış suyunun yüksek bir birinci seyrelmeye ulaşması istenir. Suyu az olan bir haliç ele alındığında, ilk seyrelme ne olursa olsun çıkış suyu er yada geç haliç boyunca düzgün yayılı dağılacağı için yüksek bir ilk seyrelme çok önemli olmayabilir.

2.3.1 Sürüklenme ve Difüzyon (Yayılma)

Sürüklenme , ortam içerisine deşarj edilmiş bir jet içerisine ortam akışkanının çekilmesi işlemidir. Bu işlem, biri diğerinden daha hızlı giden komşu iki akışkan tabakası arasındaki etkileşim düşünülerek anlatılabilir. Hızlı akışkanın yavaş akışkanı ivmelendirmesine bir çok mekanizma neden olur. Bu mekanizmalardan biri, daha yavaş akışkanın viskozite tarafından daha hızlı akışkan tarafından jetin bir parçası yapıldığı sadece çekildiği yerdeki iki tabaka arasındaki viskoz kesmedir. Daha fazla etki genellikle türbülans kaynaklanır.

Deşarj edilen akışkan, ortamdan daha az yoğunlukta ise yüzen bir jet oluşur. Viskoz ve türbülanslı kesmeye ek olarak, kaldırma kuvveti saçağın ortama göre yükselmesine neden olur. Bu durum, deşarj edilen akışkanın ortama göre ikincil bir hareket yapmasına neden olur. Bu ikincil hareket te ortam akışkanını viskoz ve türbülanslı kesme ile jet içerisine sürükler.

Jet ve yüzen sürüklenmenin net etkisi, kütsel debisi arttıkça çok daha fazla ortam akışkanını sürükleyen bir jettir. Kütlenin korunumlu olması gerektiğinden, jet içerisine sürüklenen ortam akışkanı, ortamdan diğer akışkan ile yer değıştirmelidir. Bu durum ortamdan jete doğru net bir akışkan akışına neden olur. Bu sürüklenme işlemi jet ve ortam arasındaki momentum değışiminin bir sonucudur.

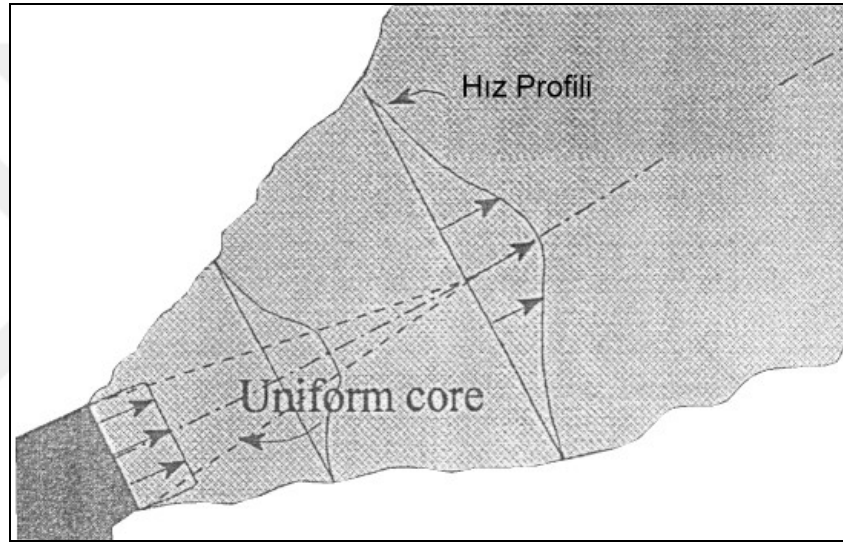
Deşarj yakınında, jet ile ortam arasındaki oransal hızın fazla olduğı yerde sürüklenme miktarı fazladır. Ancak, jet ortama nüfuz ettiğinden ve sürüklendiğı ortam akışkanına momentumunu kaybettiğinden, sürüklenme miktarı azalır.

Sonunda, jet momentumu ortamda kaybolur. Bu olduğunda, ortam türbülanslı karışımı ve difüzyonu sayesinde ortam ile deşarj akışkanının ek bir karışımı meydana gelir. Ortam türbülansı, saçağın kenarında jet türbülansında daha önce olduğı gibi karışımına neden olur; ancak, deşarj edilmiş akışkan ile ortam arasında birbirlerine göre bir hareket olmadığından, karışım genellikle çok daha düşük hız miktarında gerçekleşir. Deşarj edilen akışkan, ortamda serbestçe akar. Bu, jetin neden olduğı karışımından, ortam türbülans karışımına geğış, jetten saçağı geğışte olduğı gibi aşamalı olarak gerçekleşir. Bu iki durumun birbirine göre önemi yakın bölge ile uzak bölge arasındaki sınırı belirler. Yakın bölge, jet akımının baskın olduğı yerdir; uzak bölge ise, ortam türbülans karışımının baskın olduğı yerdir.

Ortam içerisine deşarj edilmiş akışkanın difüzyonuna, moleküler difüzyon ve türbülans karışımı neden olur. Moleküler difüzyon, bir akışkandaki moleküllerin rasgele hareketinden kaynaklanır. Düzgün yayılı (üniform) konsantrasyonlu belirli bir iz maddesi veya kirletici içeren bir akışkanda, rasgele hareket, aynı sayıda molekölün hayali bir sınırın her iki tarafına geçmesine neden olur. İz maddesinin iç konsantrasyonu, sınırın bir tarafında diğer tarafa göre daha yüksek ise, bu iz maddesinin daha fazla molekölü düşük konsantrasyonlu tarafa ters yönde geçecektir. Bu durum, düşük konsantrasyonlu bölge içerisine yüksek konsantrasyonlu bölgeden iz maddesi partiküllerinin difüzyonuyla sonuçlanır.

2.3.2 Gelişme Bölgesi

Türbülans hızı ve konsantrasyon profili boru içerisinde körelmiştir. Sonuç olarak, bir deşarj borusundan çıkışta profiller Şekil 15'te görüldüğü gibi, neredeyse silindiriktir. Jet, ortam ile temasa geçer geçmez, ortamın jete nüfuz ederek hızlanmasına neden olduğu ve jetin ortama nüfuz ederek hızlanmasına neden olduğu yerde difüzyon işlemi bir kesme tabakası oluşturur. Sonunda, ortam, jet merkezine nüfuz eder. Merkez eksen hızı ve konsantrasyonları, kesme tabakası merkezle buluşuncaya kadar değişim göstermez. Bu bölge, profillerin silindirik şekilden, çan şekline değiştiği yer olarak bilinen “akış oluşum bölgesi”dir. Akış oluşum bölgesinin ötesi, profillerin tamamının yalnızca genişlik ve merkez eksenindeki büyüklükle değişim gösterdiği yer olan “oluşmuş akım bölgesi”dir. Bu bölgede profillerin Gauss olasılık fonksiyonu ile ifade edilebildiği bulunmuştur:



Şekil 2.15. Gelişme Bölgesi

$$\frac{u}{u_{cl}} = e^{-(r/b)^2} \quad (1.2)$$

burada, u_{cl} merkez ekseninde hızdır. Bu fonksiyona yakın bir yaklaşım aşağıda verilen 3/2 kuvveti yasası profilleridir:

$$\frac{u}{u_{cl}} = \left[1 - (r/b')^{3/2}\right]^2 \quad (1.3)$$

Eşitlik (1.3)'teki saçak yarıçapı b' bütün yarıçaptır, ancak Eşitlik (1.2)'deki b , profilin standart sapması ile verilen bir kısmi saçak yarıçapıdır.

2.3.3 Jetler ve Saçaklar

Çoğunlukla jetler ve saçaklar terimleri aynı anlamlı olarak kullanılır. Böyle kullanılmasına rağmen, aslında biraz farklı anlamlıdırlar. “Jet” terimi, ortama göre yüksek bir hızı ifade ederken, diğer taraftan “saçak”, küçük veya olmayan momentumu ancak dalgalı bir bulut gibi saçılmayı veya sadece yüzücülükten ötürü yükselmeyi belirtir. Gerçekte, çoğu deşarj bir jet olarak noktasal bir kaynaktan başlar, ancak sürüklenmiş ortalama momentumunu çabucak kaybederek deşarj noktasından kısa bir uzaklıkta saçak haline gelir.

Jetin momentumunun yüzücülüğe oranı, çoğunlukla bir büyüklük parametresi olarak kullanılır. Bu oran, boyutsuz bir terim olan yoğunluksal Froude sayısıdır. Deşarj şartları düşünülerek aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$F_o = \frac{U_o}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho} g D_o}} \quad (1.4)$$

burada $\Delta\rho$ ortam ve deşarj edilmiş akışkanları arasındaki yoğunluk farkı, U_o ve D_o sırasıyla deşarj hızı ve çapıdır. Deşarjlarda diğerlerinden çok büyük Froude sayılı jetler “momentum jeti” olarak düşünülür; diğer taraftan diğerlerinden hafifçe büyük Froude sayılı jetler “yüzen jet” olarak ifade edilir. Froude sayısı küçük olan deşarjlarda birliğin hiç jet fazı yoktur ve yüzen saçakla sonuçlanır.

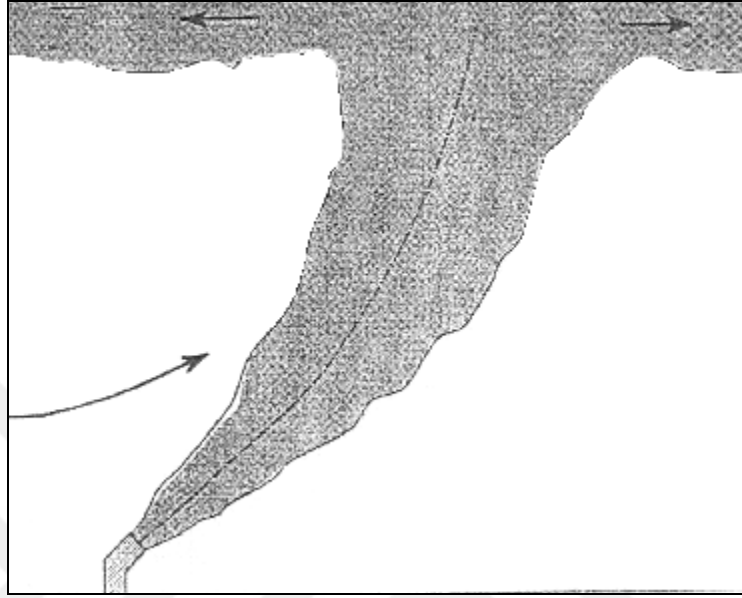
Bu metinde esas olarak deşarj noktasına yakın bölge ve deşarjın jetten saçığa dönüştüğü yakın bölge dikkate alındı. “Jet” terimi deşarj noktasına çok yakın bölgeyi ifade etmektedir. “Saçak” terimi ilgilenilen bölgenin geri kalan kısmını ifade etmektedir.

2.4 ORTAM KOŞULLARI

2.4.1 Derinlik

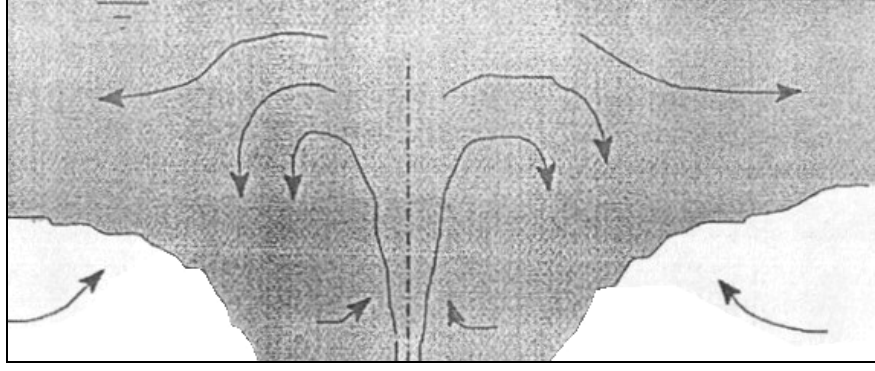
Karışım bölgesi kenarında gerçekleşen kirlenici konsantrasyonlarında ortam koşulları önemli bir rol oynar. Bu koşullar, alıcı su derinliği, akıntı, yoğunluk tabakalaşması, gel-git’ e bağlı seviye değişiklikleri kanal düzenlemeleri ve taban geometrisidir. Genelde, daha derin deşarjın yasal düzenlemelerin sağlanmasında daha fazla şansı vardır. Bunun nedeni seyrelme için daha fazla suyun bulunması, tabana veya su yüzeyine çarpma şansının daha az olması ve yüzeye ulaşmadan önce saçak yörüngesinin daha uzun olmasıdır. Bu durumun sağlanması için, çoğunlukla deşarj tesisinin su derinliğinin daha fazla olduğu alıcı su ortamı içerisinde doğru daha uzağa yerleştirilmesi gerekir.

Sıg suya deşarj daima bir sorundur. Saçak çabucak su sütununu doldurur. Saçak, alıcı su ortamının tabanına veya yüzeyine çarptığında, saçığın tatlı su ile temas yüzeyleri sadece yandan oluşan sürüklenme ile olduğunda, seyrelme miktarı azalır. Ayrıca, saçak tabanı kazıyabilir. Bu tip saçığın modellenmesi çok zordur.

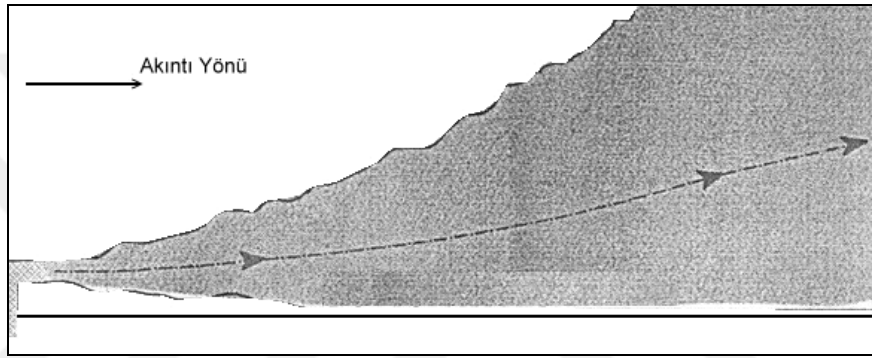


Şekil 2.16. Yüzeye doğru yükselen bir derin su saçığı

Şekil 16, 17 ve 18’de yüzey ve taban girişiminin birkaç tipi gösterilmiştir. Şekil 16 yüzeye doğru yükselen yüzücü bir derin su saçığını göstermektedir. Bu saçak, daha sonra, ortamın yüzey akıntıları tarafından küçük bir yatay momentum ile uzağa taşınarak bir yüzey saçığı olarak yüzeyde dağılır. Bu tip deşarjda hiçbir taban girişimi yoktur. Şekil 17 az veya olmayan ortam akıntısı halinde sıg su içerisine yakın bir düşey deşarjı göstermektedir. Yüzey ile güçlü girişim, saçığın kendisiyle sürüklenmesi ile kararsız bir yakın bölge oluşur. Çok az seyrelme gerçekleşir. Şekil 18’de pek çok nehir ve akarsu yayıcısında karşılaşılan akıntılı bir sıg ortam içerisine yakın yatay bir deşarj görülmektedir. Akıntı ve deşarj momentumu, saçığı mansaba (suyun akış tarafı) taşır. Düşey deşarj momentumu ve saçığın yüzücülüğü, saçığın yükselmesine neden olur. Nehrin sıglığı nedeniyle, bu girişimlerin olduğu yerde sürüklenme, engellenmiş olması ile saçak çabucak su sütununu doldurur. Coand etkisinden ötürü, saçak aslında kendini tabana emer , bu durum, taban girişiminin beklenenden önce gerçekleşmesine neden olur.



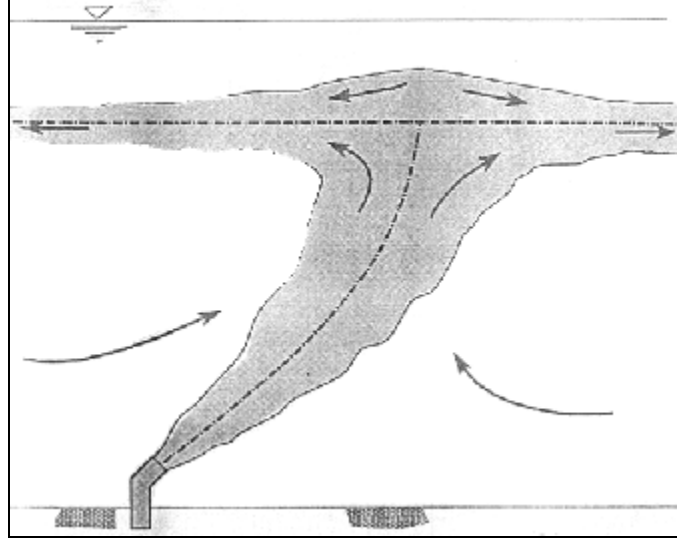
Şekil 2.17. Sığ su içerisinde yakın bir düşey deşarj



Şekil 2.18. Akıntılı bir sığ ortam içerisinde yakın yatay bir deşarj

2.4.2 Tabakalaşma

Ortam yoğunluk tabakalaşmasının saçak dinamiği üzerinde derin bir etkisi olabilir. Şekil 19.'da kararlı bir şekilde tabakalaşmış ortam içerisine yüzen bir jet deşarjından kaynaklanan tipik saçak görülmektedir. Jet, ortamla karıştığından saçığın yoğunluğu kademe kademe ortamınkine yaklaşıyor artar. Saçak momentumu ve pozitif yüzücülük, saçığın yükselmesine neden olur. Saçak yükselirken, yoğunluğu azalan bir ortamla karşılaşır. Saçak yükselmeye devam ederse, saçığın yoğunluğu ortamınkine ulaşacaktır. Saçak, momentumundan dolayı yükselmesini sürdürürse, kendi yoğunluğundan daha küçük yoğunluklu bir ortamla karşılaşır. Bu durum, saçığın yükselmesini durdurup, doğal yüzücülüğüne doğru geriye doğru düşüren, negatif yüzücülüğe neden olur. Bu da aslında aksi yönde aşırabilir, düşey momentum boşuna harcanıncaya kadar nötral yüzme seviyesi civarında çalkantılanır. Sonuç nötral yüzme seviyesi, "kapanlanma seviyesi" ve saçaklar da "kapanlanmış" olarak isimlendirilir.



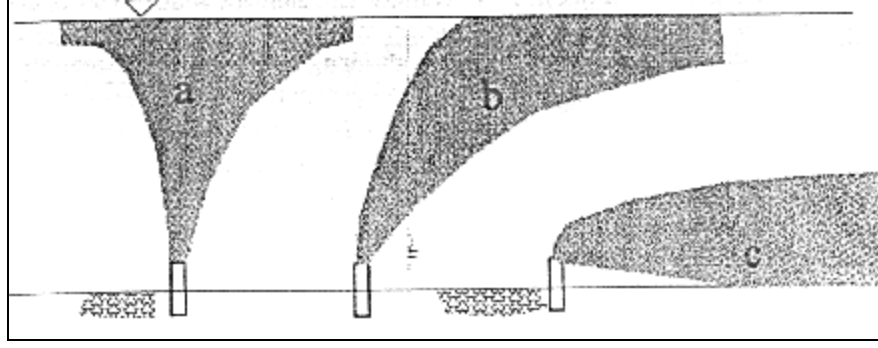
Şekil 2.19. Kararlı bir şekilde tabakalaşmış ortam içerisine yüzen bir jet deşarjından kaynaklanan tipik saçak

En küçük ortam tabakalaşmalarında bile saçak kapanlanabilir, ancak ani yoğunluk değişimleri ile tabakalaşmış ortam yoğunluğunun olduğu koşullarda saçak daima kapanlanır. Ortam yoğunluğunun aniden değiştiği bu tabakaya “piknoklin” denir. Bu olgu, yoğunlukla ısı tabakalaşmadan ötürü göllerde ve tuzluluk tabakalaşması nedeniyle haliçlerde ve sahillerde gerçekleşir. Saçak kapanlanır kapanlanmaz, yüzeyin altındaki bir tabakada, başlıca ortam türbülansı ve difüzyonu nedeniyle oluşan karışım nedeniyle, tabakalaşmış saçak saçılmasıyla seyrelme işlemi büyük ölçüde azalır.

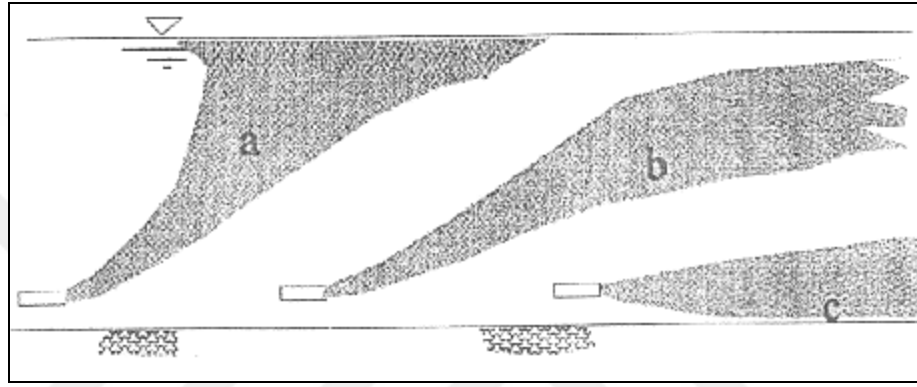
Ortamdaki gerçek yoğunluk profili, belirleyici karışım bölgesi konsantrasyonları önemlidir. Değişken bir yoğunluk profiline lineer yaklaşımlar, sıkça, tahmin edilmiş seyrelmenin hatalı olmasına neden olan, yanlış kapanlanma seviyelerine neden olurlar.

2.4.3 Ortam Akıntısı ve Deşarj Yönü

Ortam akıntısı saçağa çeşitli şekillerde etki eder. Ortam akıntısı sonunda daima deşarjın yönünü önemsiz olacak şekilde saçağı akıntı yönünde taşır. Şekil 20 ve 21’de akıntının büyüklüğüne bağlı olarak oluşan birkaç saçak şekli görülmektedir. Şekil 20 düşey deşarj için, Şekil 21 yatay deşarj içindir. Akıntı olmaması halinde, yüzen bir saçak her yönde yüzeye veya kapanlanma seviyesine doğru yükselecek ve her yönde yayılacaktır. Sürüklenme, jetin neden olduğu sürüklenmedir ve saçak yüzücülüğü sadece düşey yada yatay deşarj içindir.



Şekil 2.20. Düşey deşarj durumunda jet davranışları

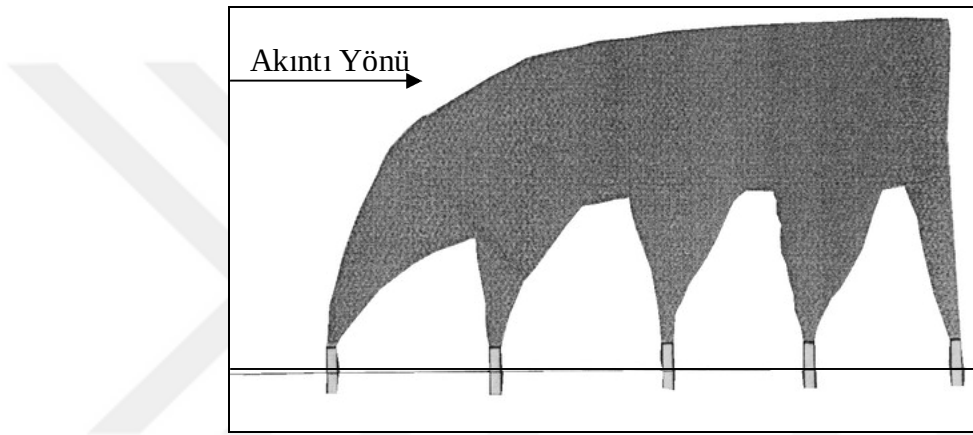


Şekil 2.21. Yatay deşarj durumunda jet davranışları

Düşey deşarjda, düşükten orta şiddete doğru akıntı haline, ortam akıntısı, akışkanı, görebildiği herhangi bir saçak yüzeyi içinden saçak içine zorlar. Jetin momentumu yeterliyse, akıntı, jetin arka tarafındaki şekilde kümelerin ve sütunların arkasında bulunduğu gibi, iki çevrintiye (vorteks) neden olacaktır. Bu çevrintiler, aynı zamanda ortamın saçak ile karışmasına neden olur. Sürüklenen akışkanın momentumu saçağın hızlıca bükülmesine neden olur. Ortam akıntısı ile saçak arasındaki bu yakın bölge etkileşimi çok hızlı bir karışıma neden olur. Ancak, saçak bükülür bükülmez, sürüklenme saçak ile ortam akıntısı arasındaki kıyaslamalı hızın bir fonksiyonudur ve seyrelme miktarı hızla düşebilir.

Yatay deşarjlar için, akıntı aslında, deşarj ile akıntı arasındaki kıyaslamalı hızı azaltarak, seyrelme miktarını azaltır. Gerçekte, akıntı ve deşarj hızları eşit olursa, karışım sadece türbülans tarafından oluşur. Akıntı, saçağı akıntının olmadığı durumdan mansap tarafında daha uzağa ve daha hızlı taşıdığından, deşarj edilen akışkan karışım bölgesi kenarına akıntının olduğu durumda, akıntısız durumdan daha kısa sürede ulaşır. Net sonuçlar şunlardır: Ortam akıntısı, yakın bölgede yüksek saçak etkileşimi nedeniyle bazı hallerde karışım bölgesi kenarında seyrelmenin yüksek olmasına neden olabilir ve kıyaslamalı hızın azalması ve karışım bölgesi kenarına ulaşırken daha hızlı olması nedeniyle diğer hallerde seyrelme daha düşüktür.

Bir etkileşime neden olan deşarj açısı seçilerek, karışım bölgesi kenarındaki seyrelmenin artırılması için akıntıyla bu saçak etkileşimi kullanılabilir. Deşarj açısındaki sınırları, çoğunlukla su derinliği, nehir genişliği ve yayıcının komşu saçaklarının girişi tarafından zorunlu tutulur. Çoğunlukla düşey deşarj açısı, yataydan saçığın yüzeye aşırı yakın olmayacak kadar geniştir. Sığ suda, deşarj açısı sadece saçığın tabandan uzakta kalabileceği kadar yüksek yapılır. Yatay deşarj açıları mansap tarafı akışından bu girişime neden oluncaya kadar değişim gösterir. Tek delikli deşarjlarda, açı için bir sınır yoktur, ancak, çizgisel yayıcılar için vardır. Şekil 22’de görüldüğü gibi, akıntıya yakın delikler etkileşimi siperlenerek azaltırlar. Akıntıya yakın saçaklar akıntıdan uzak saçakların yörüngesine doğru bükülünceye kadar, akıntıya yakın deşarj, akıntıya uzak deliklerdeki etkileşimi engeller. Çok delikli mekanik hava akımıyla soğutma kulesinden çıkan çizgisel bir temaslı saçaklar boyunca rüzgar estiğinde bu etki açıkça görülebilir.

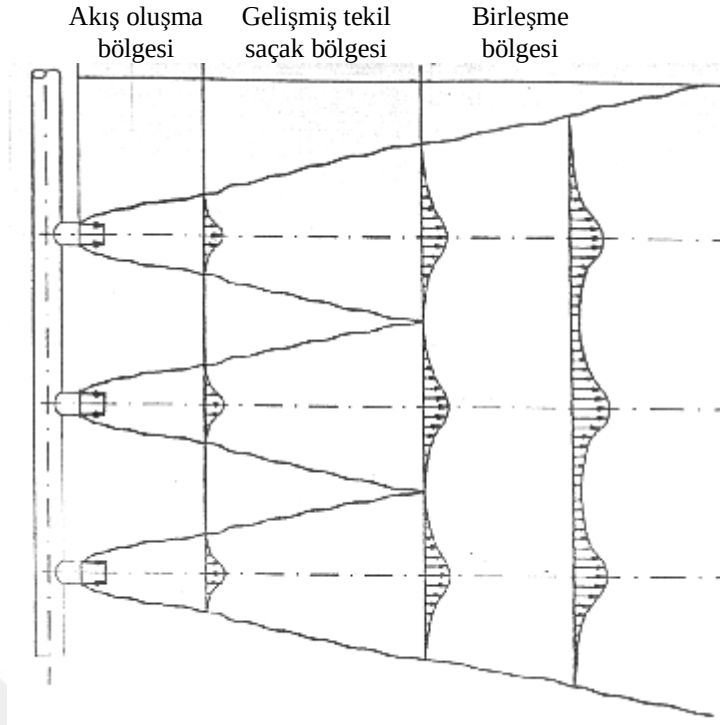


Şekil 2.22. Akıntıya yakın delikler etkileşimi siperlenerek azaltırlar

Akıntı, aynı zamanda saçak dinamiğini de etkiler. Akıntı ve jet arasında bir etkileşim olduğunda oluşan, yukarıda tartışılan iki çevrinti, saçığın iki bölgeye ayrılmasına neden olurlar.

2.5 YAYICILAR

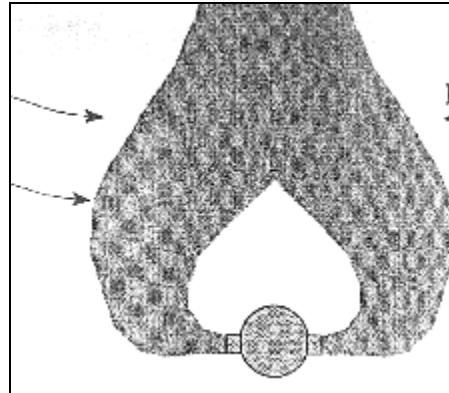
Bir yayıcının esas görevi, daha çabuk karışmayı sağlamak için çıkış suyunun ortam içerisinde dağıtılmasıdır. Çok sayıda küçük çaplı deliğin, aynı deşarj hızı ve debisi olan yalnız bir delikten daha büyük bir temas yüzeyi vardır. Örneğin, 1 m çapındaki bir deşarjın 3,14 m’lik çevresi varken, aynı alana sahip 100 tane 10 cm çaplı deliğin toplam çevresi 31,4m’dir. Sonuç olarak, ilk seyrelme miktarı, 100 delikli bir yayıcıda, tek delikten yaklaşık 10 kat daha hızlı olabilir[13].



Şekil 2.23. Tipik bir yayıcı üzerine dizili, akış bölgelerine ayrılmış saçaklar

Bu durumda elbette ki, ortam akışkanının her bir jetin diğer bir jetle girişim olmaksızın akışının serbest olduğu varsayılır. Gerçek durumda, delikler arası uzaklık, yayıcının jetlerinin yönlendirilmesi ve deşarjın akıntıya göre yönlendirilmesine bağlı olarak önemli miktarda girişim olabilir. Şekil 23'te tipik bir yayıcı üzerine dizili, akış bölgelerine ayrılmış saçaklar görülmektedir. Akış oluşma bölgesi, "silindir şapka" profillerinin Gauss profillerine dönüştüğü yerdir. Bu bölgede, merkez eksen konsantrasyonları, sıcaklıkları ve hızları değişmez.

Tamamıyla gelişmiş tekil saçak bölgesi koşulları temelde her bir tekil saçak için aynıdır. Birleşme bölgesinde, konsantrasyonları, sıcaklıkları ve hızlarının arakesitte saçak merkez eksen değelerine doğru artmasına neden olacak şekilde, saçak kenarları birbirine doğru büyürler. Saçaklar, yayıcı merkez eksen boyunca birleştiklerinden, ortam akışkanının bu merkez eksen boyunca her saçak ile karışımı engellenir. Bu durum sürüklenme miktarını azaltır. Sonunda, saçaklar tamamıyla birleştiklerinde çizgisel bir saçak şeklinde görülür.



Şekil 2.24. Delikleri her iki tarafında bulunan bir yayıcı

Ortak çekim, saçakların demet halinde birlikte olmalarına neden olur. Bu durum en dıştaki iki saçak ele alınarak açıklanabilir. İkinci saçak, akıntıları kendisine doğru düzenlenmiş akışkanı her taraftan sürükler. Kenardaki en son saçak akış bölgesi içinde olduğundan, ikinci saçağın içine doğru kademeli olarak çekilir. Sonunda, bu iki saçak, üçüncü bir saçağa sonra da bir dördüncüsüne doğru çekilirler. Bu durum, saçakların normalde tahmin edildiğinden daha hızlı birleşmelerine neden olur. Şekil 24’te delikleri her iki tarafında bulunan bir yayıcıda bu etki görülmektedir. Her iki taraftaki saçaklar birbirini çektiklerinden, sonunda birleşirler, delikleri şaşırtmalı yerleştirilmiş yayıcı, beklenebildiği kadar etkili değildir. Bütün saçakların yayıcının akıntıdan uzak tarafında olması, tedbirli bir tahmindir.

Akıntıya yakın saçak, akıntının bütün etkilerini ile karşılaşır, ancak akıntıyı akıntıdan uzak deliklerden rotasından bükülünceye kadar korur. Sonuç olarak, akıntının bütün deliklerle etkileşimi yönlendirme sayesinde yakın bölgede sınırlı kalır. Akıntıdan uzaktaki deliklerin sürüklenmesi esas olarak jet nedeniyle olan sürüklenmedir. Ve yine, saçaklar birleşir birleşmez, çok delikli deşarjın etkisinin ortadan kalkmasıyla, büyük bir saçak olurlar.

Akıntıya paralelden dik hal arasında yayıcı yönlendirmelerinin, her bir delikte akıntıyla etkileşimi olacaktır. Bu etkileşim, dik yayıcıdan daha az miktarda, ancak hep birliktaki etkileşimin ihmal edildiği koşuldan daha fazladır. Bu durum daha sonraki bölümlerde tartışılacaktır.

Yaklaşık bir çizgisel yayıcı yaklaşımı, bir “eşdeğer yarık kavramı”nın kullanılmasıdır. Bu yaklaşımda, eşit aralıklı deliklerden çizgisel bir deşarj, çok delikli halin uzunluğu, deşarj debisi ve momentumuyla aynı tek bir çizgisel yarıktan deşarj ile aynı olduğu varsayılır. Bu kavram, belli başlı çok delikli deşarj karakteristiklerinin çözümlemesi için kullanışlıdır, fakat çoğu basitleştirilmiş çözümlemeye olduğu gibi, kullanılma sınırları anlaşılmalıdır. Birleşme noktasının ötesindeki eşdeğer yarığın ardındaki dayanak noktasının esası, eşit aralıklı bir jet dizisinden deşarj edilen saçakların, eşdeğer bir yarıktan deşarj edilen bir saçakla aynı olmasıdır. Birleşme noktasına kadar olan bu dayanak noktası, iki karışım mekanizmasını aynı olmasıdır ve elbette ki öyle değildirler. Seyrelmenin büyük kısmı birleşmeden sonra gerçekleşmişse, son seyrelmede bu farklılığın etkisi küçük olabilir. Bu durum, ya deşarj noktasından büyük uzaklıkta yada deşarj deliklerinin birbirlerine çok yakın olduğunda söz konusu olabilir. Liseth, eşdeğer yarık kavramının sadece delikler arası uzaklığın delik çapından 80 katı veya daha fazla uzaklıkta olduğu durumlarda kullanılabileceğini önermiştir [14]. Deşarj deliği çapının 10 katı birbirine uzaklıklı deliklerden deşarjda, genellikle çok büyük miktardaki seyrelmenin olduğu akıntıdan uzaktaki yerde, bu uzaklık 800 deşarj çapıdır. Eğer yakın bölge içindeyse, eşdeğer yarık kavramı belki de kullanılmamalıdır.

2.6 YAYICI HİDROLİK HESAPLARI

2.6.1 Yayıcı İç Hidroliği

Yayıcı tasarımında toplam çıkış suyu debisinin yayıcı boyunca yerleştirilmiş olan deliklerde eşit olması gereklidir. Ancak, bu şartın sağlanması, yayıcıya gönderilen debinin değişkenliği ve su derinliğinin değişken olması sonucunda ortam basıncının da derinlikle değişim göstermesi yayıcı boyunca debi farklılıklarına neden olduğundan neredeyse imkansızdır. Tüm derinlikler üzerindeki dış basıncın eşitlenebilmesi için yayıcı sabit derinlikli bir bölgede uzatılabilir. Bütün derinliklerde düzgün bir debi dağılımının sağlanması kriteri yayıcı tasarımında sağlanması gereken tek kriter değildir. Sağlanması gereken en az 3 hidrolik kural vardır. [15]

1. Akıntıyla taşınan katı maddelerin yayıcı içine birikiminin önlenmesi için yeterli akış hızı sağlanmalıdır. Pratikte düşük debiler için bunu sağlamak çok zor gözükmektedir. Bu düşük akış hızlarında 0.6 – 0.9 m/sn aralığında maksimum debiler için sağlanmalıdır. Bu hız aralığı düşük debiler sırasında biriken herhangi bir maddeyi sökmek içindir. Atıksuyun arıtım seviyesi atıksuyun partikül boyutunun belirlenmesine yardımcı olduğu için hızlar atıksuyun arıtım seviyesine bağlı olarak değişebilmektedir. Çökelti, yayıcının kıyıdan en uzaktaki kısmında özel bir sorundur ve çoğunlukla yeterli akış hızının sağlanması ve bakım yapılabilmesi için en ucuna özel delikler yerleştirilir.
2. Toplam hidrolik kayıp en aza indirilerek boru hattının kıyıdaki ucunda basınç enerji seviyesini ve ihtiyaç duyulan pompalama miktarı en aza çekilmelidir. Sistemin pompa içermesi, enerji kullanımının, işletme ve bakım maliyetlerinin artmasına neden olacaktır.
3. Yayıcının kullanımda olduğu süre içerisinde tıkanmalara neden olabileceği için deniz suyunun içeri girişinin engellenmesi gerekmektedir. Bunun için tüm deliklerden tam dolu olarak atıksu deşarjı yapılmalıdır. Brooks tüm deliklerde $F_e > 1$ şartının sağlanması durumunda içeri akışın engellenebileceğini belirtmiştir [16].

Eşit delik akışı gereksiniminin yeterli olmasıyla ilgili iki önemli konu ve yukarıdaki üç koşul deneysel araştırmalarla ortaya çıkartılmıştır.

1. Kıyıdan uzaklaştıkça bir veya daha fazla adımda yayıcı borunun çapı daraltılmalıdır.
2. Kıyıya uzaktan itibaren borudaki delik alanları toplamı yayıcı boru en kesit alanının $\frac{1}{2}$ ila $\frac{2}{3}$ 'ünü aşmamalıdır.

2.6.2 Borudaki Akış

Borunun akış kapasitesi taşıyabildiği su hacmini ifade eder. Boru kapasitesi ağırlıkla borunun pürüzlülüğüne bağlıdır. Diğer etkenler ise borunun uzunluğu, alanı ve eğimidir. Borunun deşarj hesaplarında pürüzlülüğü hesaba katmanın birkaç yolu vardır. Hesaba katma ölçülerinden bir tanesi ϵ ile temsil edilen boru duvarının ortalama pürüzlülük yüksekliğini içerir. Bir diğer hesaba katma ölçüsü ise sadece ϵ ile zayıf bir bağlantısı olan Manning pürüzlülük faktörü n olarak isimlendirilir. n faktörü pürüzlülük yüksekliğinden doğrudan elde edilemez, ancak dolaylı olarak boru debi kapasitesi ölçümlerinden elde edilir. Böylesine bir belirlemede farklı boru malzemeleri için farklı n değerleri verilir.

2.6.3 Dışarı Akış

Özgül ağırlık ve sıvıların yoğunluğu sırasıyla γ ve ρ ile ifade edilir. “d” alt indisi atıksu (deşarj) için kullanılmıştır. Alıcı ortam suyunun yoğunluğu, su sütunu boyunca sabit olduğu varsayılarak “a” alt indisi ile ifade edilmiştir.

Atıksuyun denize deşarjında önemli bir terim aşağıdadır.

$$g'_{o} = \left(\frac{\gamma_a - \gamma_d}{\gamma_a} \right) g \equiv \left(\frac{\rho_a - \rho_d}{\rho_a} \right) g \quad (2.1)$$

Burada g yerçekimi ivmesidir. “ g ” yerçekimi ivmesi kavramı, bir vakum içerisinde düşen bir kütlenin g kadar ivmelenmesine benzerdir. Benzer bir şekilde, g'_{o} büyüklüğü, sürtünme direnci olmayan bir sıvı içerisinde geçebilecek yüzen bir cismin yukarı doğru ivmelenmesiyle ilişkilidir.

Çıkış suyu bir deliğin d_o minimum çapından (alanı a_o) alıcı suya geçer. $0 < C_c \leq 1$ olan bir C_c büzülme katsayısı ile orantılı, a_o 'dan küçük, minimum alanı a_e olan delikten geçen bir sıvı kavramı akışkanlar mekaniğindeki yaygın bir kavramdır. Sonuç olarak :

$$a_e = C_c a_o \quad (2.2)$$

Eşitlik (2.2) 'nin iki alanın çapları cinsinden ifadesi aşağıdadır:

$$d_e = \sqrt{C_c d_o} \quad (2.3)$$

Delikten geçen deşarj debisi:

$$Q_o = u_e a_e \quad (2.4)$$

Burada u_e minimum jet alanı bölgesinde büzüşmüş delikteki ortalama jet hızıdır.

Etkin yoğunluksal Froude sayısı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$F_e = \frac{u_e}{\sqrt{g'_o d_e}} \quad (2.5)$$

Yoğunluksal Froude sayısı aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$F_o = \frac{u_o}{\sqrt{g'_o d_o}} \quad (2.6)$$

Burada :

$$u_o = q_o / a_o \quad (2.7)$$

Parametre tanımları aşağıdadır:

$$B'_e = \frac{h / d_e}{F_e^2} \quad (2.8)$$

Burada h su derinliğidir. Daha sonra:

$$B'_e = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta m g'_o h}{\frac{1}{2} \Delta m u_e^2} \right) \quad (2.9)$$

Eşitlik 2.9'da yazılan durumda B'_e 'nin yüzen kütlenin potansiyel enerjisinin kinetik enerjisine oranını temsil ettiği açıktır. Jetlerin ve saçakların daha önceki tartışması sonrasında, B'_e dışarı akıntının jet benzeri mi, yoksa saçak benzeri mi olduğunu belirleyen kullanışlı bir parametre olarak ortaya çıkar. Yüzdürme etkilerinin baskın olması nedeniyle saçak tanımlaması yapılır ve saçakta B'_e değerinin karşılaştırmalı olarak büyük değerlerde olduğu görülür. B'_e parametresi alışlageldiği üzere, atıksuların deniz deşarjlarında biraz değiştirilmiş olarak aşağıdaki şekilde isimlendirilir:

$$B_e = \frac{h / d_e}{F_e} \quad (2.10)$$

B'_e 'nde olduğu gibi B_e 'nin büyük değerleri saçaklarla ve küçük değerleri jetlerle ilgilidir.

B_e 'ye benzer olarak aşağıdaki parametreyi belirlemek uygundur:

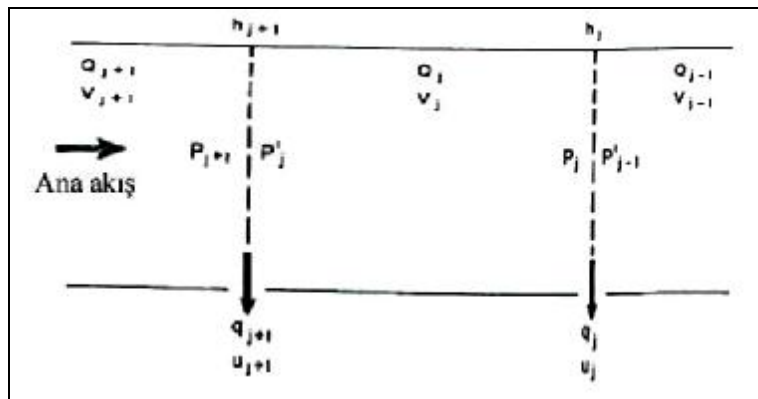
$$B_o = \frac{h/d_o}{F_o} \quad (2.11)$$

Liseth [14] ABD Pasifik Okyanusu kıyıları deniz deşarjları için genellikle F_0 'nın başlıca değerinin 15-30 aralığında değiştiğini, üst değerlerinin 40-50 bölgesinde olduğunu bildirmiştir. Delikler arası izin verilen ortalama uzaklık l 'dir. Liseth aynı Pasifik Okyanusu kıyıları deniz deşarjları için h/d_0 parametresinin 100-700 genel değer aralığında olduğunu, ancak h/l aralığının 2 ile 75 (ikinci değer seyrek görülen yüksek bir değerdir) değiştiğini belirtmiştir. B_0 parametresi bu deşarj yapıları için kayda değer bir şekilde kararlı olup, genellikle maksimum değeri 20 olmakla birlikte 15 ile 18 arasında değiştiği bildirilmiştir.

2.6.4 Temel Eşitlikler

Yayıcılı delikleri açık deniz tarafından başlanarak sırayla numaralandırılmalıdır; j indisi bu amaçla kullanılır. “j” no’ lu deliğin (en küçük) çapı d_j ’dir ve bu noktadaki boru çapı (yayıcılı boyunca değişebilir) D_j ’dir. Bu çapların alanları sırasıyla a_j ve A_j ’dir. Delikler arasındaki uzaklık l’dir.

“j” no’ lu deliğin hemen su kaynağı tarafındaki boru debisi Q_j ve bu delikten geçen debi q_j ’dir. Bu debilerin hızları sırasıyla V_j ve u_j ’dir. “j” no’ lu deliğin hemen su kaynağı tarafındaki boru içi ortalama basıncı p_j ’dir. Sözü geçen ve diğer değişkenler Şekil 25’te gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Ardışık yayıcı deliklerinin hidrolik parametreleri

“j” no’ lu deliğin üzerindeki su sütunu yüksekliği h_j ’dir. Yataydaki referans düzlemi deniz yüzeyi olarak alınırsa herhangi bir deliğin deniz seviyesinden yüksekliği - h_j ’dir. Bu derinlikteki ortam basıncı, o derinlik üzerindeki suyun özgül ağırlığı sabit varsayılarak $\gamma_a h_j$ ’dir; ancak, genel halde basıncı p_{aj} ile ifade edilecektir.

2.6.5 Debi İncelemesi

2.6.5.1 Enerji Eşitliği

Akışkanlar mekaniğinde yararlı veya mekanik enerji, potansiyel enerji, kinetik enerji ve basınç enerjisidir. Ancak, böylesi bir akışkanlar mekaniğinde enerji dikkate alınmaz; dikkate alınan hali birim ağırlık başına enerji veya hidrolik yüküdür. Potansiyel, kinetik veya basınç enerjileri ise bu durumda sırasıyla referans yüksekliği, hız yüksekliği ve basınç yüksekliği olarak belirtilir. Bu üç terimin toplamı ise toplam hidrolik yük olarak bilinir.

Akışkanlar mekaniğinde enerji eşitliği başlangıç toplam hidrolik yükünün son toplam hidrolik yük artı yük kaybı şeklinde oluşturulur. Yararlı enerji miktarı, başlangıçtan son konumuna taşınan sıvının tek bir birim ağırlığı başına ısıya dönüşmüştür.

2.6.5.2 Deliklerde Akış

Çok delikli boru (yayıcı) içinden j no'lu delikten deniz ortamına doğru dışarı akış durumu düşünüldüğünde enerji eşitliği aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$-h_j + \frac{V_j^2}{2g} + \frac{p_j}{\gamma_d} = -h_j + \frac{u_j^2}{2g} + \frac{p_{aj}}{\gamma_d} + k_1 \frac{u_j^2}{2g} \quad (2.12)$$

Burada g yerçekimi ivmesi, k_1 boyutsuz yersel veya küçük yük kaybı katsayısıdır. Eşitlik 2.12'deki son terim daha sonra yersel yük kaybı olarak gösterilirse, bu eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$u_j = \sqrt{1/(1+k_1)} \sqrt{2g} \sqrt{E_j} \quad (2.13)$$

Burada,

$$E_j = \frac{p_j - p_a}{\gamma_d} + \frac{V_j^2}{2g} \quad (2.14)$$

var olan (net) hidrolik yükün bir ölçüsüdür.

Delikten çıkan debi,

$$q_j = C'_{dj} a_j u_j \quad (2.15)$$

Burada C'_{dj} , j numaralı delikteki büzülme katsayısıdır.

Eşitlik 2.13 ve 2.14 birleştirilerek deşarj katsayısı yazılabilir:

$$C_{dj} = C'_{dj} / \sqrt{1+k_1} \quad (2.16)$$

$$q_j = C_{dj} a_j \sqrt{2g} \sqrt{E_j} \quad (2.17)$$

Tam dolu akış halinde j numaralı çan ağızlı delik için deneysel “deşarj katsayısı” C_{Dj} eşitliği [17] aşağıdadır:

$$C_{Dj} = 0,975 \left\{ 1 - \frac{V_j^2 / 2g}{E_j} \right\}^{3/8} \equiv 0,975 \{1 - J\}^{3/8} \quad (2.18a)$$

$$C_D = 0,63 - 0,58V^2 / (2gE) \quad (2.18b)$$

Bu eşitlik sadece delik (nozül) 4:1 büzülme oranının veya daha büyük olması durumunda ve sadece $d_j < 0,1D_j$ koşulu için kullanılabilir. Farklı delikler için V_j ve E_j farklı olacağı için C_{Dj} değerinin de yayıcı boyunca değişken olacağı açıktır.

C_D deşarj katsayısının elde edilmesinde kullanılan iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi Mcnown, J.S., Rawn, A.M., Bowerman, F.R., Brooks, N.H., tarafından verilen grafik yöntemdir [10,18]. Diğeri ise Brooks, tarafından sunulan formül ile hesaplamadır [9,16]. C_D deşarj katsayısının formül ile hesaplanması ancak $d/D < 0.1$ şartı sağlandığında mümkündür [9]. Burada D: boru çapıdır. C_D katsayısının grafik yöntem ile hesaplanması pratik olmayan bir yöntemdir. Ancak grafik ile elde edilen C_D değerleri deneysel sonuçlara dayandığından çoğunlukla herhangi bir ön koşul aranmaksızın tasarımda kullanılabilir [4,19]. C_D değerlerinin formül yardımıyla hesaplanması ise doğrudan sayısal değer verdiği için oldukça pratiktir. Formül ile elde etme yöntemi daha çabuk sonuç vermesi dolayısıyla kullanım şartları kısıtlı olmasına rağmen her şart için yaygın olarak kullanılması tercih edilen bir yöntemdir. (2.18a) numaralı denklem çan ağızlı delik tipi için kullanılmaktadır. İlk delik için C_D deşarj katsayısı 0.91 alınır. (2.18b) numaralı denklem ise keskin kenarlı delik tipleri için kullanılır. Keskin kenarlı delik tiplerinde ilk delik için C_D deşarj katsayısı 0.61 alınır. Yayıcıdan çıkan debi incelendiğinde, su kaynağı (yukarı) tarafından delikten deliğe çalışmak akış yönündeki (aşağı) tarafta çalışmaktan çok daha kolaydır. Sonuç olarak, yukarıdaki bir noktadaki (j+1) koşulların elde edilebilmesi için, hemen aşağıdaki noktanın koşullarının bilindiği varsayılır. Örneğin Şekil 25’te görüldüğü gibi, daha sonra şunların bilindiği varsayılır: Debiler Q_{j-1} , q_j , Q_j ; hızlar V_{j-1} , u_j ve V_j ; basınçlar p'_{j-1} ve p_j ; delik merkezi terfi yükseklikleri h_j ve h_{j+1} .

“j” no’ lu boru kısmında enerji denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$h_{j+1} + \frac{V_j^2}{2g} + \frac{p'_j}{\gamma_d} = h_j + \frac{V_j^2}{2g} + \frac{p_j}{\gamma_d} + h_{lj} \quad (2.19)$$

Sadeleştirilirse:

$$h_{j+1} + \frac{p'_j}{\gamma_d} = h_j + \frac{p_j}{\gamma_d} + h_{lj} \quad (2.20)$$

Eşitlik 2.20'nin sağ tarafındaki son ifade yük kaybı (sürekli yük kaybı) olup, başlangıçta bilinmez. Eşitlik 2.20'deki hemen bilinen terimler, h_{j+1} , h_j ve p_j/γ_d olup, sürekli yük kaybı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir (boru pürüzlülüğünden kaynaklı yük kaybının yanı sıra, belli boru bölümlerinin de (örneğin muayene bacası) yük kayıplarını içermesi zorunludur):

$$h_{lj} = f_j \frac{1}{D_j} \frac{V_j^2}{2g} \quad (2.21)$$

Eşitlik 2.21'deki f_j borunun oransal pürüzlülüğü ve Reynolds sayısının bir fonksiyonu olarak Darcy-Weisbach sürtünme faktörüdür. Oransal pürüzlülük ϵ/D_j oranıdır ve Reynolds sayısı aşağıda verilmiştir:

$$R_j = \frac{V_j D_j}{\nu} \quad (2.22)$$

Burada ν akan sıvının kinematik viskozitesidir. f_j 'nin belirlenmesi bilinen ϵ/D_j ve R_j değerleri ile Moody diyagramı [20] kullanılarak gerçekleştirilir. Moody diyagramı standart akışkanlar mekaniği kitaplarında [21, 22] verilmiştir. f_j bilindiğinden yük kaybı belirlenebilir ve sonra $\frac{p'_j}{\gamma_d}$ eşitlik 2.20'den elde edilebilir. Bir yayıcıdaki akış analizi yapıldığında, ana debi bir delikten geçerken ana debinin toplam hidrolik yükünün sabit olduğu varsayımı kabul edilebilir.

$$\frac{V_{j+1}^2}{2g} + \frac{p_{j+1}}{\gamma_d} = \frac{V_j^2}{2g} + \frac{p'_j}{\gamma_d} \quad (2.23)$$

Burada sağ taraf bilinmektedir. Eşitlik 2.14'ün sağ tarafı ile Eşitlik 2.23'ün sol tarafı karşılaştırıldığında $j+1$ no'lu deliğin dışındaki ortam basıncı p_{aj+1} 'in bilindiği varsayımı ile E_{j+1} 'in bilindiği görülür. Fakat, $V_{j+1}^2/2g$ ifadesi bilinmemektedir ve eşitlik 2.18'deki C_{Dj+1} için bu terime gereksinim vardır. İlk deneme olarak, $V_j^2/2g$, eşitlik 2.18'deki $V_{j+1}^2/2g$ yerine kullanılarak C_{Dj+1} 'in bir ilk yaklaşık değerinin belirlenmesi için kullanılabilir. Daha sonra, q_{j+1} 'e ilk yaklaşım eşitlik 2.17 kullanılıp hesaplama yapılarak belirlenebilir.

$$Q_{j+1} = Q_j + q_{j+1} \quad (2.24)$$

V_{j+1} 'e ilk yaklaşık değer ise süreklilik denklemi kullanılarak aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$V_{j+1} = Q_{j+1} / \left(\frac{\pi}{4} D_{j+1}^2 \right) \quad (2.25)$$

$V_{j+1}^2/2g$ için ikinci bir yaklaşım daha sonra bulunmaktadır ve işlem tekrarlanabilir. Yeterli sayıdaki tekrarlama işlemi istenen V_{j+1} 'in küçük farklılıkları değerleri için ardışık olarak gerçekleştirilerek elde edilir. Pek çok durumda, delikteki deşarj borudaki debinin sadece küçük bir miktarını oluşturur ve ilk deneme kullanımı eşitlik 2.18'deki gerçek açık deniz tarafındaki hız yüksekliği yeterlidir.

Burada tarifi yapılan işlemler borunun kıyı tarafına doğru sürdürülebilir. Bütün seri için doğal başlangıç yeri kıyıdan en uzaktaki deliktir. Bu delikte hesaplamalara başlamak için E_1 değeri için bir kabul yapılmalıdır. Genel bir delik halinde, aşağıdaki süreklilik denklemi ile elde edilerek hesaplanmış boru akış hızına eşitlik 2.18'in kullanılmasıyla kabul edilen hız yüksekliği uyması için önceden bazı yinelemeler yapılması gereklidir.

$$Q_1 = q_1 \quad (2.26)$$

Hesaplamalar kıyı tarafına doğru kıyı tarafındaki en son deliğe (N nolu delik) ulaşıncaya kadar adım adım sürdürülür. Yayıcıdan akan toplam deşarj debisi bütün deliklerdeki debilerin toplamı oluncaya kadar veya basitçe proje debisi ile deliklerdeki deliklerin toplamı birbirine eşit oluncaya kadar ($Q = Q_N$) hesaplamalar sürdürülür. Ayrıca p_N basınç değeri de önemli bir büyüklüktür.

Her bir delikte daha önce belirtilen kriterlerin kontrolü gerçekleştirilir. Örneğin, açık deniz tarafına doğru ara bir noktada delik alanları toplamı bu bölgedeki boru en kesit alnını aşarsa boru alanının artırılması gerekebilir.

2.7 YAPILAN ÇALIŞMALAR

Deşarj tesisleri, başta denizler ve okyanuslara evsel atıksuların uygun bir şekilde verilmesi için geliştirildiğinden çalışmaların çoğu bu konu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Alıcı ortam, daha yoğun olan tuzlu su, deşarj edilecek atıksu ise daha küçük yoğunluklu tatlı su olduğundan, yapılan çalışmalarda çok yoğun ortam içerisine az yoğun olan akışkanın verilmesi durumu üzerinde durulmuştur. Daha önce de kullanılmakla birlikte deniz deşarj yapılarının tasarımı ile ilgili bilgileri bir araya getiren çalışma Rawn, Bowerman ve Brooks tarafından gerçekleştirilmiştir [18]. Bu çalışma bir deşarj tesisinin tasarımı için gerekli kriterlerin çoğunu ve formülleri içermektedir. Tasarım için gerekli eşitliklerin geliştirilmesi konusu ayrıca Caderwall tarafından çalışılmıştır [23, 24]. Caderwall, bu çalışmalarında boru üzerindeki deliğe doğru hareket ederek esas akış yönünden sapan akışkanın yük kayıplarının hesaplanmasını sağlayan matematik yaklaşımı belirlemiştir.

Deniz deşarjı tesislerinin düzgün biçimde çalışabilmeleri için incelenmesi gereken en önemli parametreler iç hidrolik parametreleridir. Özellikle deniz suyu, akışın bulunmadığı noktalara girerek tıkanmalara neden olabileceğinden bu durumu

önleyebilmek için deşarj borusu üzerindeki bütün deliklerde tam dolu akışın sağlanması gerekmektedir. Tüm deliklerde tam dolu akışın sağlanması için yayıcı iç hidroliği üzerinde pek çok deneysel ve teorik araştırma gerçekleştirilmiştir. Nemlioğlu [25] ve Berkün ve Nemlioğlu [26] tarafından yayıcı iç hidroliğinin ilk delikteki toplam hidrolik yük, yayıcı boru iç yüzey pürüzlülüğü ve eğimdeki değişimlerin yayıcı iç hidroliğini etkileme miktarları teorik olarak incelenmiştir. Yayıcı boru içerisinde evsel atıksu akıtılması durumunda zamana bağlı olarak sürekli değişiklik gösteren pürüzlülük parametresinin hidrolik etkileşimi yine Berkün ve Nemlioğlu [27] tarafından incelenmiştir. Bu etkileşimlerin çeşitli hatalara neden olabileceği yapılan bazı çalışmalarda görülmüştür. Nemlioğlu [28] tarafından tasarım ve yapım aşamasında oluşabilecek bazı hatalar belirtilmiştir. Özellikle deşarj tesisinin ilk kurulumu aşamasında yayıcıya tasarlandığı debiden daha az debi ulaşması sonucu oluşabilecek olumsuz durumların önüne geçilebilmesi için deşarjın zamana bağlı olarak planlı gerçekleştirilmesi gerektiği Nemlioğlu ve Berkün [29] tarafından ortaya konulmuştur. Yine Nemlioğlu [30,31,32] tarafından iç hidrolik verileri ile ilgili özellikle delik tipinin değiştirilmesi ile hidrolik verimi düşük yayıcısı olan deşarj tesislerinde, kullanım ömrünün etkin bir şekilde arttırılabileceği belirtilmiştir.

Charlton, Davies ve Bethune [33] yaptıkları deneysel çalışmalar ile delik sayısı ve hidrolik yük değişimine bağlı olarak deniz suyunun tatlı su deşarjı sırasında yayıcıdan içeri girişini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda belli delik sayılarında deniz suyunun içeri akışının önlenmesinde kullanılacak minimum hidrolik yükün delik sayısına bağlı değişimi elde edilmiştir. Yine Charlton [34] tarafından deniz suyunun içeri akışının önlenmesinde venturi kullanımının bir çözüm yöntemi olabileceği belirlenmiştir. Wilkinson [35] deniz suyunun deliklerden içeri girişini engellemek için çalışmıştır. Burrows, Ali, Davies ve Wose [36] içeri giren deniz suyunun püskürtülmesi üzerine çalışmışlardır. Deniz suyunun yayıcının içine girmesi hidrolik parametrelerin değişimine neden olacaktır. Bu durum o denli önemlidir ki “duckbill” gibi elastik kontrol vanalarına ihtiyaç duyulmuştur. Lee, Karandikar ve Horton [37] yaptıkları çalışmada elastik kontrol vanası “duckbill”i incelemişlerdir.

Guo ve Sharp [38] deniz deşarjı sistemlerinin hidroliği üzerine çalışmalar yapmıştır. Deniz deşarjı sistemlerinde iç hidrolik parametreleri tesisin hızlı boyutlandırılması ve başarımının değerlendirilmesinde son derece önemlidir. Economopoulou ve Economopoulos [39] yaptıkları çalışmada hesaplar için çözüm önerileri getirmiştir.

C_D katsayısının hesaplanmasında çok daha çabuk sonuç vermesi dolayısıyla kullanım şartları sınırlı olmasına rağmen şartlar göz önüne alınmadan formül kullanımına ağırlık verilmektedir. Yayıcı hidrolik hesaplarının en önemli parametrelerinden biri C_D katsayısıdır. Bu yüzden C_D katsayısının doğru hesaplanması tesisi tümüyle etkileyen bir faktördür. Tesisin, ilk kullanımdan tasarım debisine ulaşıncaya kadar iç hidroliğinin düzgün olması çok hassas bir konudur. Hesaplarda oluşan bir sapma tesisi kötü yönde etkileyecektir. C_D katsayısının doğru hesaplanmaması, tesisin amaçlanan debi dışında bir debiye göre tasarlanmasına böylece tesisin ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmasına veya kullanım ömrünün planlanandan az olmasına neden olacaktır. Böyle bir sapma tesisin kısmen yada tamamen devreden çıkmasına neden olabilir. Bu nedenlerle bu konunun incelenmesi gereklidir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada deniz deşarjı yayıcıları iç hidroliği hesaplarında etkin hidrolik parametrelerden biri olan C_D katsayılarının farklı yöntemlerle hesaplanmasının yayıcı tasarım üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Deniz deşarjı yayıcıları arasında karşılaştırma yapabilmek için sistemlerin aynı hidrolik parametreler kullanılarak ve aynı projelendirme kurallarına uyularak boyutlandırılması gerekmektedir. Bu yüzden çalışmada üzerinde inceleme yapılacak deniz deşarjı yayıcı sistemi şu şekilde seçilmiştir:

Çıkış uçları doğrudan yayıcı borunun enkesitinde yatay eksen üzerinde yükseltici boru kullanılmaksızın açılmıştır. Yayıcının ucu denize açıktır. Çıkış ucu şekilleri ve tiplerinin ne gibi bir etki oluşturduğunun belirlenebilmesi için de yapılan çalışmalar çan ağızlı çıkış ucu (ÇA), keskin kenarlı çıkış ucu kalın et kalınlıklı boruda (KKKB) ve keskin kenarlı çıkış ucu ince et kalınlıklı boruda (KKİB) seçenekleri için yenilenmiştir. Çıkış uçları dairesel olup çan ağızlı çıkış uçları çan şeklinde, keskin kenarlı çıkış uçları ise silindir şeklinde yayıcı boru duvarı içinde yer alacak biçimde tasarlanmıştır. Keskin kenarlı çıkış ucunun kalın et kalınlıklı boruda olma şartı $(t/d) \geq 1$ ve ince et kalınlıklı boruda olma şartı $(t/d) < 0,5$ tir. Burada t : yayıcı boru et kalınlığı d : çıkış ucu çapıdır.

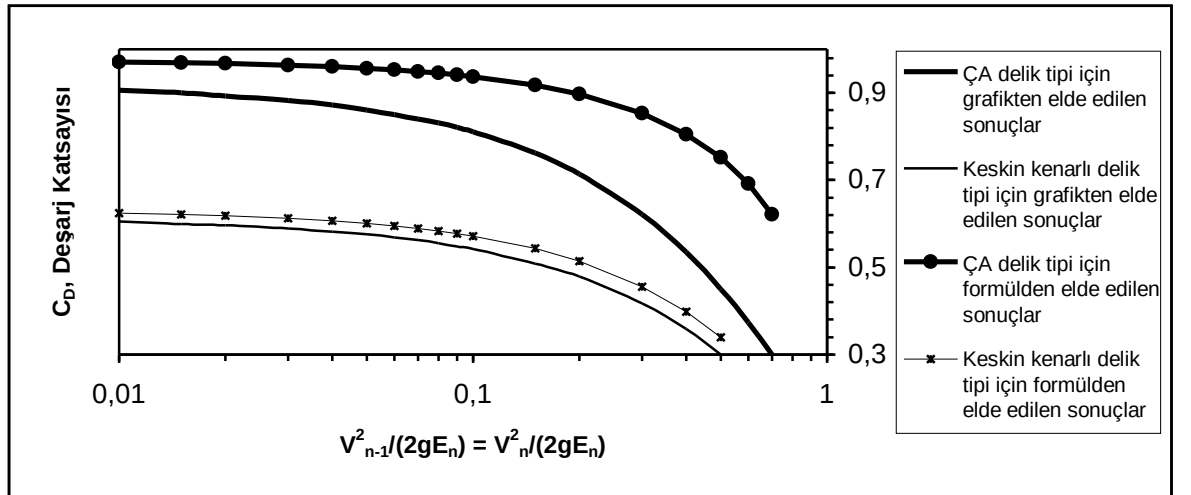
Bu çalışma için öncelikle başlangıç hidrolik yükü (E_1) değeri sırasıyla 0,25m , 0,50m, 0,75m ve 1,00m olan dört farklı tasarım yapılmıştır. Sonra her bir başlangıç hidrolik yük değerine karşılık 30 yıllık nüfusu sırasıyla 50.000, 100.000, 200.000, ve 300.000 olan yerleşim yerlerinin ihtiyacını karşılayacak debiye göre farklı tasarımlar yapılmıştır. Bu debi değerleri İller Bankası yöntemi kullanılarak yapılan nüfus tahmin değerlerinin, günlük su ihtiyacının kişi başına 250L olduğu kabul edilerek hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Bu değerler sırasıyla 144,067 L/s, 289,35 L/s, 578,70 L/s ve 868,056 L/s olarak hesaplanmıştır.

Bu 16 farklı tasarımın hesapları farklı delik tipleri için tekrar yapılmıştır. Tasarımlarda üç farklı delik tipi kullanılmıştır. Delik tipleri dairesel olup çan ağızlı (ÇA), kalın et kalınlıklı boruda keskin kenarlı (KKKB) ve ince et kalınlıklı boruda keskin kenarlı (KKİB) olarak seçilmiştir. Bütün bu tasarımlar oluşturulduktan sonra her tasarım farklı delik çapları seçilerek yeniden hesaplanmıştır. Delik çapı olarak 10cm, 15cm ve 20 cm'lik üç farklı delik çapı seçilmiştir. Böylece farklı başlangıç hidrolik yüküne, farklı debiye, farklı delik tipine ve farklı delik çapına sahip 144 adet farklı tasarım elde edilmiştir. Elde edilen 144 adet farklı yayıcı boru tasarımının, formülden elde edilmiş C_D katsayısı değerleri kullanılarak hidrolik hesapları yapılmıştır. Sonra belirlenen bu 144 adet yayıcının, formülden elde edilmiş C_D katsayılarının kullanılarak yapıldığı hesaplarda çıkan sonuçları (boru çapı vb.) aynı kalacak biçimde grafikten elde edilmiş C_D katsayısı değerleri kullanılarak hidrolik hesapları yeniden yapılmıştır. Daha sonra her iki yöntemle hesaplanan sonuçları karşılaştırılarak bu iki yöntem arasındaki farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırmalar Tablo.2'de toplu halde gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Araştırmaların Sınıflandırılması

Delik Çapı (d)	E ₁	Delik Tipi	Nüfus (kişi)	Delik Çapı (d)	E ₁	Delik Tipi	Nüfus (kişi)	Delik Çapı (d)	E ₁	Delik Tipi	Nüfus (kişi)	Elde Edilen Değişimler
10 cm	0,25 m	CA	50.000	15 cm	0,25 m	CA	50.000	20 cm	0,25 m	CA	50.000	N - Y
			100.000				100.000				100.000	
			200.000				200.000				200.000	
			300.000				300.000				300.000	
	0,50 m	KKKB	50.000		0,50 m	KKKB	50.000		0,50 m	KKKB	50.000	n - Qt
			100.000				100.000				100.000	
			200.000				200.000				200.000	
			300.000				300.000				300.000	
	0,75 m	KKKB	50.000		0,75 m	KKKB	50.000		0,75 m	KKKB	50.000	n - q
			100.000				100.000				100.000	
			200.000				200.000				200.000	
			300.000				300.000				300.000	
	1,00 m	KKİB	50.000		1,00 m	KKİB	50.000		1,00 m	KKİB	50.000	n - CD
			100.000				100.000				100.000	
			200.000				200.000				200.000	
			300.000				300.000				300.000	

Delik tipinin seçimi deşarj yapısını önemli şekilde etkileyebilmektedir. Bu etki olumlu yönde olup deşarj yapısının ömrünü uzatabildiği gibi, delik tipi ile ilgili yaklaşımın doğru yapılmaması kullanım ömrünün kışalmasına neden olabilmektedir [32,33]



Şekil 3.26. C_D deşarj katsayısı dağılımı [18](formülden elde edilen sonuçlar Altuncu [12]tarafından grafiğe eklenmiştir.)

Şekil 26’da görüldüğü gibi formülden elde edilen C_D katsayıları ile grafik arasında farklılıklar vardır.

Yayıcılarının tasarımı yapılırken boyutlandırmaya (n=1) açık deniz tarafından başlanarak, boru iç hızı minimum olacak şekilde boru iç çapı seçilmiştir. Debinin yayıcının kıyı tarafına doğru artması sonucu, boru iç hızı maksimum değeri aştığında, boru çapı yeniden minimum hıza göre belirlenmiş ve hız her maksimuma ulaştığında boru çapı aynı şekilde minimum hıza göre boyutlandırılmıştır. Yayıcı boru çapları, boru içi hız sınırları dışında başka bir kısıtlama olmaksızın debi gereksinimlerine göre serbestçe belirlenmiştir.

Hidrolik parametrelerin farklılığından ötürü oluşabilecek karışıklığı engellemek için bütün yayıcı sistemlerin boyutlandırılmasında genel sabitler kullanılmıştır. Yayıcılarının projelendirilmesinde kullanılan parametreler şunlardır:

Açık uçlu yayıcı

Delikler arası mesafe $l = 3\text{m}$

Darcy Weisbach sürtünme katsayısı $f = 0,03$

Yayıcı yatay olarak yerleştirilmiştir

Çıkış uçları kesit toplamının boru enkesitine oranı 0,55

Hız limitleri : $0.60 \text{ m/s} - 0.90 \text{ m/s}$

Yerçekimi ivmesi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Deniz deşarjı tesisleri yerleşim merkezlerinin 30 yıl sonraki tahmini nüfus değerlerine göre projelendirilmiştir. Nüfus tahmin yöntemi olarak Türkiye’de yaygın olarak kullanılan İller Bankası yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem nüfus artış hızı sınırlandırılmış bir geometrik artış metodudur. [40]

$$y = y_s (1 + p)^{30+t_y} \quad (3.1)$$

$$p = \left(\sqrt[3]{\frac{y_s}{y_i}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (3.2)$$

Burada :

y : Gelecekteki nüfus

y_s : Son nüfus değeri

y_i : İlk nüfus değeri

t_y : Son nüfus yılı ile projenin yapıldığı yıl arasındaki sene farkı,

p : Nüfus artış hızı sayısı ($p > 3$ ise $p=3$ $p < 1$ ise $p=1$ alınır.)

a : İki sayım arasındaki yıl farkı

Tasarlanan yayıcıların hesapları sonucunda elde edilen debi değerleri hem $p=1$ alınarak hem de en olumsuz koşul olarak $p=3$ alınarak her debiye karşılık gelen nüfus değerleri bulunmuştur. Yayıcının ilk tasarımı en az $t_p=30$ yıl için yapılmıştır. Ancak delik çapı $d=20 \text{ cm}$ olarak sabit tutulduğundan daha yüksek t_p değerleri de kullanılmıştır. Debi değerlerinin karşılık geldiği nüfus değerleri günlük su ihtiyacının kişi başına 250L olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır [41,42]. Elde edilen nüfus değerlerinin karşılık geldiği yıllar bulunarak iki yöntem arasındaki nüfus ve yıl farkları ortaya çıkarılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. 10 CM DELİK ÇAPLI YAYICILAR

4.1.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar

Çan ağızlı delik tipine ve 10 cm delik çapına sahip olan 16 farklı yayıcı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımlarda 4 farklı kapasite değeri (50.000, 100.000, 200.000, 300.000 nüfus olmak üzere) ve her kapasite için 4 farklı başlangıç hidrolik yükü değeri (0,25m, 0,50m, 0,75m, 1,00m) kullanılmıştır. Çan ağızlı delik tipine sahip yayıcı tasarımları için C_D katsayılarının hem formülden elde edilmesi ile yapılan hesapların hem de grafikten elde edilmesiyle yapılan hesapların sonucu elde edilen değerler Tablo.3’de birlikte verilmiştir. Tablo.4 ‘de bu iki farklı yöntemle hesaplanan C_D katsayılarına göre yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar verilmiştir.

KKKB ve KKİB delik tipine sahip yayıcı tipleri için de her biri için 16 adet farklı tasarım olmak üzere 32 farklı tasarım yapılmıştır. Bu tasarımların hesapları da her iki yöntemle elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yenilenmiştir. KKKB delik tipine sahip yayıcı hesapları Tablo.5’te bu hesaplar sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırması Tablo.6’da verilmiştir. Tablo.7’de KKİB delik tipine sahip yayıcıların hesapları Tablo.8’de ise KKİB delik tipine sahip yayıcı hesap sonuçlarının karşılaştırması verilmiştir.

Şekil.27, Şekil.28, Şekil.29, ve Şekil.30’da sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki C_D katsayısı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda ki N-Y ilişkileri gösterilmiştir. Böylece her iki yöntemle hesaplanan yayıcıların delik sayıları aynı olmasına rağmen karşıladıkları nüfus değerleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur.

Şekil.31’de her üç delik tipi için aynı deliklere karşılık gelen toplam debiler arasındaki farklar gösterilmiştir. Şekil.32, Şekil.33, Şekil.34, ve Şekil.35’te sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki nüfus artış hızına göre elde edilen sonuçlarda ki N- t_p ilişkileri gösterilmiştir.

Önce formülden elde edilen C_D katsayıları kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Daha sonra bu hesaplar sonucunda çıkan değerler (boru çapı vb.) aynen alınarak grafikten elde edilen C_D katsayıları kullanılarak hesaplar yenilenmiştir. Formülden elde edilen C_D katsayıları kullanıldığında yapılan hesaplarda deliklerden çıkan debi miktarının grafik yöntemden daha fazla olduğu görülmüştür. Dolayısı formülden elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yapılan tasarımlarda karşılanması gereken debi miktarını sağlayacak delik sayısı grafik yöntemden daha az olmaktadır. Bu farklılığı gösterebilmek için grafiklerde her iki yöntemle hesaplanan yayıcının da toplam delik sayısı olarak, formülden elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yapılan hesaplardaki delik sayıları gösterilmiştir. Bu sayede aslında hesaplar sonucunda kapasiteyi sağladığını düşündüğümüz formül yöntemden elde ettiğimiz sonuçların grafik yöntem ile karşılaştırıldığında aslında istediğimiz kapasitenin altında kaldığı görülmektedir. Bu, formül yöntem ile hesaplanan yayıcının gerekli debiyi sağlayamadığını (gerçekte

deliklerden çıkan debi miktarı daha az olduğundan) dolayısı ile de yayıcının, hesaplanan süreden daha önce proje ömrünü tamamladığını göstermektedir.

Tablo 4.3 CA delik tipi için elde edilen sonuçlar (d=10 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,1 (m)	50000 144,67	1	0.25	9	0.9508	155.19	53045	53607	32	37	0.8569	138.69	47130	47573	28	25
		2	0.50	7	0.9563	167.04	56275	57474	34	44	0.8681	153.71	53045	53076	32	36
		3	0.75	5	0.9274	144.71	50000	50000	30	30	0.8712	135.03	45757	46636	27	23
		4	1.00	5	0.9621	167.12	56275	57474	34	44	0.8809	156.62	53045	53607	32	37
	100000 289,35	5	0.25	17	0.9353	304.15	103000	105101	31	35	0.8249	268.86	91514	92348	27	22
		6	0.50	12	0.9503	290.18	100000	100000	30	30	0.8540	264.71	88849	91434	26	21
		7	0.75	10	0.9442	293.23	100000	101000	30	31	0.8867	271.16	91514	93272	27	23
		8	1.00	9	0.9683	303.70	103000	104060	31	34	0.8989	282.56	97087	97059	29	27
	200000 578,70	9	0.25	31	0.9493	581.30	200000	200000	30	30	0.8534	510.47	172522	175733	25	17
		10	0.50	24	0.9553	593.89	200000	204020	30	32	0.8662	538.97	183028	184697	27	22
		11	0.75	20	0.9520	594.72	200000	204020	30	32	0.8916	546.74	188519	188409	28	24
		12	1.00	17	0.9631	579.27	200000	200000	30	30	0.8846	536.11	183028	184697	27	22
	300000 868,056	13	0.25	45	0.9513	872.63	300000	300000	30	30	0.8574	762.73	258783	263599	25	17
		14	0.50	35	0.9569	879.44	300000	303000	30	31	0.8705	795.91	274542	274302	27	21
		15	0.75	29	0.9661	870.01	300000	300000	30	30	0.8928	797.80	274542	274302	27	21
		16	1.00	26	0.9627	892.43	300000	306030	30	32	0.8837	823.95	282779	285440	28	25

Tablo 4.4 CA delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	9	16.50	10.63	0.0939	9.87	5915	6034	11.15	11.26	4	12	12.50	32.43
2	7	13.33	7.98	0.0882	9.22	3230	4398	5.74	7.65	2	8	5.88	18.18
3	5	9.68	6.69	0.0562	6.06	4243	3364	8.49	6.73	3	7	10.00	23.33
4	5	10.50	6.28	0.0811	8.43	3230	3867	5.74	6.73	2	7	5.88	15.91
5	17	35.29	11.60	0.1104	11.81	11486	12753	11.15	12.13	4	13	12.90	37.14
6	12	25.46	8.77	0.0963	10.13	11151	8566	11.15	8.57	4	9	13.33	30.00
7	10	22.06	7.52	0.0575	6.09	8486	7728	8.49	7.65	3	8	10.00	25.81
8	9	21.14	6.96	0.0694	7.17	5913	7001	5.74	6.73	2	7	6.45	20.59
9	31	70.84	12.19	0.0959	10.10	27478	24267	13.74	12.13	5	13	16.67	43.33
10	24	54.92	9.25	0.0891	9.33	16972	19323	8.49	9.47	3	10	10.00	31.25
11	20	47.98	8.07	0.0604	6.34	11481	15611	5.74	7.65	2	8	6.67	25.00
12	17	43.16	7.45	0.0785	8.15	16972	15303	8.49	7.65	3	8	10.00	26.67
13	45	109.90	12.59	0.0939	9.87	41217	36401	13.74	12.13	5	13	16.67	43.33
14	35	83.53	9.50	0.0864	9.03	25458	28698	8.49	9.47	3	10	10.00	32.26
15	29	72.21	8.30	0.0733	7.59	25458	25698	8.49	8.57	3	9	10.00	30.00
6	26	68.48	7.67	0.0790	8.21	17221	20590	5.74	6.73	2	7	6.67	21.88

4.1.2. KKKB delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar

Tablo 4.5 KKKB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=10 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,1 (m)	50000 144,67	1	0.25	12	0.6756	157.35	53045	54143	32	38	0.6442	150.42	51500	51515	31	33
		2	0.50	8	0.7062	145.84	50000	50000	30	30	0.6772	140.63	48544	48530	29	27
		3	0.75	7	0.7224	156.89	53045	54143	32	38	0.7041	151.89	51500	52030	31	34
		4	1.00	6	0.7432	155.49	53045	53607	32	37	0.7178	150.90	51500	52030	31	34
	100000 289,35	5	0.25	22	0.7054	302.66	103000	104060	31	34	0.6768	288.32	97087	99010	29	29
		6	0.50	16	0.7201	297.78	100000	102010	30	32	0.6920	286.26	97087	98030	29	28
		7	0.75	13	0.7368	293.81	100000	101000	30	31	0.7139	283.55	97087	97059	29	27
		8	1.00	12	0.7324	312.60	106090	107214	32	37	0.7059	302.31	103000	104060	31	34
	200000 578,70	9	0.25	40	0.7231	582.56	200000	200000	30	30	0.6949	552.78	188519	190293	28	25
		10	0.50	31	0.7303	592.34	200000	204020	30	32	0.7033	568.06	194175	196059	29	28
		11	0.75	26	0.7264	596.37	206000	206060	31	33	0.6980	574.25	194175	198020	29	29
		12	1.00	23	0.7382	605.27	206000	208121	31	34	0.7124	584.31	200000	200000	30	30
	300000 868,056	13	0.25	58	0.7249	881.81	300000	303000	30	31	0.6966	834.78	282779	288294	28	26
		14	0.50	45	0.7322	876.23	300000	300000	30	30	0.7058	839.16	282779	288294	28	26
		15	0.75	38	0.7275	881.39	300000	303000	30	31	0.6995	847.86	291262	291177	29	27
		16	1.00	33	0.7391	874.32	300000	300000	30	30	0.7134	843.32	291262	291177	29	27

Tablo 4.6 KKKB delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	12	6.93	4.40	0.0315	4.66	1545	2628	2.91	4.85	1	5	3.13	13.16
2	8	5.21	3.58	0.0290	4.11	1456	1470	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00
3	7	5.00	3.19	0.0183	2.53	1545	2113	2.91	3.90	1	4	3.13	10.53
4	6	4.59	2.95	0.0254	3.41	1545	1577	2.91	2.94	1	3	3.13	8.11
5	22	14.34	4.74	0.0286	4.06	5913	5050	5.74	4.85	2	5	6.45	14.71
6	16	11.52	3.87	0.0281	3.90	2913	3980	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50
7	13	10.25	3.49	0.0229	3.11	2913	3941	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
8	12	10.29	3.29	0.0265	3.62	3090	3154	2.91	2.94	1	3	3.13	8.11
9	40	29.78	5.11	0.0282	3.90	11481	9707	5.74	4.85	2	5	6.67	16.67
10	31	24.28	4.10	0.0270	3.70	5825	7961	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50
11	26	22.12	3.71	0.0283	3.90	11825	8040	5.74	3.90	2	4	6.45	12.12
12	23	20.96	3.46	0.0258	3.50	6000	8121	2.91	3.90	1	4	3.23	11.76
13	58	47.03	5.33	0.0283	3.90	17221	14706	5.74	4.85	2	5	6.67	16.13
14	45	37.07	4.23	0.0264	3.61	17221	11706	5.74	3.90	2	4	6.67	13.33
15	38	33.53	3.80	0.0280	3.84	8738	11823	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
16	33	30.99	3.54	0.0258	3.49	8738	8823	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00

4.1.3. KKİB delik tipli ve 10 cm delik çaplı yayıcılar

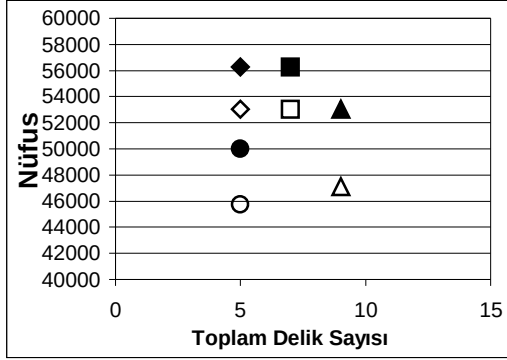
Tablo 4.7. KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=10 cm)

Çap D(m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,1 (m)	50000 144,67	1	0.25	14	0.5714	155.20	53045	53607	32	37	0.5734	148.79	50000	51005	30	32
		2	0.50	10	0.6040	153.56	53045	53076	32	36	0.5804	147.98	50000	50500	30	31
		3	0.75	8	0.6025	149.67	51500	51515	31	33	0.5788	144.74	50000	50000	30	30
		4	1.00	7	0.6140	151.42	51500	52030	31	34	0.5923	146.83	50000	50500	30	31
	100000 289,35	5	0.25	25	0.5960	291.92	100000	100000	30	30	0.5707	275.64	94260	95147	28	25
		6	0.50	19	0.6121	297.35	100000	102010	30	32	0.5905	285.67	97087	98030	29	28
		7	0.75	16	0.6094	303.37	103000	104060	31	34	0.5870	292.61	100000	101000	30	31
		8	1.00	14	0.6180	305.20	103000	105101	31	35	0.5988	295.01	100000	101000	30	31
	200000 578,70	9	0.25	47	0.5991	586.33	200000	202000	30	31	0.5748	546.41	188519	188409	28	24
		10	0.50	36	0.6012	580.47	200000	200000	30	30	0.5777	556.27	188519	190293	28	25
		11	0.75	32	0.6132	617.88	212180	212304	32	36	0.5916	594.67	200000	204020	30	32
		12	1.00	27	0.6093	594.75	200000	204020	30	32	0.5869	573.77	194175	198020	29	29
	300000 868,056	13	0.25	67	0.6018	872.73	300000	300000	30	30	0.5779	807.84	274542	277045	27	22
		14	0.50	53	0.6027	874.62	300000	300000	30	30	0.5792	836.32	282779	288294	28	26
		15	0.75	45	0.6154	878.94	300000	303000	30	31	0.5940	845.02	291262	291177	29	27
		16	1.00	40	0.6098	889.13	300000	306030	30	32	0.5876	857.00	291262	294089	29	28

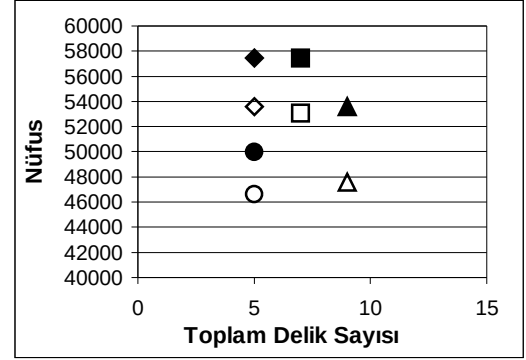
Tablo 4.8 KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=10 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	14	6.40	4.13	-0.0021	-0.36	3045	2602	5.74	4.85	2	5	6.25	13.51
2	10	5.58	3.63	0.0236	3.91	3045	2576	5.74	4.85	2	5	6.25	13.89
3	8	4.93	3.29	0.0237	3.94	1500	1515	2.91	2.94	1	3	3.23	9.09
4	7	4.60	3.04	0.0217	3.54	1500	1530	2.91	2.94	1	3	3.23	8.82
5	25	16.28	5.58	0.0253	4.24	5740	4853	5.74	4.85	2	5	6.67	16.67
6	19	11.68	3.93	0.0216	3.53	2913	3980	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50
7	16	10.76	3.55	0.0223	3.67	3000	3060	2.91	2.94	1	3	3.23	8.82
8	14	10.19	3.34	0.0192	3.10	3000	4101	2.91	3.90	1	4	3.23	11.43
9	47	39.92	6.81	0.0243	4.05	11481	13591	5.74	6.73	2	7	6.67	22.58
10	36	24.20	4.17	0.0235	3.91	11481	9707	5.74	4.85	2	5	6.67	16.67
11	32	23.21	3.76	0.0216	3.52	12180	8284	5.74	3.90	2	4	6.25	11.11
12	27	20.98	3.53	0.0224	3.68	5825	6000	2.91	2.94	1	3	3.33	9.38
13	67	64.88	7.43	0.0239	3.98	25458	22955	8.49	7.65	3	8	10.00	26.67
14	53	38.31	4.38	0.0236	3.91	17221	11706	5.74	3.90	2	4	6.67	13.33
15	5	33.92	3.86	0.0215	3.49	8738	11823	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
16	40	32.13	3.61	0.0222	3.64	8738	11941	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50

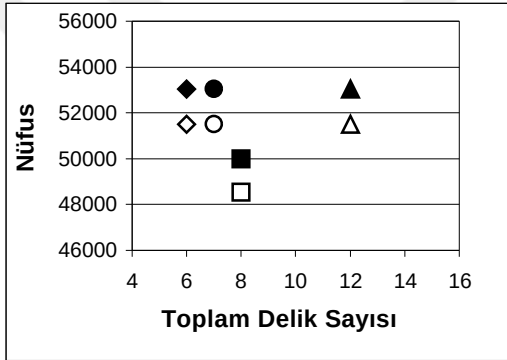
4.1.4. 10 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler



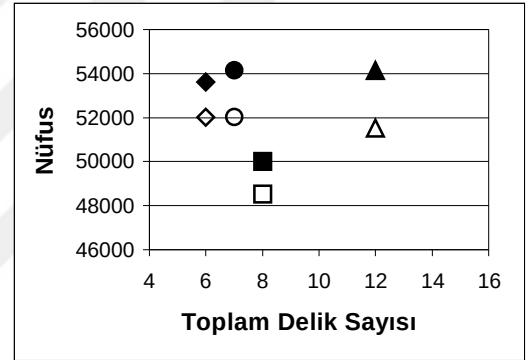
Can Ağızlı (P=3)



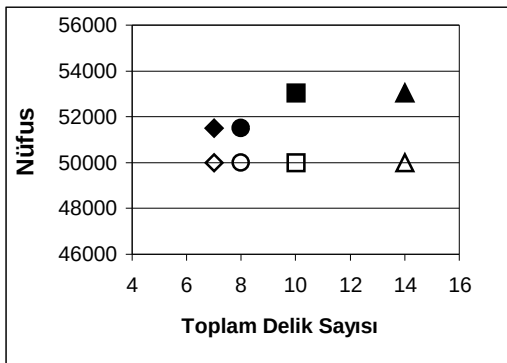
Can Ağızlı (P=1)



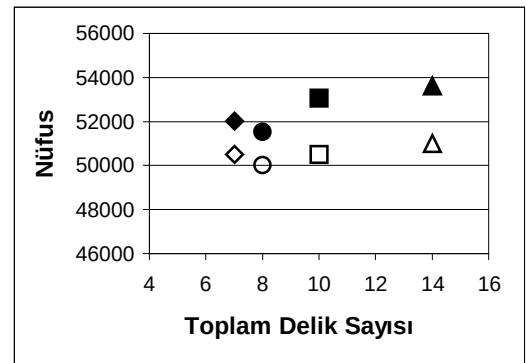
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

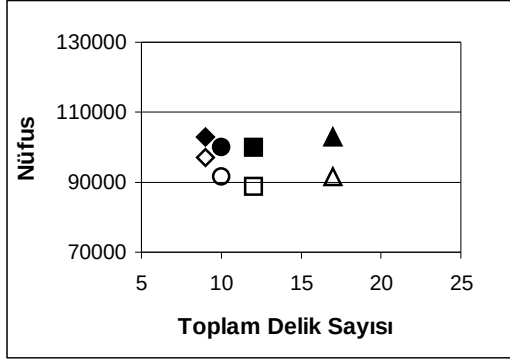


KKİB (P=3)

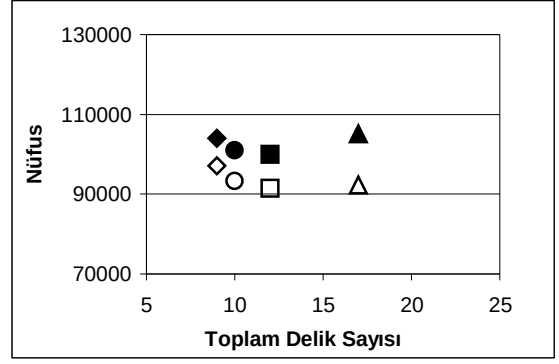


KKİB (P=1)

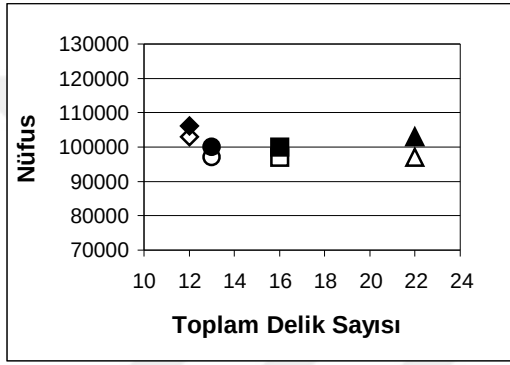
Şekil 4.27 10 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



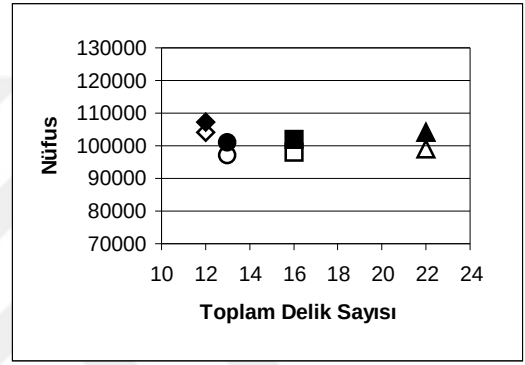
Can Ağızlı (P=3)



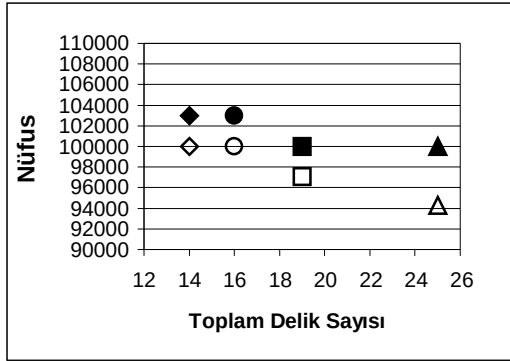
Can Ağızlı (P=1)



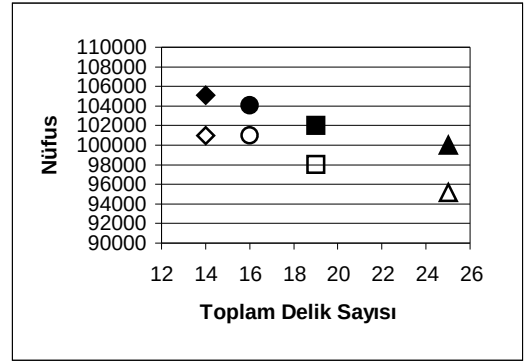
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

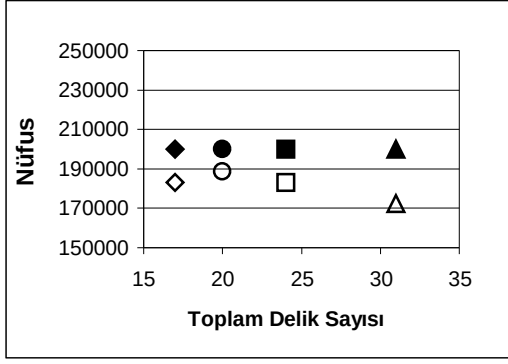


KKİB (P=3)

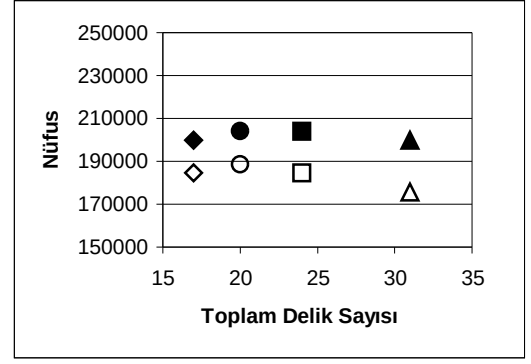


KKİB (P=1)

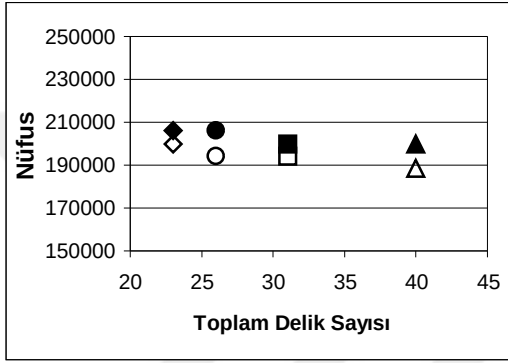
Şekil 4.28 10 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



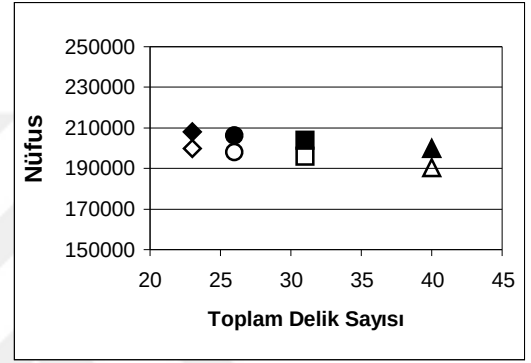
Can Ağızlı (P=3)



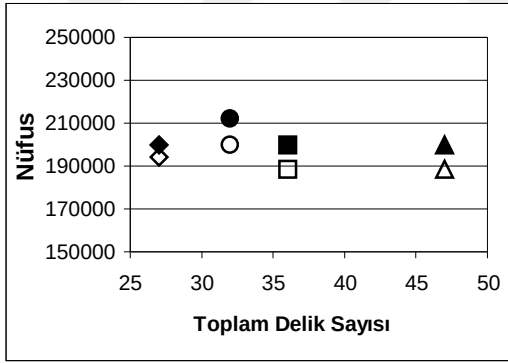
Can Ağızlı (P=1)



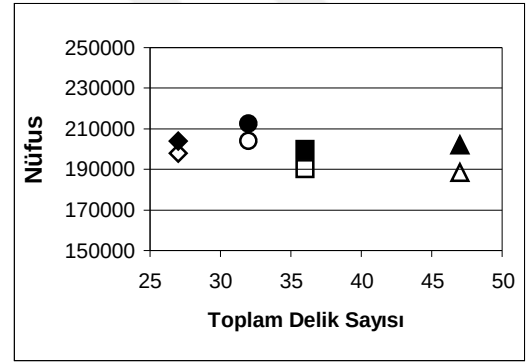
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

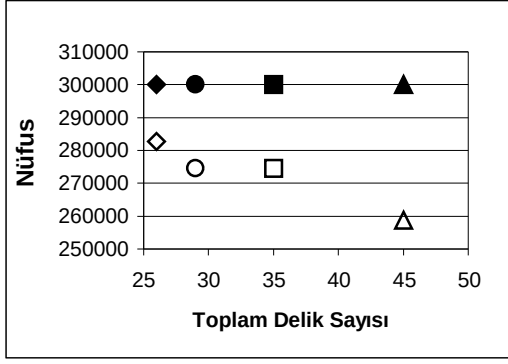


KKİB (P=3)

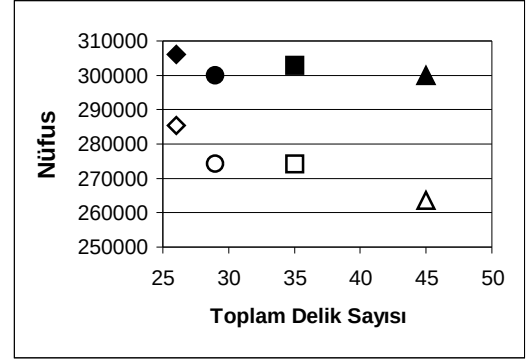


KKİB (P=1)

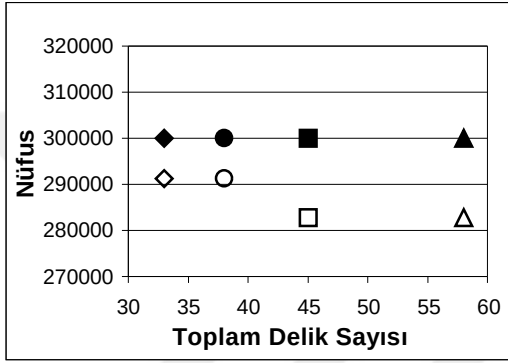
Şekil 4.29 10 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



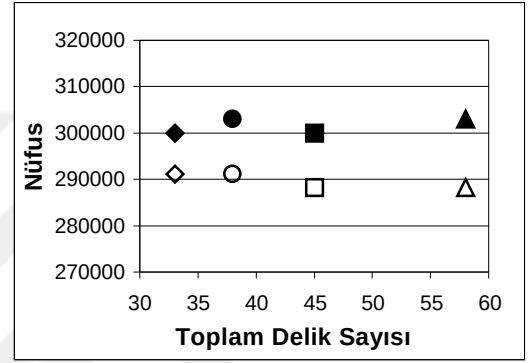
Can Ağızlı (P=3)



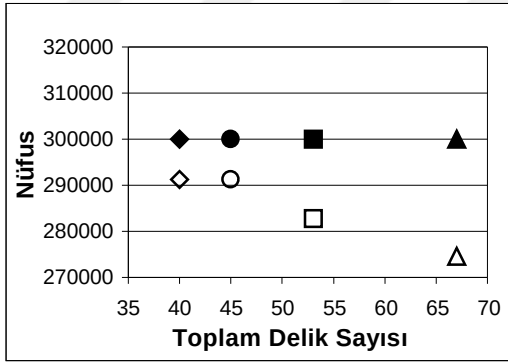
Can Ağızlı (P=1)



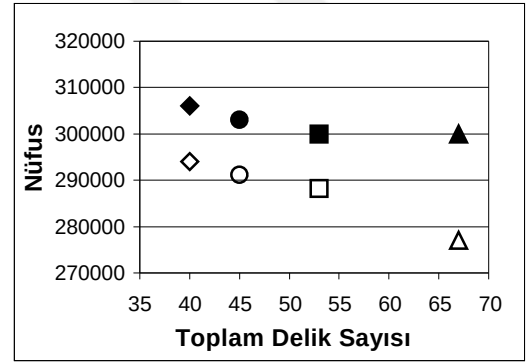
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

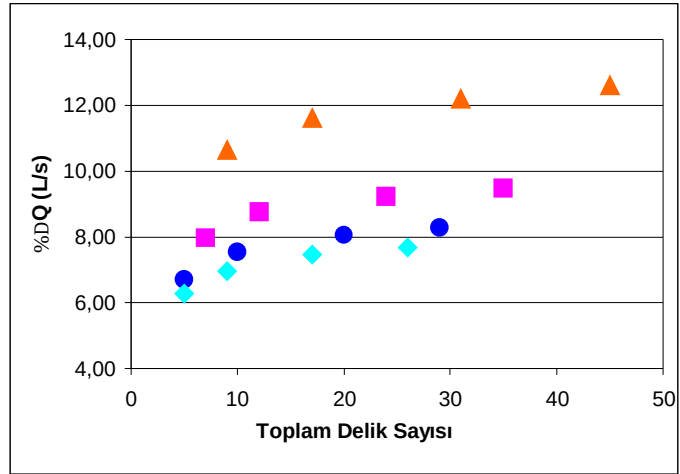


KKİB (P=3)

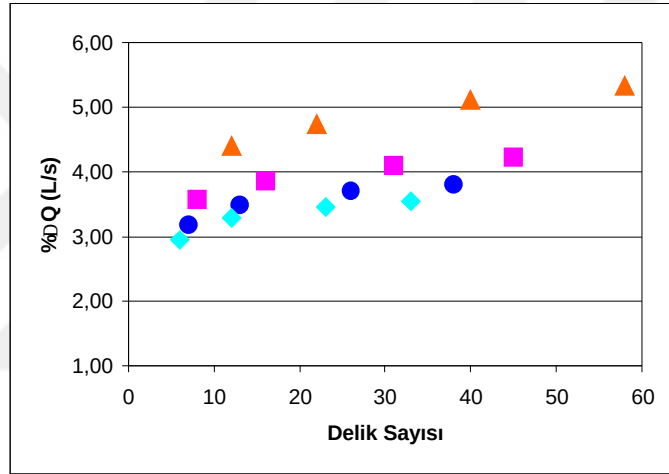


KKİB (P=1)

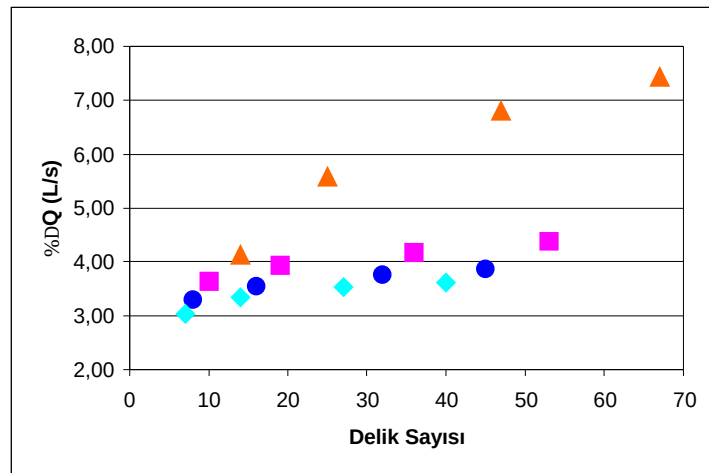
Şekil 4.30 10 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



Can Ağzılı

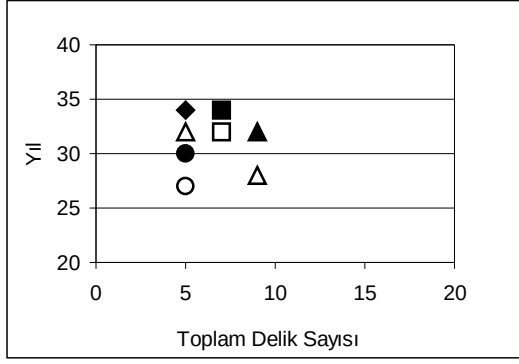


KKKB

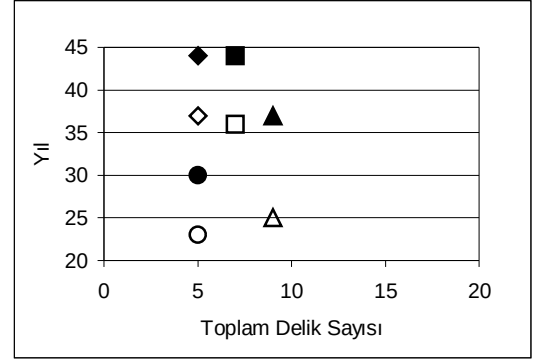


KKİB

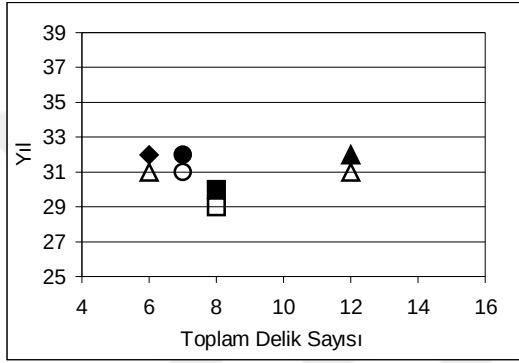
Şekil 4.31 10 cm delik çaplı yayıcılar için N-ΔQ ilişkisi



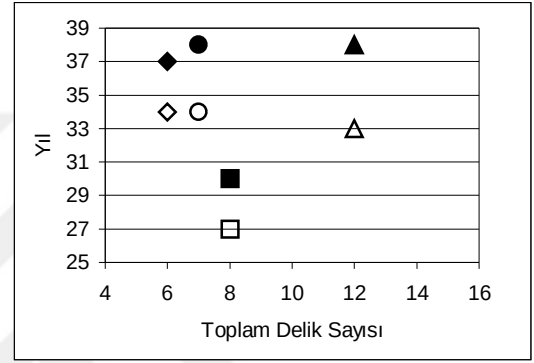
Can Ağızlı (P=3)



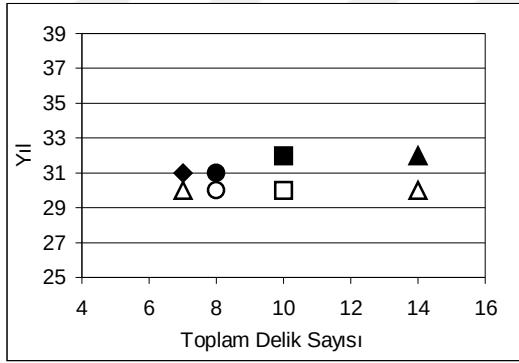
Can Ağızlı (P=1)



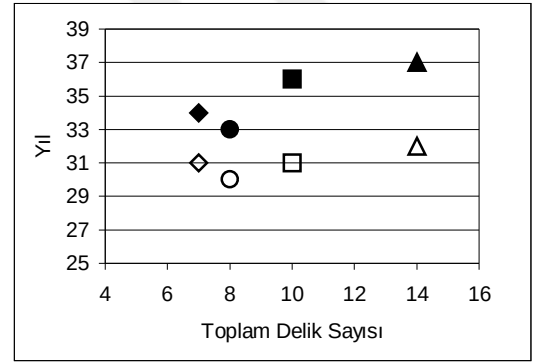
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

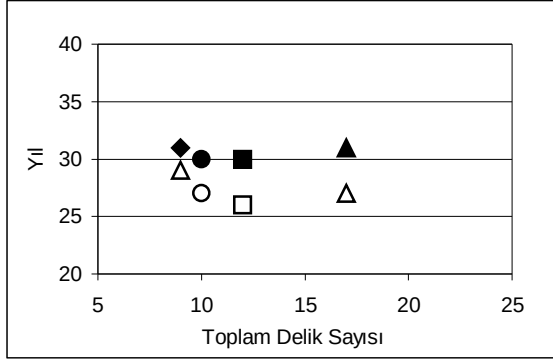


KKİB (P=3)

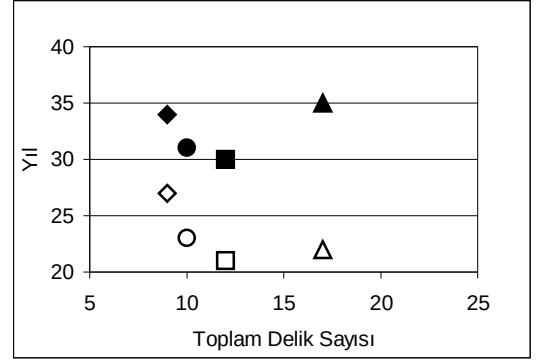


KKİB (P=1)

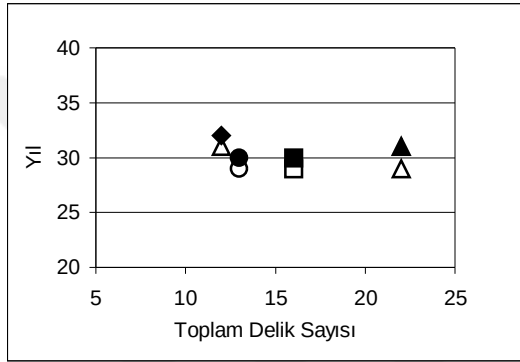
Şekil 4.32 10 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



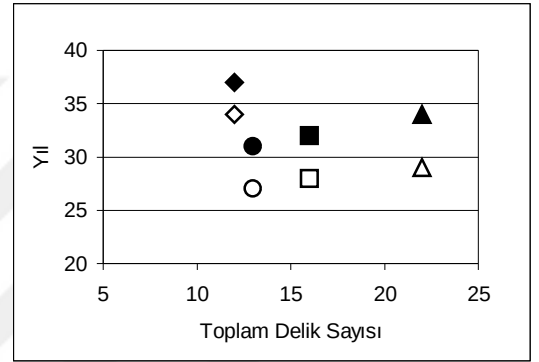
Can Ağızlı (P=3)



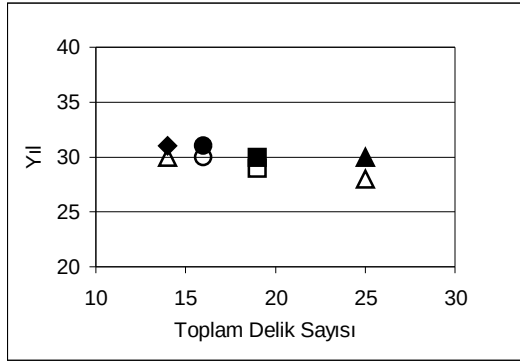
Can Ağızlı (P=1)



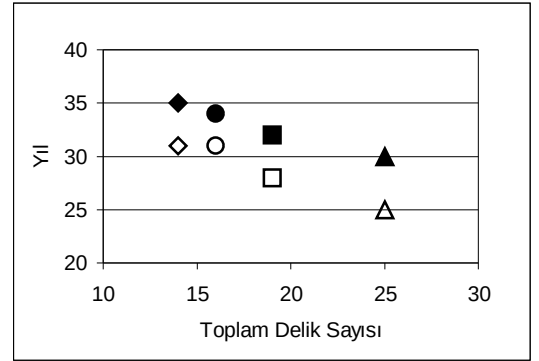
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

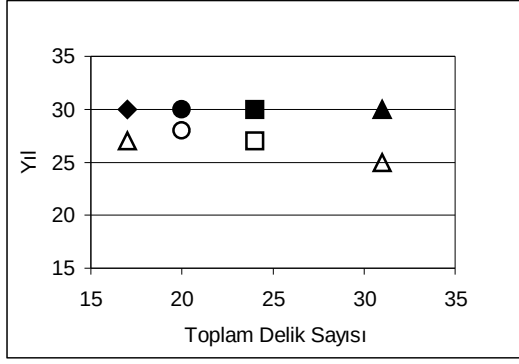


KKİB (P=3)

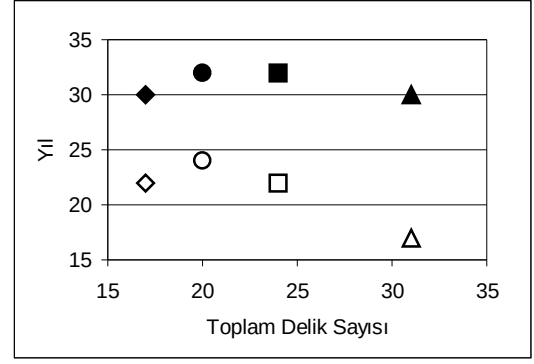


KKİB (P=1)

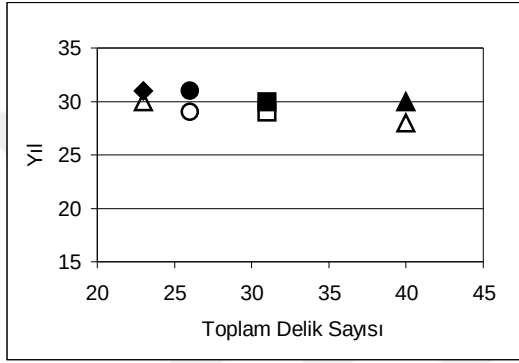
Şekil 4.33 10 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



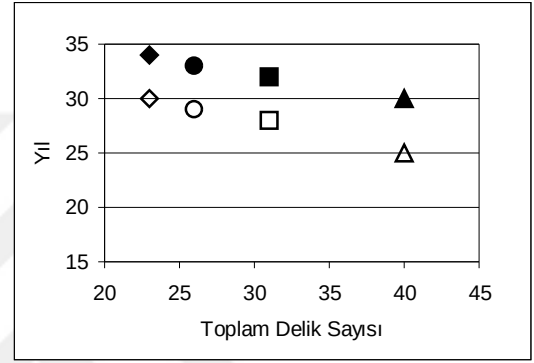
Can Ağzılı (P=3)



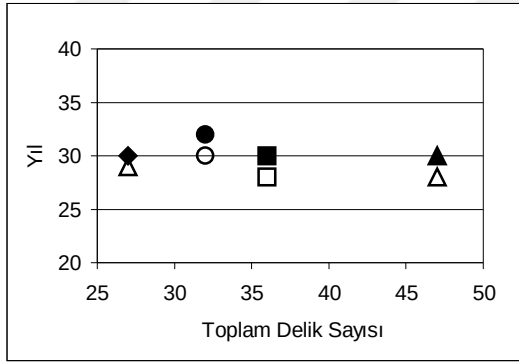
Can Ağzılı (P=1)



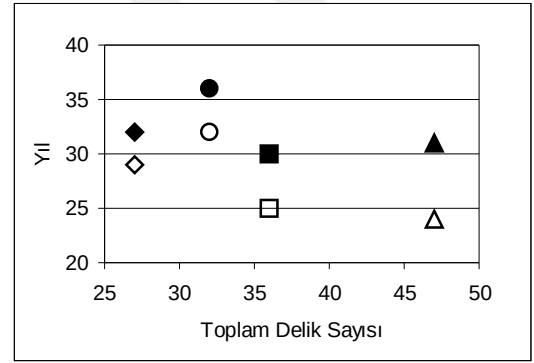
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

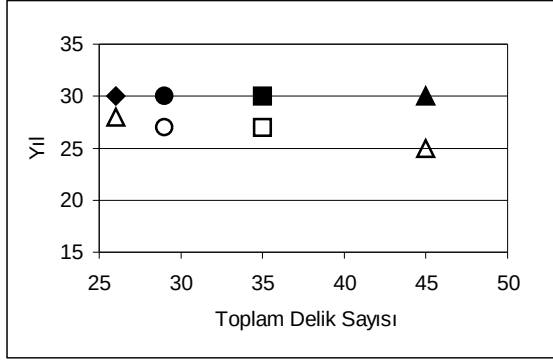


KKİB (P=3)

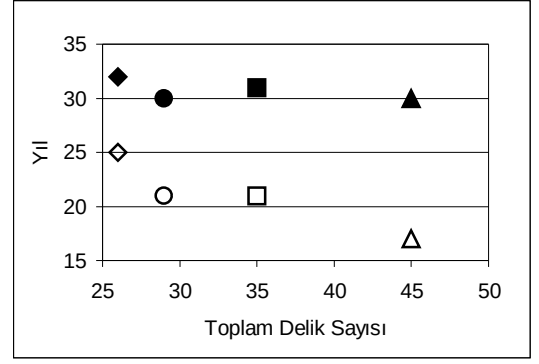


KKİB (P=1)

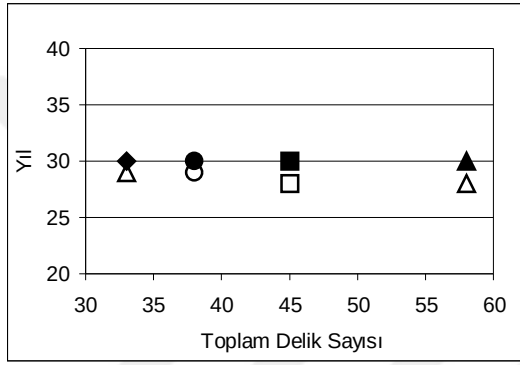
Şekil 4.34 10 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



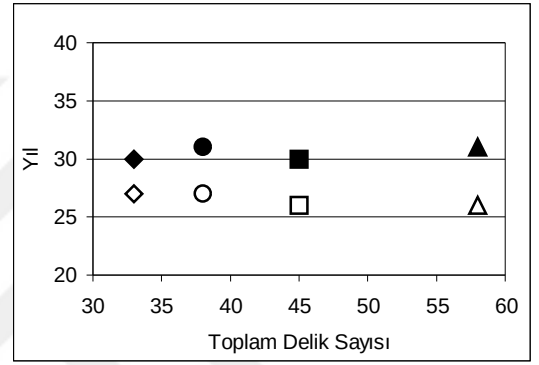
Can Ağızlı (P=3)



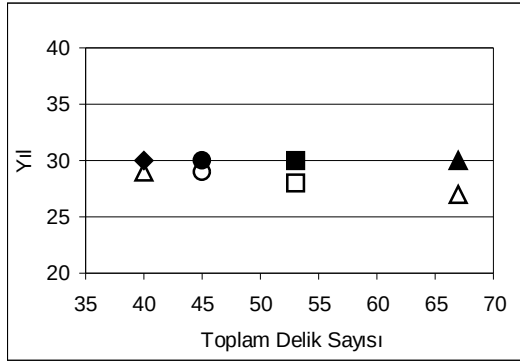
Can Ağızlı (P=1)



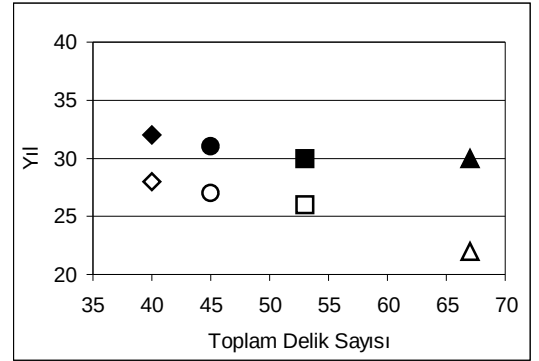
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)



KKİB (P=3)



KKİB (P=1)

Şekil 4.35 10 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi

4.2. 15 CM DELİK ÇAPLI YAYICILAR

4.2.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar

Çan ağızlı delik tipine ve 15 cm delik çapına sahip olan 16 farklı yayıcı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımlarda 4 farklı kapasite değeri (50.000, 100.000, 200.000, 300.000 nüfus olmak üzere) ve her kapasite için 4 farklı başlangıç hidrolik yükü değeri (0.25m, 0.50m, 0.75m, 1.00m) kullanılmıştır. Çan ağızlı delik tipine sahip yayıcı tasarımları için C_D katsayılarının hem formülden elde edilmesi ile yapılan hesapların hem de grafikten elde edilmesiyle yapılan hesapların sonucu elde edilen değerler Tablo.9’da birlikte verilmiştir. Tablo.10 ‘da bu iki farklı yöntemle hesaplanan C_D katsayılarına göre yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar verilmiştir.

KKKB ve KKİB delik tipine sahip yayıcı tipleri için de her biri için 16 adet farklı tasarım olmak üzere 32 farklı tasarım yapılmıştır. Bu tasarımların hesapları da her iki yöntemle elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yenilenmiştir. KKKB delik tipine sahip yayıcı hesapları Tablo.11’de bu hesaplar sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırması Tablo.12’de verilmiştir. Tablo.13’de KKİB delik tipine sahip yayıcıların hesapları Tablo.14’de ise KKİB delik tipine sahip yayıcı hesap sonuçlarının karşılaştırması verilmiştir.

Şekil.36, Şekil.37, Şekil.38, ve Şekil.39’da sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki C_D katsayısı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda ki N-Y ilişkileri gösterilmiştir. Böylece her iki yöntemle hesaplanan yayıcıların delik sayıları aynı olmasına rağmen karşıladıkları nüfus değerleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Şekil.40’de her üç delik tipi için aynı deliklere karşılık gelen toplam debiler arasındaki farklar gösterilmiştir. Şekil.41, Şekil.42, Şekil.43, ve Şekil.44’te sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki nüfus artış hızına göre elde edilen sonuçlarda ki N- t_p ilişkileri gösterilmiştir.

Tablo 4.9 CA delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,15 (m)	50000 144,67	1	0.25	4	0.9479	149.19	51500	51515	31	33	0.8481	136.53	47130	47102	28	24
		2	0.50	3	0.9605	157.49	53045	54143	32	38	0.8764	147.86	50000	51005	30	32
		3	0.75	3	0.9654	193.16	65239	66725	39	59	0.8889	182.65	61494	62858	37	53
		4	1.00	2	0.9676	147.15	50000	50500	30	31	0.8935	141.33	48544	48530	29	27
	100000 289,35	5	0.25	8	0.9223	302.88	103000	104060	31	34	0.7978	270.72	91514	93272	27	23
		6	0.50	6	0.9613	319.14	109273	109369	33	39	0.8801	294.57	100000	101000	30	31
		7	0.75	5	0.9590	324.79	109373	111567	33	41	0.8736	303.28	103000	104060	30	34
		8	1.00	4	0.9680	299.38	103000	103030	31	33	0.8972	282.33	97087	19059	29	27
	200000 578,70	9	0.25	15	0.9422	583.23	200000	200000	30	30	0.8395	517.94	177697	177940	26	18
		10	0.50	11	0.9547	591.45	200000	204020	30	32	0.8645	540.84	183028	186544	27	23
		11	0.75	9	0.9662	589.71	200000	202000	30	31	0.8927	546.29	188519	188409	28	24
		12	1.00	8	0.9617	604.16	206000	208121	31	34	0.8807	562.68	194175	194118	29	27
	300000 868,056	13	0.25	22	0.9447	871.62	300000	300000	30	30	0.8447	770.46	258783	266235	25	18
		14	0.50	17	0.9525	922.46	318270	318456	32	36	0.8592	840.12	282779	288294	28	26
		15	0.75	14	0.9647	923.05	318270	318456	32	36	0.8891	851.76	292262	294089	29	28
		16	1.00	12	0.9624	910.67	309000	312181	31	34	0.8826	845.15	291262	291177	29	27

Tablo 4.10 CA delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırılması (d=15 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	4	12.65	8.48	0.0998	10.53	4370	4413	8.49	8.57	3	9	9.68	27.27
2	3	9.63	6.11	0.0841	8.76	3045	3138	5.74	5.80	2	6	6.25	15.79
3	3	10.51	5.44	0.0764	7.92	3745	3867	5.74	5.80	2	6	5.13	10.17
4	2	5.82	3.95	0.0741	7.66	1456	1970	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
5	8	32.16	10.62	0.1245	13.49	11486	10788	11.15	10.37	4	11	12.90	32.35
6	6	24.57	7.70	0.0811	8.44	9273	8369	8.49	7.65	3	8	9.09	20.51
7	5	21.51	6.62	0.0854	8.91	6373	7507	5.83	6.73	3	7	9.09	17.07
8	4	17.04	5.69	0.0708	7.31	5913	83971	5.74	81.50	2	6	6.45	18.18
9	15	65.29	11.19	0.1026	10.89	22303	22060	11.15	11.03	4	12	13.33	40.00
10	11	50.61	8.56	0.0902	9.44	16972	17476	8.49	8.57	3	9	10.00	28.13
11	9	43.42	7.36	0.0734	7.60	11481	13591	5.74	6.73	2	7	6.67	22.58
12	8	41.48	6.87	0.0810	8.43	11825	14003	5.74	6.73	2	7	6.45	20.59
13	22	101.16	11.61	0.1000	10.59	41217	33765	13.74	11.26	5	12	16.67	40.00
14	17	82.34	8.93	0.0933	9.79	35491	30162	11.15	9.47	4	10	12.50	27.78
15	14	71.29	7.72	0.0756	7.84	26008	24367	8.17	7.65	3	8	9.38	22.22
16	12	65.52	7.19	0.0798	8.29	17738	21004	5.74	6.73	2	7	6.45	20.59

4.2.2. KKKB delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar

Tablo 4.11 KKKB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,15 (m)	50000 144,67	1	0.25	6	0.7077	169.93	57964	58629	35	46	0.6788	163.52	56275	56341	34	42
		2	0.50	4	0.7294	162.86	56275	55783	34	41	0.7015	158.04	53045	54143	32	38
		3	0.75	3	0.7391	150.24	51500	51515	31	33	0.7128	146.60	50000	50500	30	31
		4	1.00	3	0.7428	173.93	59703	59807	36	48	0.7170	169.81	57964	58269	35	46
	100000 289,35	5	0.25	11	0.6863	315.43	106090	108286	32	38	0.6557	302.11	103000	104060	31	34
		6	0.50	8	0.7068	325.43	109273	111567	33	41	0.6777	313.99	106090	108286	32	38
		7	0.75	6	0.7386	301.19	103000	104060	31	34	0.7126	291.95	100000	100000	30	30
		8	1.00	5	0.7324	290.22	100000	100000	30	30	0.7056	281.94	97087	97059	29	27
	200000 578,70	9	0.25	20	0.7106	589.58	200000	202000	30	31	0.6819	562.84	194175	194118	29	27
		10	0.50	15	0.7239	617.64	212180	212304	32	36	0.6957	594.45	200000	204020	30	32
		11	0.75	12	0.7248	604.38	206000	208121	31	34	0.6964	583.60	200000	200000	30	30
		12	1.00	10	0.7400	583.08	200000	200000	30	30	0.7142	564.39	194175	194118	29	27
	300000 868,056	13	0.25	29	0.7149	873.86	300000	300000	30	30	0.6866	832.52	282779	285440	28	25
		14	0.50	21	0.7273	870.92	300000	300000	30	30	0.6994	837.25	282779	288294	28	26
		15	0.75	18	0.7234	910.94	309000	312181	31	34	0.6952	878.48	300000	303000	30	31
		16	1.00	15	0.7387	877.41	300000	303000	30	31	0.7129	848.90	291262	291177	29	27

Tablo 4.12 KKKB delik tipi için elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması (d=15 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	6	6.41	3.77	0.0289	4.08	1689	2288	2.91	3.90	1	4	2.86	8.70
2	4	4.82	2.96	0.0279	3.83	3230	1640	5.74	2.94	2	3	5.88	7.32
3	3	3.64	2.42	0.0263	3.56	1500	1015	2.91	1.97	1	2	3.23	6.06
4	3	4.12	2.37	0.0258	3.47	1739	1538	2.91	2.57	1	2	2.78	4.17
5	11	13.32	4.22	0.0306	4.45	3090	4226	2.91	3.90	1	4	3.13	10.53
6	8	11.44	3.51	0.0290	4.11	3183	3281	2.91	2.94	1	3	3.03	7.32
7	6	9.23	3.07	0.0259	3.51	3000	4060	2.91	3.90	1	4	3.23	11.76
8	5	8.28	2.85	0.0269	3.67	2913	2941	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00
9	20	26.74	4.54	0.0287	4.04	5825	7882	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
10	15	23.20	3.76	0.0282	3.90	12180	8284	5.74	3.90	2	4	6.25	11.11
11	12	20.78	3.44	0.0284	3.92	6000	8121	2.91	3.90	1	4	3.23	11.76
12	10	18.69	3.21	0.0258	3.49	5825	5882	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00
13	29	41.33	4.73	0.0283	3.95	17221	14560	5.74	4.85	2	5	6.67	16.67
14	21	33.67	3.87	0.0279	3.84	17221	11706	5.74	3.90	2	4	6.67	13.33
15	18	32.46	3.56	0.0283	3.91	9000	9181	2.91	2.94	1	3	3.23	8.82
16	15	28.51	3.25	0.0258	3.49	8738	11823	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90

4.2.3. KKİB delik tipli ve 15 cm delik çaplı yayıcılar

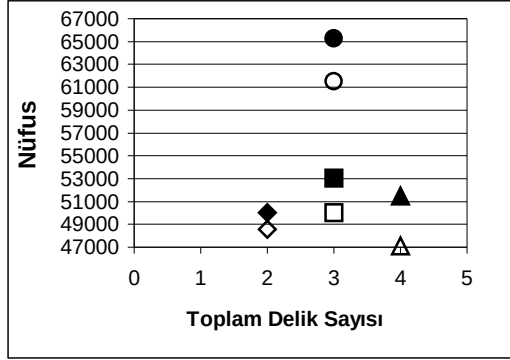
Tablo 4.13 KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=15 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,15 (m)	50000 144,67	1	0.25	7	0.5723	164.92	56275	56905	34	43	0.5649	160.89	54636	55231	33	40
		2	0.50	5	0.5922	169.29	57964	58629	35	46	0.5677	163.82	56275	56341	34	42
		3	0.75	4	0.6155	167.32	57964	58048	35	45	0.5937	162.78	56275	56341	34	42
		4	1.00	3	0.6193	144.99	50000	50000	30	30	0.5978	141.56	48544	48530	29	27
	100000 289,35	5	0.25	13	0.5793	313.48	106090	108286	32	38	0.5518	302.14	103000	104060	31	34
		6	0.50	9	0.6092	306.61	103000	105101	31	35	0.5869	295.66	100000	102010	30	32
		7	0.75	7	0.6095	293.18	100000	101000	30	31	0.5870	283.90	97087	98030	29	28
		8	1.00	6	0.6192	290.96	100000	100000	30	30	0.5980	282.38	97087	97059	29	27
	200000 578,70	9	0.25	27	0.5946	599.56	206000	206060	31	33	0.5693	571.76	194175	196059	29	28
		10	0.50	17	0.5953	586.10	200000	202000	30	31	0.5715	563.61	194175	194118	29	27
		11	0.75	14	0.6140	590.27	200000	204020	30	32	0.5870	569.79	194175	196059	29	28
		12	1.00	12	0.6099	583.80	200000	200000	30	30	0.5876	564.62	188519	194118	28	27
	300000 868,056	13	0.25	34	0.5870	871.98	300000	300000	30	30	0.5619	825.79	282779	282614	28	24
		14	0.50	25	0.5958	871.08	300000	300000	30	30	0.5721	836.57	282779	288294	28	26
		15	0.75	21	0.6137	890.59	300000	306030	30	32	0.5921	858.64	291262	294089	29	28
		16	1.00	18	0.6093	879.18	300000	303000	30	31	0.5870	849.31	291262	291177	29	27

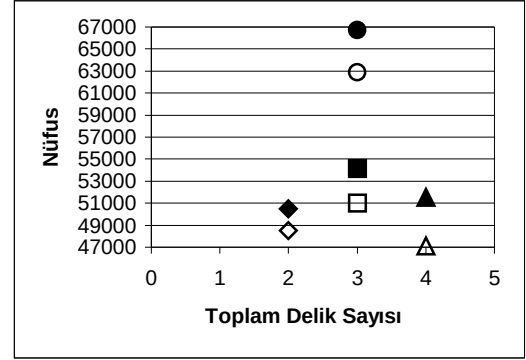
Tablo 4.14 KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=15 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	7	4.03	2.44	0.0074	1.30	1639	1674	2.91	2.94	1	3	2.94	6.98
2	5	5.47	3.23	0.0246	4.15	1689	2288	2.91	3.90	1	4	2.86	8.70
3	4	4.54	2.71	0.0218	3.54	1689	1707	2.91	2.94	1	3	2.86	6.67
4	3	3.43	2.37	0.0214	3.46	1456	1470	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00
5	13	11.34	3.62	0.0275	4.75	3090	4225	2.91	3.90	1	4	3.13	10.53
6	9	10.94	3.57	0.0223	3.67	3000	3091	2.91	2.94	1	3	3.23	8.57
7	7	9.28	3.17	0.0225	3.69	2913	2970	2.91	2.94	1	3	3.33	9.68
8	6	8.58	2.95	0.0212	3.42	2913	2941	2.91	2.94	1	3	3.33	10.00
9	27	27.80	4.64	0.0253	4.26	11825	10001	5.74	4.85	2	5	6.45	15.15
10	17	22.49	3.84	0.0238	4.00	5825	7882	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90
11	14	20.48	3.47	0.0270	4.40	5825	7961	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50
12	12	19.18	3.29	0.0223	3.65	11481	5882	5.74	2.94	2	3	6.67	10.00
13	34	46.18	5.30	0.0251	4.27	17221	17386	5.74	5.80	2	6	6.67	20.00
14	25	34.51	3.96	0.0237	3.98	17221	11706	5.74	3.90	2	4	6.67	13.33
15	21	31.95	3.59	0.0216	3.51	8738	11941	2.91	3.90	1	4	3.33	12.50
16	18	29.87	3.40	0.0224	3.67	8738	11823	2.91	3.90	1	4	3.33	12.90

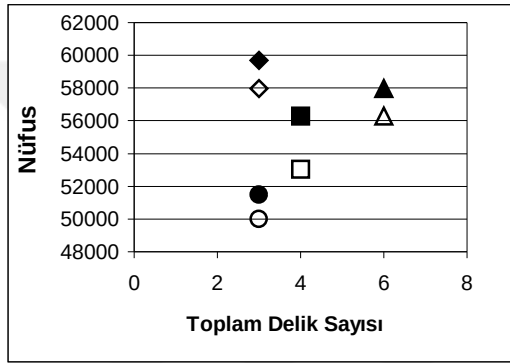
4.2.4. 15 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler



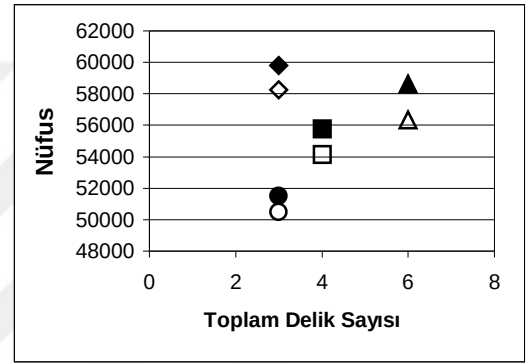
Can Ağzılı (P=3)



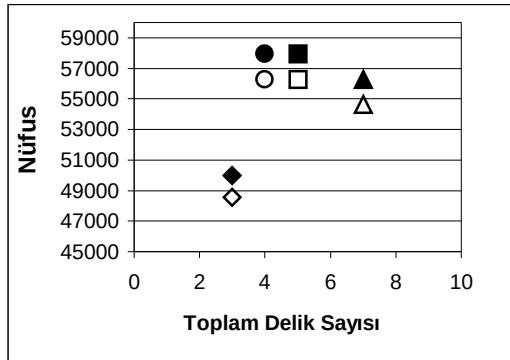
Can Ağzılı (P=1)



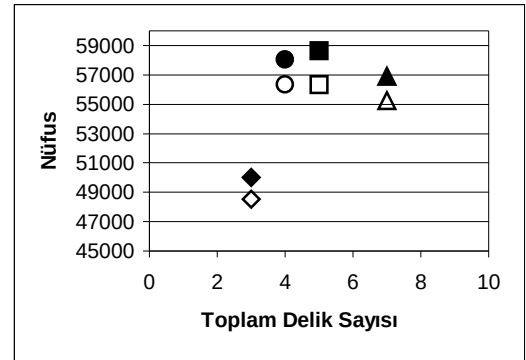
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

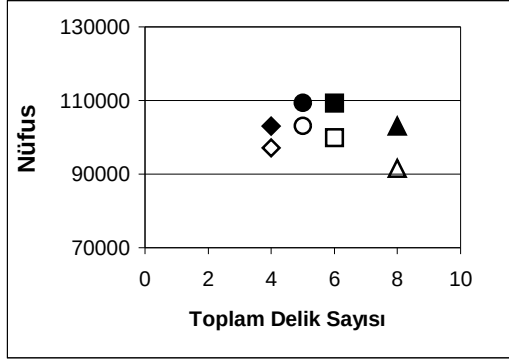


KKİB (P=3)

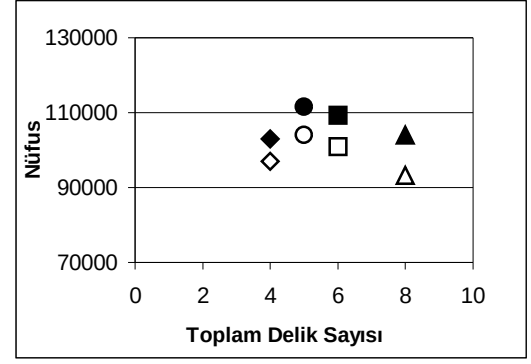


KKİB (P=1)

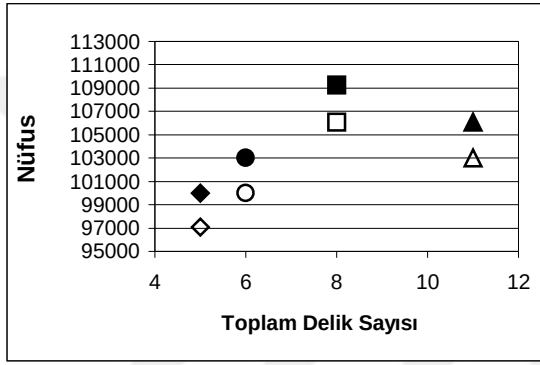
Şekil 4.36 15 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



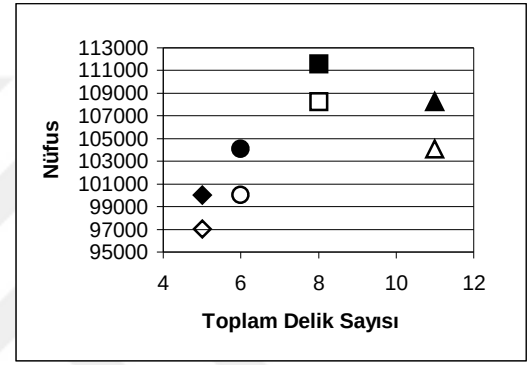
Can Ağızlı (P=3)



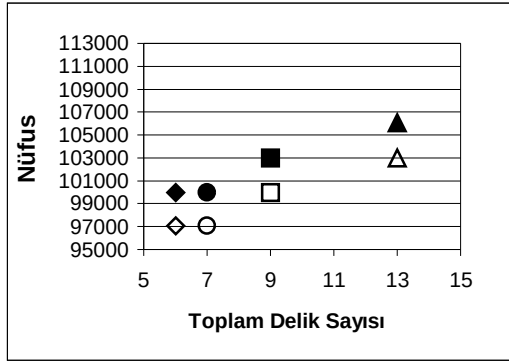
Can Ağızlı (P=1)



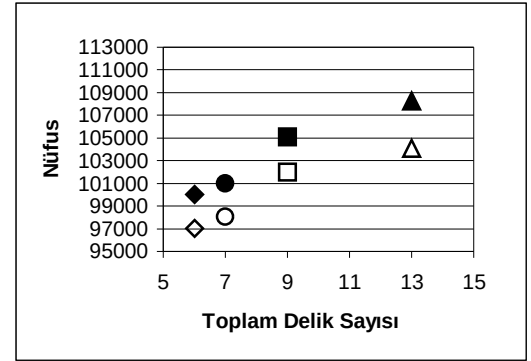
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

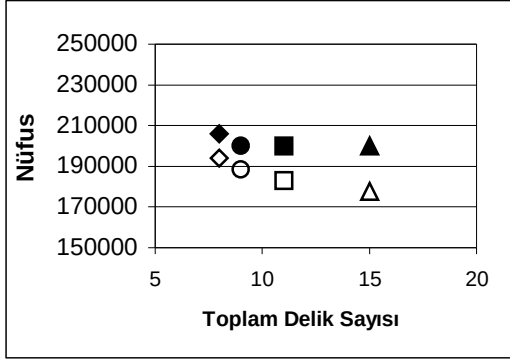


KKİB (P=3)

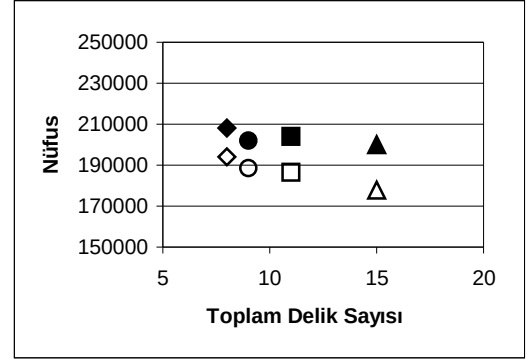


KKİB (P=1)

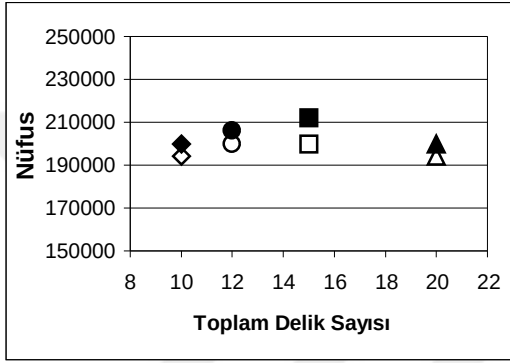
Şekil 4.37 15 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



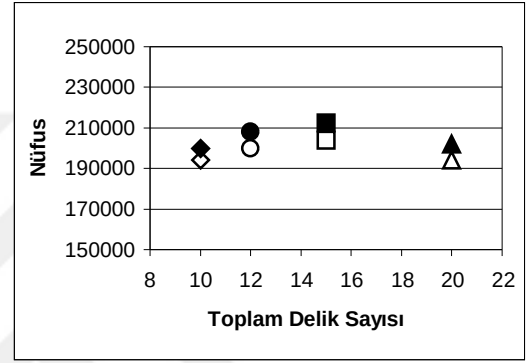
Can Ağzılı (P=3)



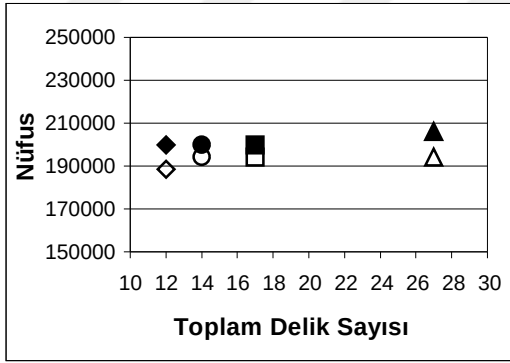
Can Ağzılı (P=1)



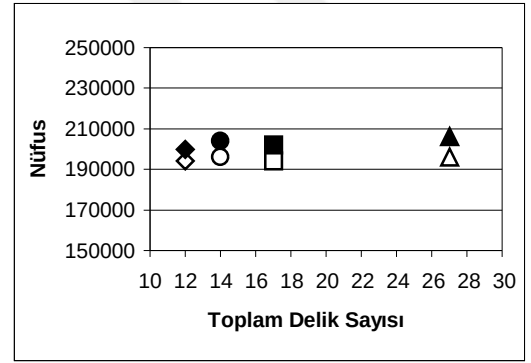
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

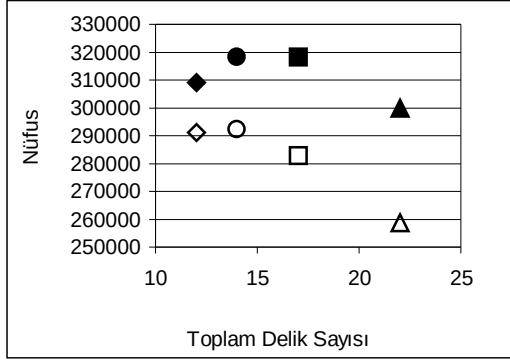


KKİB (P=3)

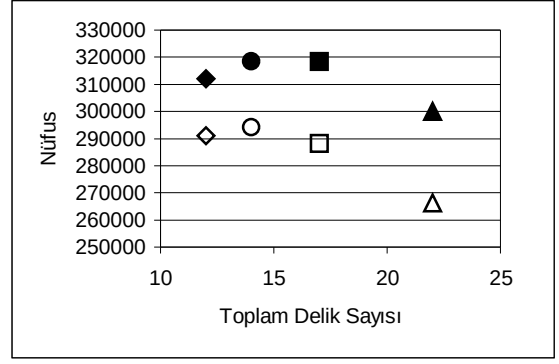


KKİB (P=1)

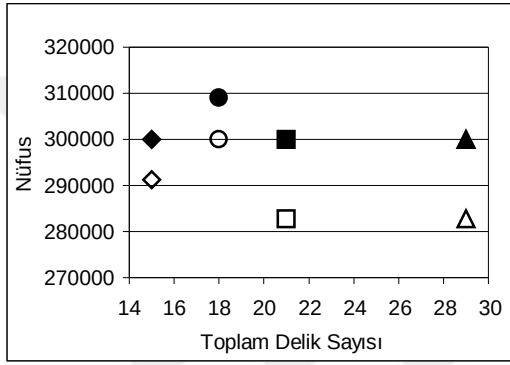
Şekil 4.38 15 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



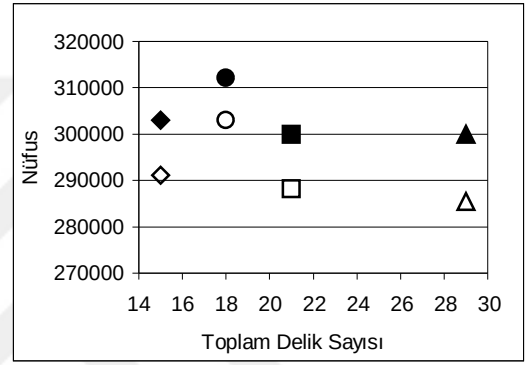
Can Ağızlı (P=3)



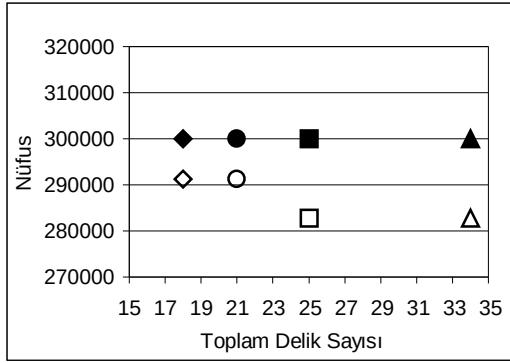
Can Ağızlı (P=1)



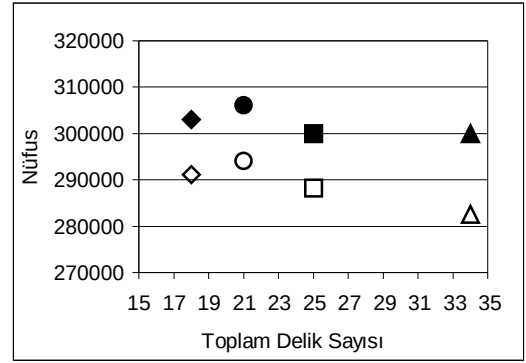
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

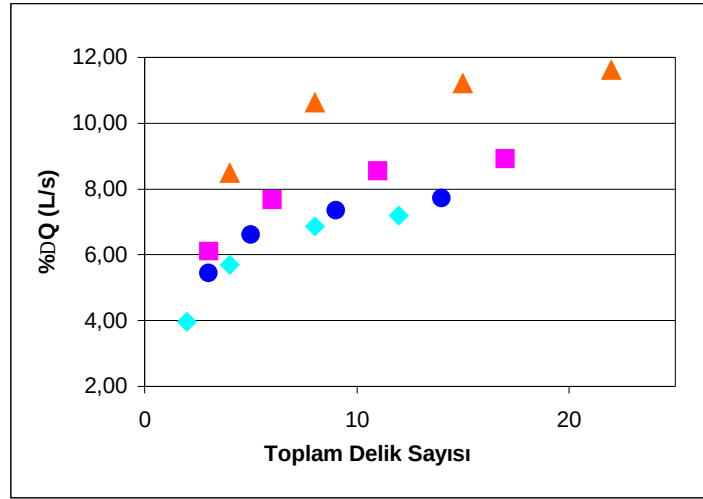


KKİB (P=3)

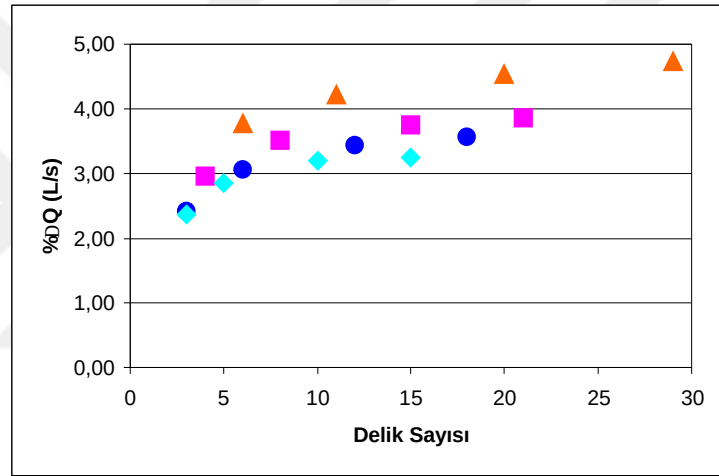


KKİB (P=1)

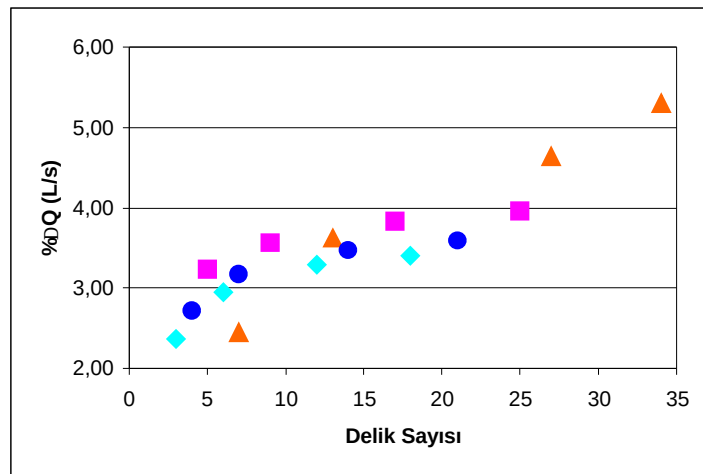
Şekil 4.39 15 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



Can Ağzılı

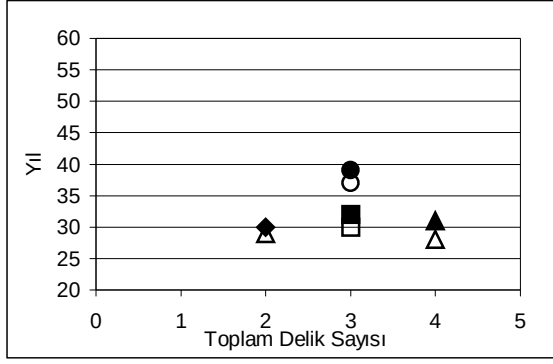


KKKB

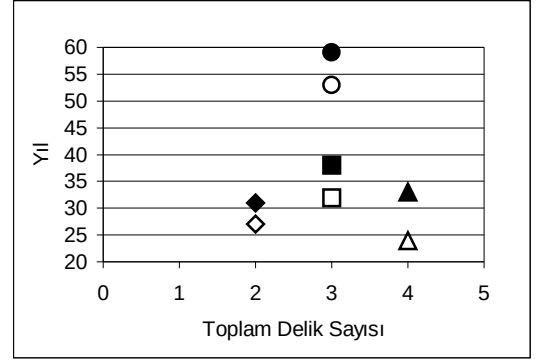


KKİB

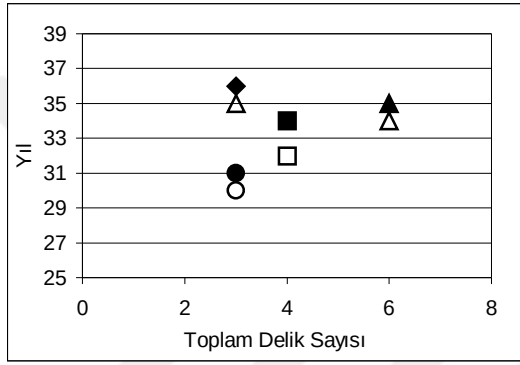
Şekil 4.40 15 cm delik çaplı yayıcılar için N-ΔQ ilişkisi



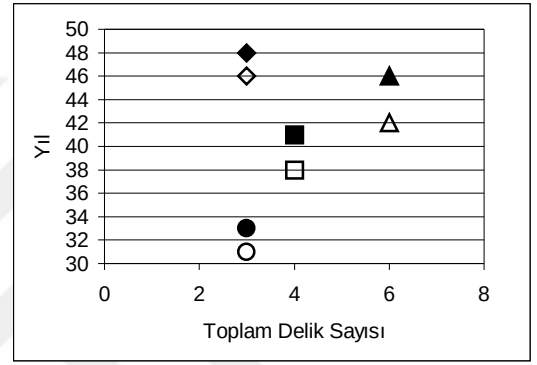
Can Ağızlı (P=3)



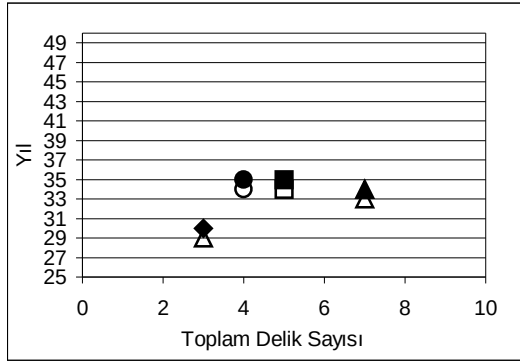
Can Ağızlı (P=1)



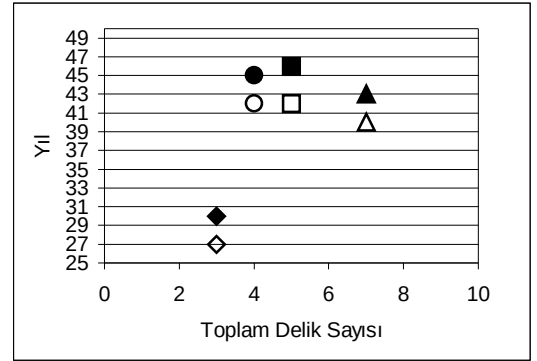
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

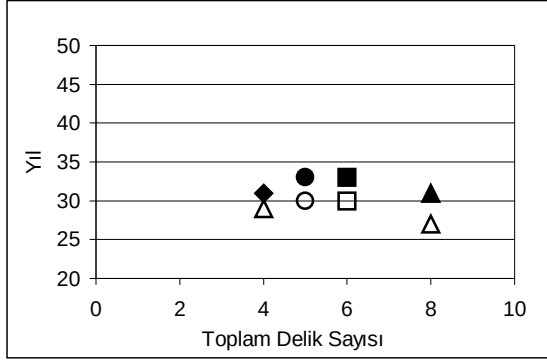


KKİB (P=3)

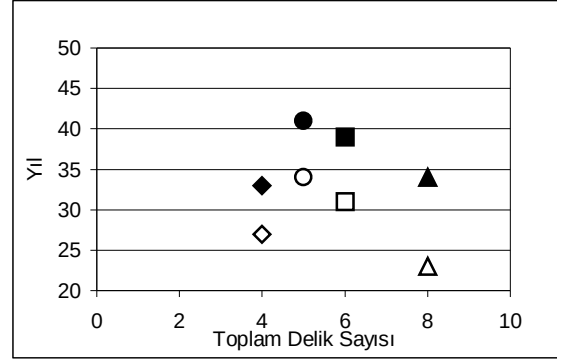


KKİB (P=1)

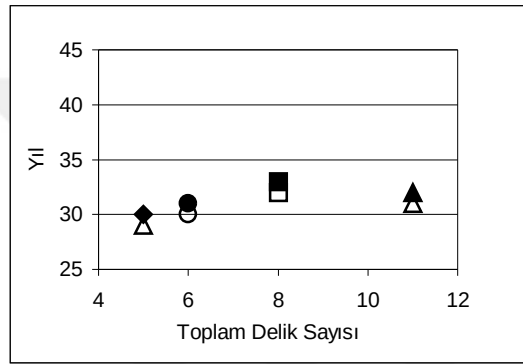
Şekil 4.41 15 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



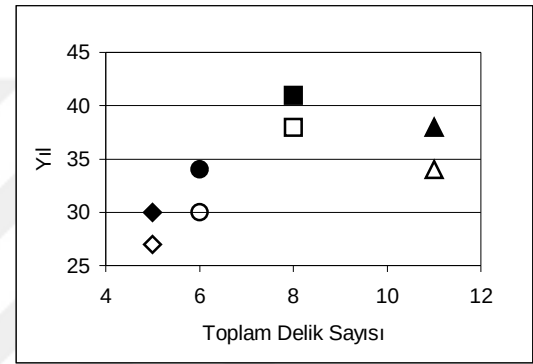
Can Ağızlı (P=3)



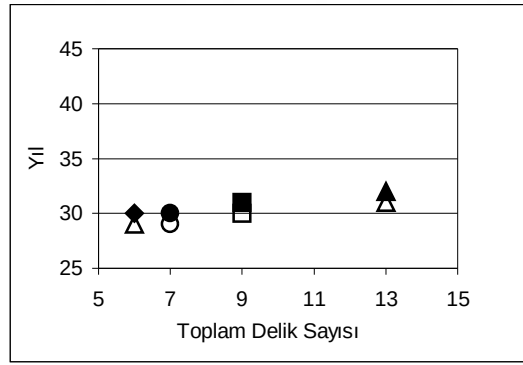
Can Ağızlı (P=1)



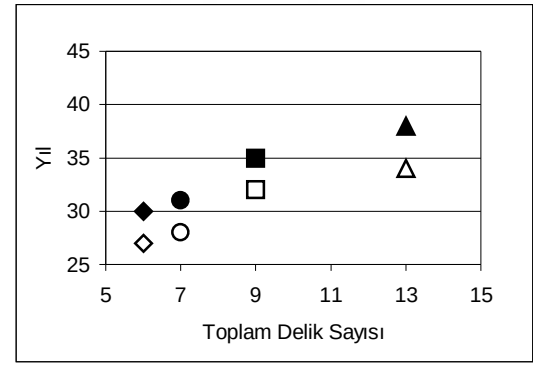
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

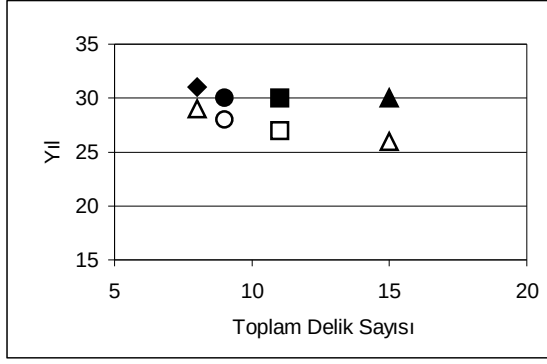


KKİB (P=3)

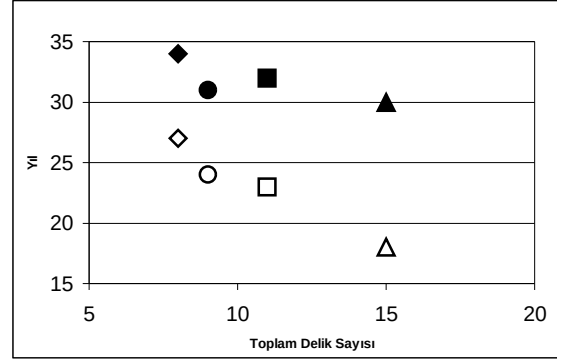


KKİB (P=1)

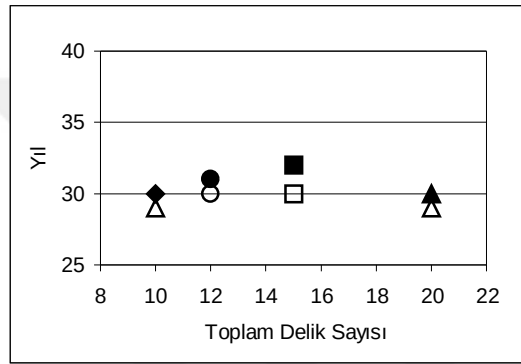
Şekil 4.42 15 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



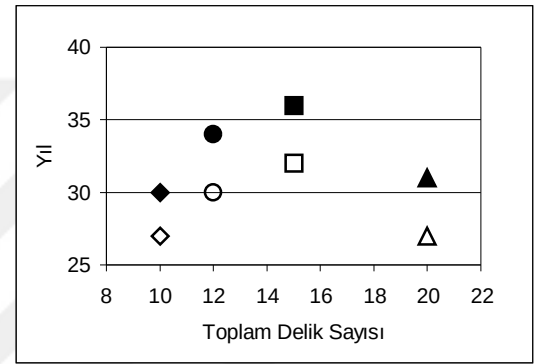
Can Ağızlı (P=3)



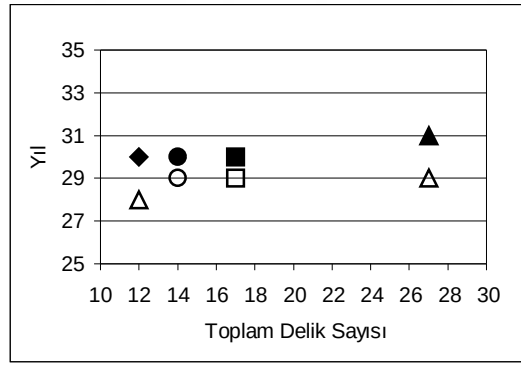
Can Ağızlı (P=1)



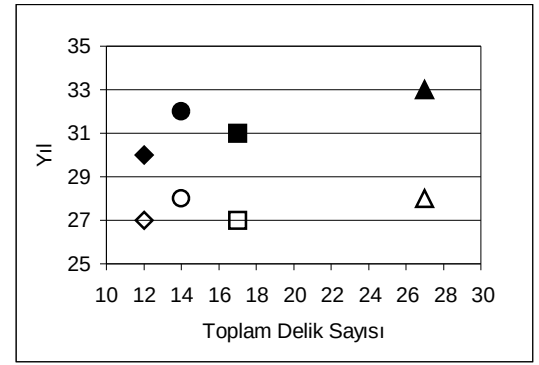
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

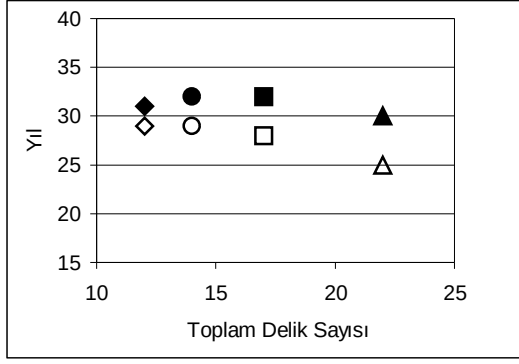


KKİB (P=3)

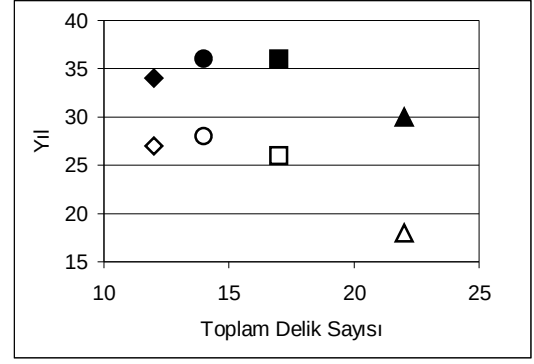


KKİB (P=1)

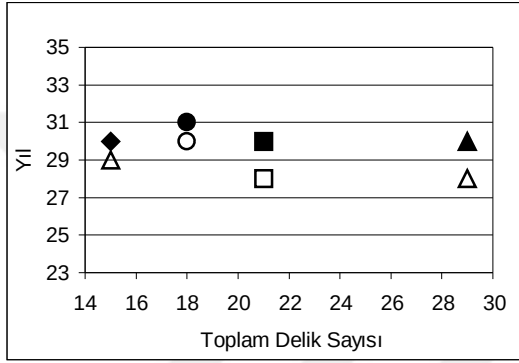
Şekil 4.43 15 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



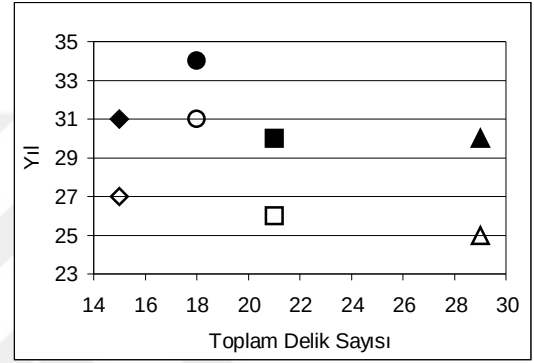
Can Ağzılı (P=3)



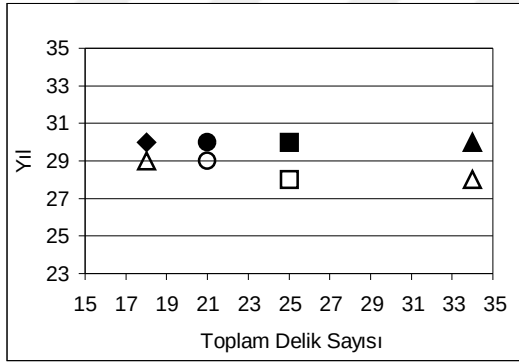
Can Ağzılı (P=1)



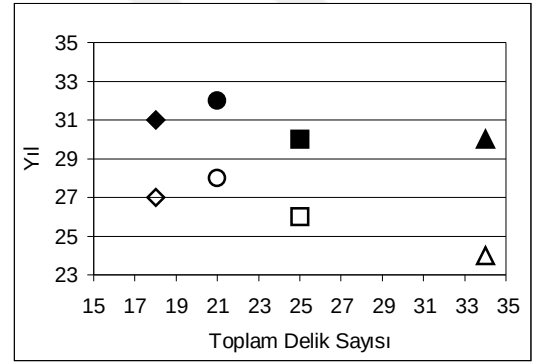
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)



KKİB (P=3)



KKİB (P=1)

Şekil 4.44 15 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi

4.3. 20 CM DELİK ÇAPLI YAYICILAR

4.3.1. Çan Ağızlı delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar

Çan ağızlı delik tipine ve 20 cm delik çapına sahip olan 16 farklı yayıcı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımlarda 4 farklı kapasite değeri (50.000, 100.000, 200.000, 300.000 nüfus olmak üzere) ve her kapasite için 4 farklı başlangıç hidrolik yükü değeri (0.25m, 0.50m, 0.75m, 1.00m) kullanılmıştır. Çan ağızlı delik tipine sahip yayıcı tasarımları için C_D katsayılarının hem formülden elde edilmesi ile yapılan hesapların hem de grafikten elde edilmesiyle yapılan hesapların sonucu elde edilen değerler Tablo.15’de birlikte verilmiştir. Tablo.16 ‘da bu iki farklı yöntemle hesaplanan C_D katsayılarına göre yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar verilmiştir.

KKKB ve KKİB delik tipine sahip yayıcı tipleri için de her biri için 16 adet farklı tasarım olmak üzere 32 farklı tasarım yapılmıştır. Bu tasarımların hesapları da her iki yöntemle elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yenilenmiştir. KKKB delik tipine sahip yayıcı hesapları Tablo.17’de bu hesaplar sonucu elde edilen değerlerin karşılaştırması Tablo.18’de verilmiştir. Tablo.19’da KKİB delik tipine sahip yayıcıların hesapları Tablo.20’de ise KKİB delik tipine sahip yayıcı hesap sonuçlarının karşılaştırması verilmiştir.

Şekil.45, Şekil.46, Şekil.47, ve Şekil.48’da sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki C_D katsayısı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda ki N-Y ilişkileri gösterilmiştir. Böylece her iki yöntemle hesaplanan yayıcıların delik sayıları aynı olmasına rağmen karşıladıkları nüfus değerleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Şekil.49’de her üç delik tipi için aynı deliklere karşılık gelen toplam debiler arasındaki farklar gösterilmiştir. Şekil.50, Şekil.51, Şekil.52, ve Şekil.53’te sırası ile 50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusa göre her üç delik tipi ve her iki nüfus artış hızına göre elde edilen sonuçlarda ki N- t_p ilişkileri gösterilmiştir.

Tablo 4.15 CA delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E ₁ (m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,2 (m)	50000 149,01	1	0,25	3	0,2582	196,78	67196	67392,4	40	60	0,2578	181,59	61494	62236	37	52
		2	0,50	2	0,5041	184,46	63339	63486,7	38	54	0,5041	175,72	59703	60405	36	49
		3	0,75	2	0,7535	226,33	77898	77465,9	45	74	0,7535	216,93	73427	74443	43	70
		4	1,00	2	1,0035	261,54	90306	89935,5	50	89	1,0035	251,27	85122	86426	48	85
	100000 289,4	5	0,25	5	0,2657	330,53	112551	113809	34	43	0,2640	299,10	103000	103030	31	33
		6	0,50	4	0,5090	375,14	126677	129526	38	56	0,5133	350,09	119405	120811	36	49
		7	0,75	3	0,7559	343,20	115927	118430	35	47	0,7557	324,65	109273	111567	33	41
		8	1,00	3	1,0057	396,64	134392	136133	40	61	1,0055	376,14	126677	129526	38	56
	200000 578,7	9	0,25	9	0,2765	603,42	206000	208121	31	34	0,2720	571,68	194175	196059	29	28
		10	0,50	7	0,5171	661,45	225102	227619	34	43	0,5154	609,28	206000	210202	31	35
		11	0,75	6	0,7630	694,04	238810	239229	36	48	0,7620	646,84	218545	223134	33	41
		12	1,00	5	1,0110	666,55	225102	229895	34	44	1,0103	625,15	212180	214427	32	37
	300000 868,1	13	0,25	13	0,2854	881,07	300000	303000	30	31	0,2799	784,08	266546	268897	26	19
		14	0,50	10	0,5235	949,75	327818	328106	33	39	0,5209	870,41	300000	300000	30	30
		15	0,75	8	0,7683	927,86	318270	318456	32	36	0,7665	859,95	291262	294089	29	28
		16	1,00	7	1,0145	937,36	318270	321641	32	37	1,0134	875,42	300000	300000	30	30

Tablo 4.16 CA delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=20 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	%Δy (p=3)	%Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	%Δt (p=3)	%Δt (p=1)
1	9	15,19	7,72	0,0004	0,15	5702	5157	8,49	7,65	3	8	7,50	13,33
2	7	8,74	4,74	0,0000	0,00	3636	3081	5,74	4,85	2	5	5,26	9,26
3	5	9,40	4,16	0,0000	0,00	4472	3023	5,74	3,90	2	4	4,44	5,41
4	5	10,27	3,93	0,0000	0,00	5184	3509	5,74	3,90	2	4	4,00	4,49
5	17	31,43	9,51	0,0017	0,65	9551	10779	8,49	9,47	3	10	8,82	23,26
6	12	25,05	6,68	-0,0043	-0,85	7272	8715	5,74	6,73	2	7	5,26	12,50
7	10	18,55	5,41	0,0002	0,03	6654	6863	5,74	5,80	2	6	5,71	12,77
8	9	20,50	5,17	0,0002	0,02	7715	6607	5,74	4,85	2	5	5,00	8,20
9	31	31,73	5,26	0,0045	1,63	11825	12062	5,74	5,80	2	6	6,45	17,65
10	24	52,16	7,89	0,0017	0,32	19102	17417	8,49	7,65	3	8	8,82	18,60
11	20	47,20	6,80	0,0010	0,13	20265	16096	8,49	6,73	3	7	8,33	14,58
12	17	41,39	6,21	0,0007	0,07	12922	15468	5,74	6,73	2	7	5,88	15,91
13	45	96,98	11,01	0,0055	1,91	33454	34103	11,15	11,26	4	12	13,33	38,71
14	35	79,33	8,35	0,0026	0,50	27818	28106	8,49	8,57	3	9	9,09	23,08
15	29	67,91	7,32	0,0017	0,22	27008	24367	8,49	7,65	3	8	9,38	22,22
16	26	61,94	6,61	0,0012	0,12	18270	21641	5,74	6,73	2	7	6,25	18,92

4.3.2 KKKB delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar

Tablo 4.17 KKKB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E(m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E _N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,2 (m)	50000 149,01	1	0,25	3	0,2594	150,27	51500	51515,1	31	33	0,2592	145,75	50000	50000	30	30
		2	0,50	3	0,5073	216,59	73427	74443,2	43	70	0,5072	210,89	71288	72254	42	67
		3	0,75	2	0,7539	177,46	59703	61009,5	36	50	0,7539	174,19	59703	59807	36	48
		4	1,00	2	1,0037	205,41	69212	70830,1	41	65	1,0037	201,72	69212	69435	41	63
	100000 289,4	5	0,25	6	0,2703	299,84	103000	103030	31	33	0,2693	288,64	97087	99010	29	29
		6	0,50	5	0,5145	359,94	122987	123239	37	51	0,5140	348,48	119405	119615	36	48
		7	0,75	4	0,7589	356,46	122987	122019	37	50	0,7587	346,82	119405	119615	36	48
		8	1,00	3	1,0062	309,16	106090	106152	32	36	1,0061	301,89	103000	104060	31	34
	200000 578,7	9	0,25	12	0,2893	602,73	206000	208121	31	34	0,2869	577,09	194175	198020	29	29
		10	0,50	9	0,5246	650,04	218545	223134	33	41	0,5234	627,17	212180	216571	32	38
		11	0,75	7	0,7671	623,81	212180	214427	32	37	0,7664	604,16	206000	208121	31	34
		12	1,00	6	1,0139	619,61	212180	212304	32	36	1,0134	601,38	206000	206060	31	33
	300000 868,1	13	0,25	18	0,3026	916,63	309000	315303	31	35	0,2991	875,96	300000	300000	30	30
		14	0,50	13	0,5331	942,09	318270	324857	32	38	0,5313	907,45	309000	312181	31	34
		15	0,75	10	0,7736	892,38	300000	306030	30	32	0,7725	862,74	291262	297030	29	29
		16	1,00	9	1,0207	930,24	318270	318456	32	36	1,0198	900,88	309000	309090	31	33

Tablo 4.18 KKKB delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırması (d=20 cm)

N	No	ΔQ (l/s)	%ΔQ	ΔE (m)	%ΔE	Δy (P=3)	Δy (P=1)	%Δy (P=3)	%Δy (P=1)	Δt (P=3)	Δt (P=1)	%Δt (P=3)	%Δt (P=1)
1	3	4,52	3,01	0,0002	0,07	1500	1515	2,91	2,94	1	3	3,23	9,09
2	3	5,70	2,63	0,0001	0,03	2139	2189	2,91	2,94	1	3	2,33	4,29
3	2	3,27	1,84	0,0000	0,00	0	1202	0,00	1,97	0	2	0,00	4,00
4	2	3,69	1,79	0,0000	0,00	0	1396	0,00	1,97	0	2	0,00	3,08
5	6	11,20	3,74	0,0010	0,38	5913	4020	5,74	3,90	2	4	6,45	12,12
6	5	11,45	3,18	0,0005	0,10	3582	3624	2,91	2,94	1	3	2,70	5,88
7	4	9,64	2,70	0,0002	0,03	3582	2404	2,91	1,97	1	2	2,70	4,00
8	3	7,27	2,35	0,0001	0,01	3090	2092	2,91	1,97	1	2	3,13	5,56
9	12	25,64	4,25	0,0024	0,85	11825	10101	5,74	4,85	2	5	6,45	14,71
10	9	22,87	3,52	0,0012	0,23	6365	6562	2,91	2,94	1	3	3,03	7,32
11	7	19,65	3,15	0,0007	0,09	6180	6306	2,91	2,94	1	3	3,13	8,11
12	6	18,23	2,94	0,0005	0,05	6180	6244	2,91	2,94	1	3	3,13	8,33
13	18	40,67	4,44	0,0035	1,16	9000	15303	2,91	4,85	1	5	3,23	14,29
14	13	34,64	3,68	0,0018	0,34	9270	12676	2,91	3,90	1	4	3,13	10,53
15	10	29,63	3,32	0,0011	0,14	8738	9000	2,91	2,94	1	3	3,33	9,38
16	9	29,36	3,16	0,0009	0,09	9270	9366	2,91	2,94	1	3	3,13	8,33

4.3.3. KKİB delik tipli ve 20 cm delik çaplı yayıcılar

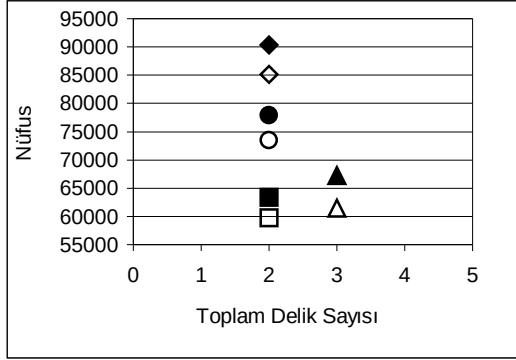
Tablo 4.19 KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçları (d=20 cm)

Çap d (m)	Nüfus Q (l/s)	No	E(m)	N	Formül ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları						Grafik ile hesaplanmış CD katsayılarına göre analiz sonuçları					
					E_N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)	E_N (m)	Q (l/s)	y (p=3)	y (p=1)	t (p=3)	t (p=1)
0,2 (m)	50000 149,01	1	0,25	4	0,2629	167,45	57964	58048	35	45	0,2625	161,98	54636	55783	33	41
		2	0,50	3	0,5085	180,44	63339	62236	38	52	0,5084	175,62	59703	60405	36	49
		3	0,75	2	0,7545	147,87	50000	51005	30	32	0,7545	145,14	50000	50000	30	30
		4	1,00	2	1,0041	171,19	57964	59215	35	47	1,0041	168,12	57964	58048	35	45
	100000 289,4	5	0,25	7	0,2708	290,57	100000	100000	30	30	0,2700	283,83	97087	98030	29	28
		6	0,50	5	0,5165	300,05	103000	103030	31	33	0,5159	290,42	100000	100000	30	30
		7	0,75	4	0,7599	297,11	100000	102010	30	32	0,7597	289,07	100000	99010	30	29
		8	1,00	4	1,0093	344,18	115927	118430	35	47	1,0091	335,11	112551	114947	34	44
	200000 578,7	9	0,25	14	0,2865	590,37	200000	204020	30	32	0,2849	571,41	194175	196059	29	28
		10	0,50	10	0,5300	603,39	206000	208121	31	34	0,5285	581,72	200000	200000	30	30
		11	0,75	8	0,7730	593,64	200000	204020	30	32	0,7720	574,28	194175	198020	29	29
		12	1,00	7	1,0179	602,79	206000	206060	31	33	1,0143	586,30	200000	202000	30	31
	300000 868,1	13	0,25	21	0,2985	902,17	309000	309090	31	33	0,2960	866,76	291262	297030	29	29
		14	0,50	15	0,5409	909,94	309000	312181	31	34	0,5387	875,82	300000	300000	30	30
		15	0,75	12	0,7815	893,18	300000	306030	30	32	0,7800	862,58	291262	297030	29	29
		16	1,00	11	1,0268	948,90	327818	324857	33	38	1,0227	919,46	318270	315303	31	35

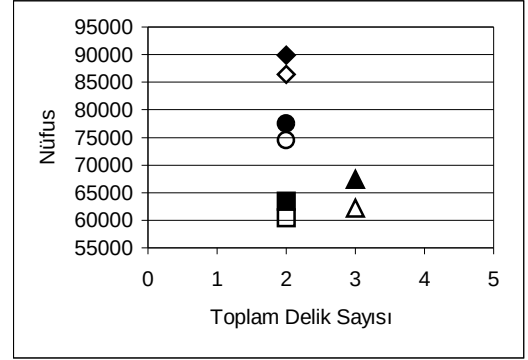
Tablo 4.20 KKİB delik tipi için elde edilen hesap sonuçlarının karşılaştırılması (d=20 cm)

No	N	ΔQ (l/s)	% ΔQ	ΔE (m)	% ΔE	Δy (p=3)	Δy (p=1)	% Δy (p=3)	% Δy (p=1)	Δt (p=3)	Δt (p=1)	% Δt (p=3)	% Δt (p=1)
1	4	5,47	3,27	0,0004	0,14	3328	2265	5,74	3,90	2	4	5,71	8,89
2	3	4,82	2,67	0,0001	0,03	3636	1831	5,74	2,94	2	3	5,26	5,77
3	2	2,73	1,85	0,0000	0,00	0	1005	0,00	1,97	0	2	0,00	6,25
4	2	3,07	1,79	0,0000	0,00	0	1167	0,00	1,97	0	2	0,00	4,26
5	7	6,74	2,32	0,0008	0,29	2913	1970	2,91	1,97	1	2	3,33	6,67
6	5	9,63	3,21	0,0006	0,11	3000	3030	2,91	2,94	1	3	3,23	9,09
7	4	8,04	2,71	0,0002	0,03	0	3000	0,00	2,94	0	3	0,00	9,38
8	4	9,07	2,63	0,0002	0,02	3377	3483	2,91	2,94	1	3	2,86	6,38
9	14	18,96	3,21	0,0017	0,58	5825	7961	2,91	3,90	1	4	3,33	12,50
10	10	21,68	3,59	0,0015	0,28	6000	8121	2,91	3,90	1	4	3,23	11,76
11	8	19,37	3,26	0,0010	0,13	5825	6000	2,91	2,94	1	3	3,33	9,38
12	7	16,49	2,74	0,0036	0,35	6000	4060	2,91	1,97	1	2	3,23	6,06
13	21	35,41	3,93	0,0025	0,84	17738	12061	5,74	3,90	2	4	6,45	12,12
14	15	34,12	3,75	0,0023	0,42	9000	12181	2,91	3,90	1	4	3,23	11,76
15	12	30,60	3,43	0,0015	0,20	8738	9000	2,91	2,94	1	3	3,33	9,38
16	11	29,44	3,10	0,0041	0,40	9548	9554	2,91	2,94	2	3	6,06	7,89

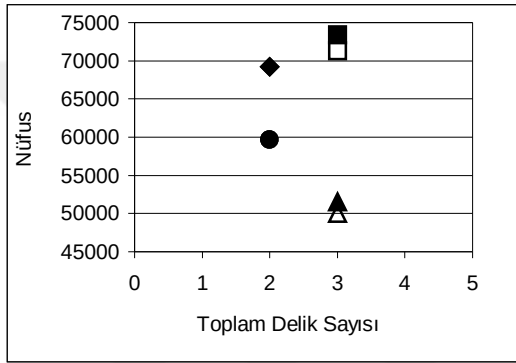
4.3.4. 20 cm delik çaplı yayıcılar için elde edilen grafikler



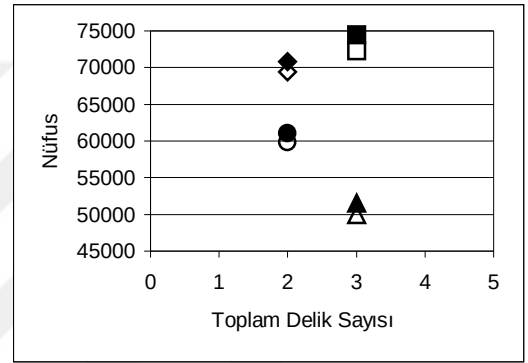
Can Ağzılı (P=3)



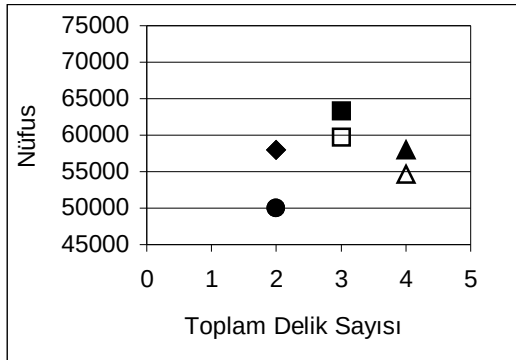
Can Ağzılı (P=1)



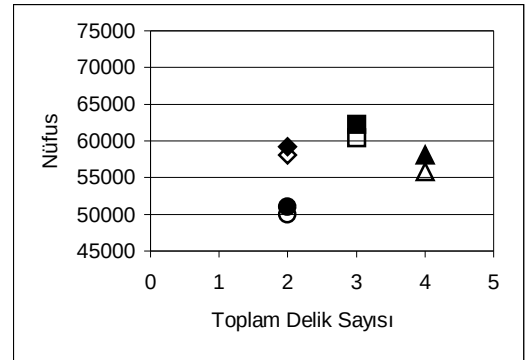
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

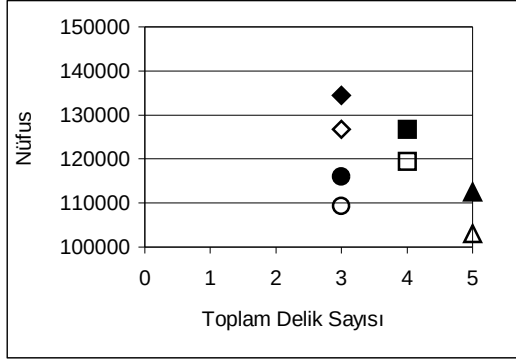


KKİB (P=3)

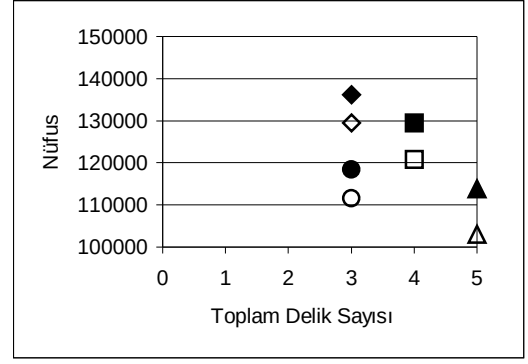


KKİB (P=1)

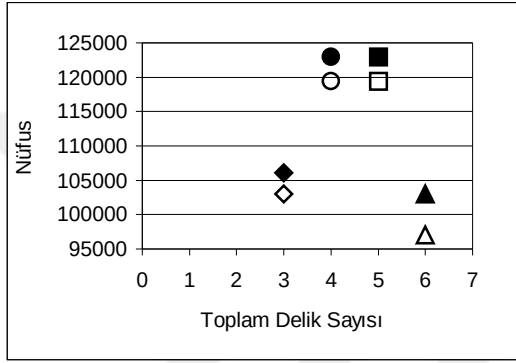
Şekil 4.45 20 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



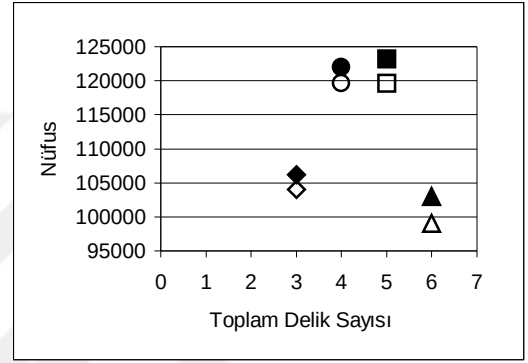
Can Ağzılı (P=3)



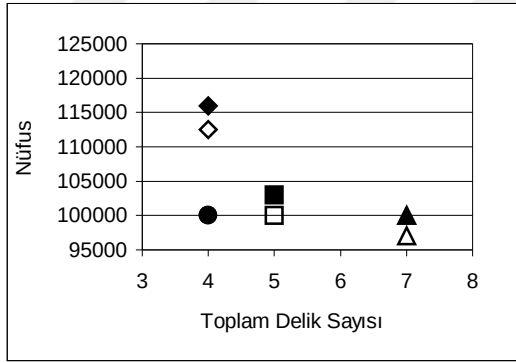
Can Ağzılı (P=1)



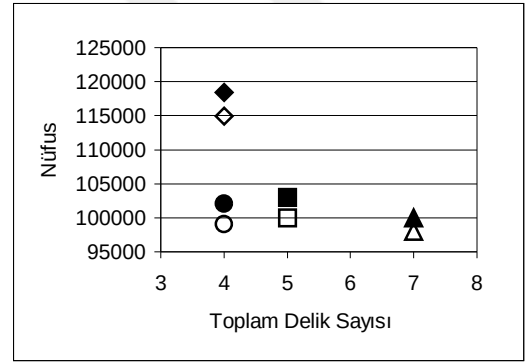
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

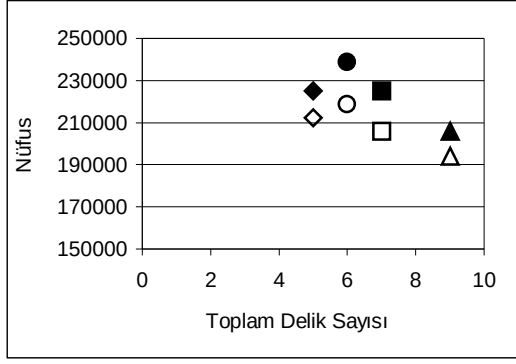


KKİB (P=3)

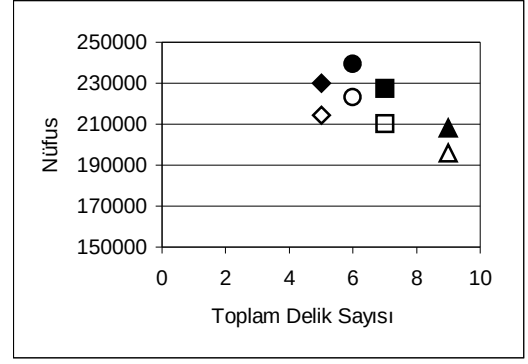


KKİB (P=1)

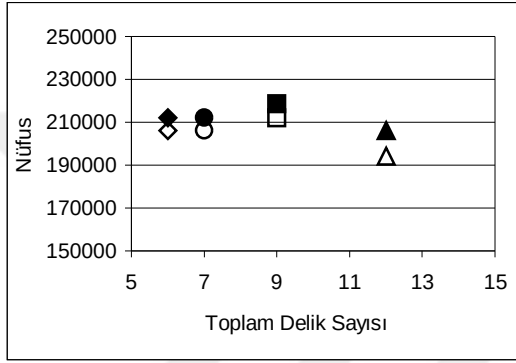
Şekil 4.46 20 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



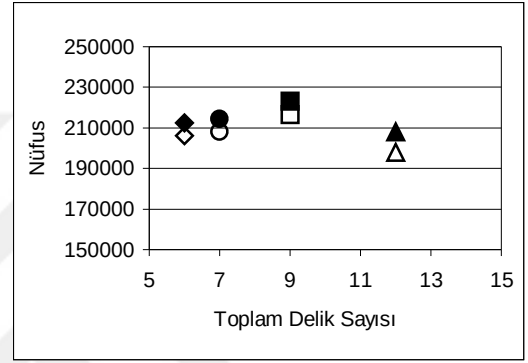
Can Ağzılı (P=3)



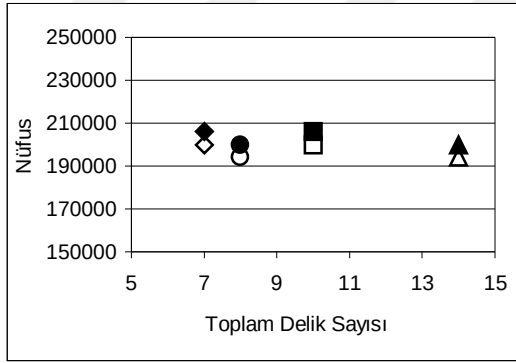
Can Ağzılı (P=1)



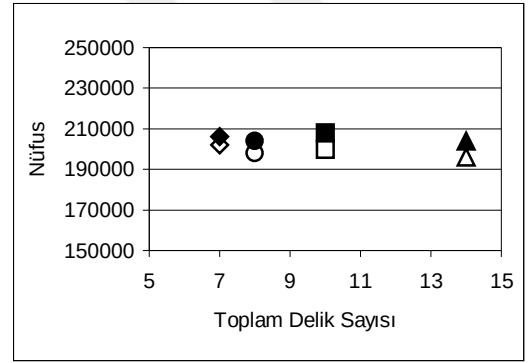
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

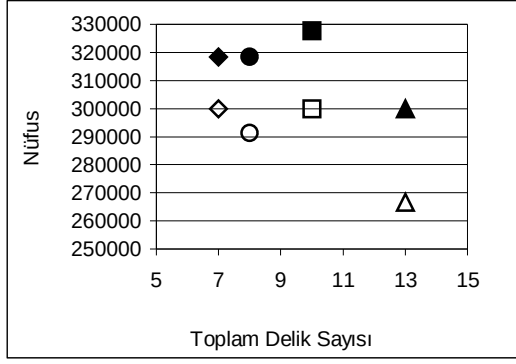


KKİB (P=3)

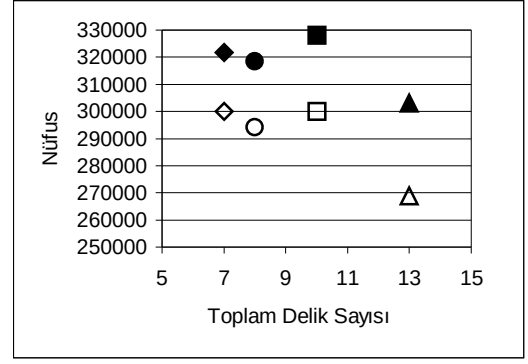


KKİB (P=1)

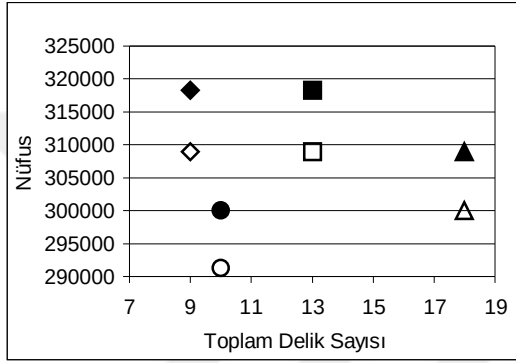
Şekil 4.47 20 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



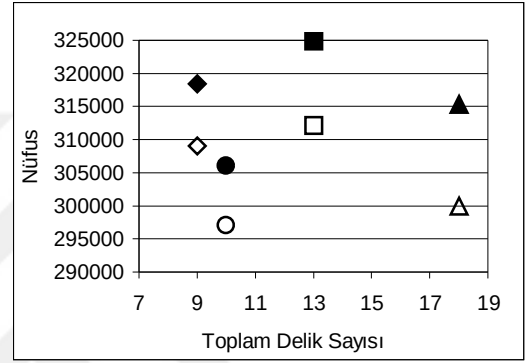
Can Ağızlı (P=3)



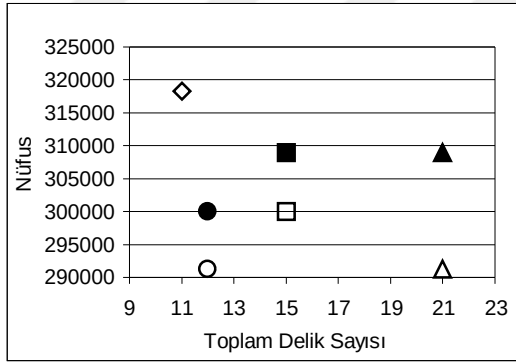
Can Ağızlı (P=1)



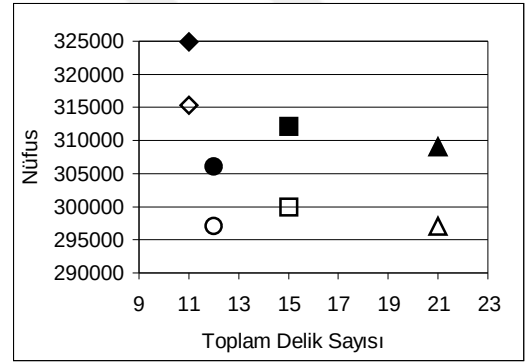
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

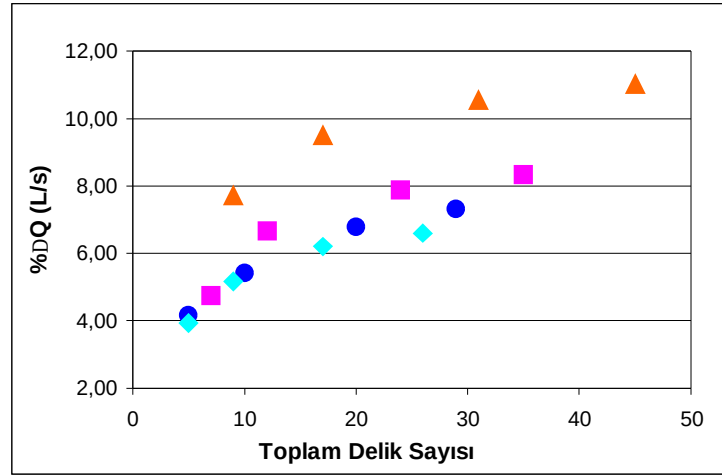


KKİB (P=3)

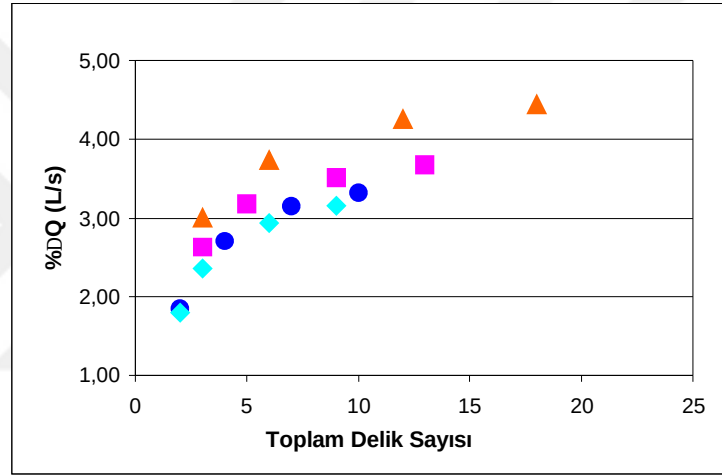


KKİB (P=1)

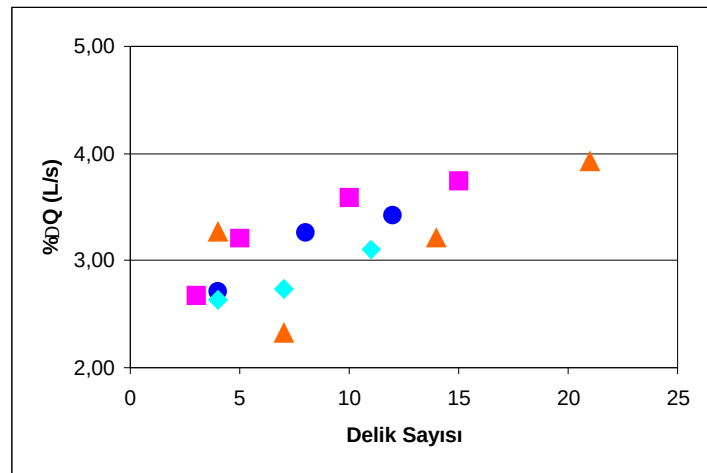
Şekil 4.48 20 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-Y ilişkisi



Can Ağzılı

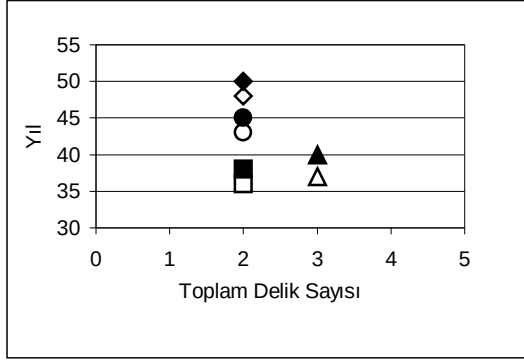


KKKB

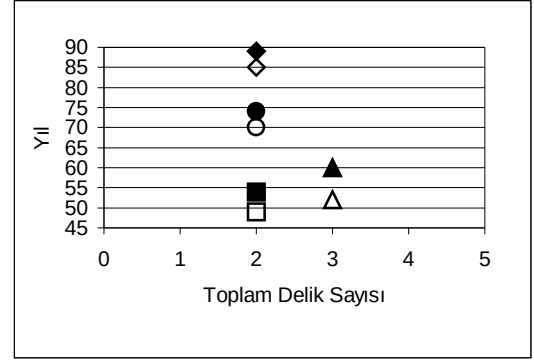


KKİB

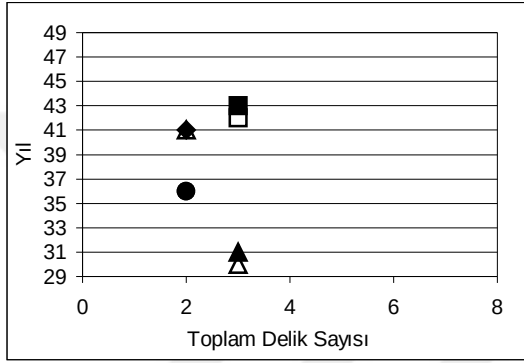
Şekil 4.49 20 cm delik çaplı yayıcılar için N-ΔQ ilişkisi



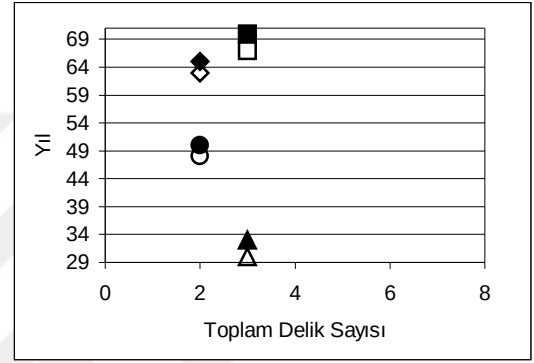
Can Ağızlı (P=3)



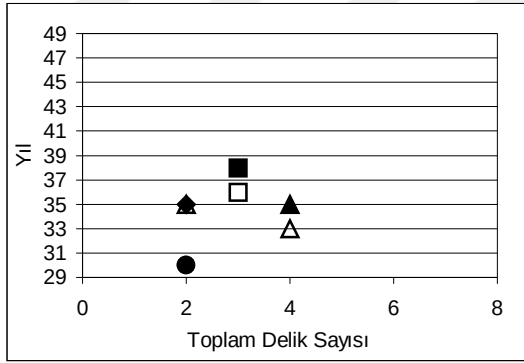
Can Ağızlı (P=1)



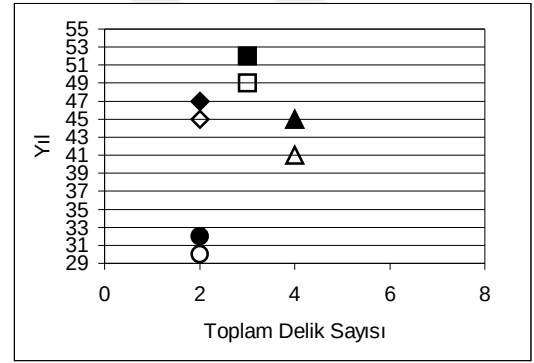
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

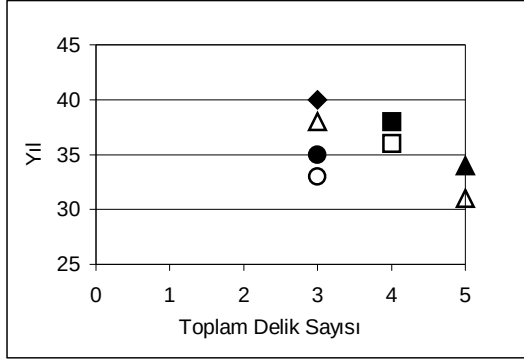


KKİB (P=3)

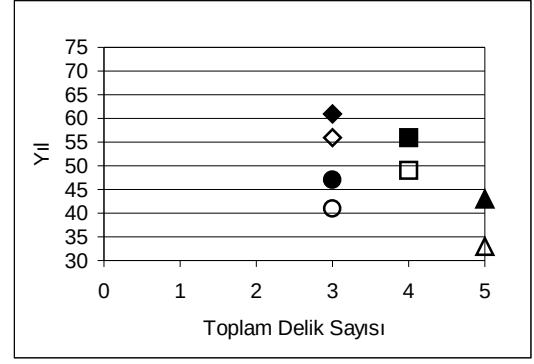


KKİB (P=1)

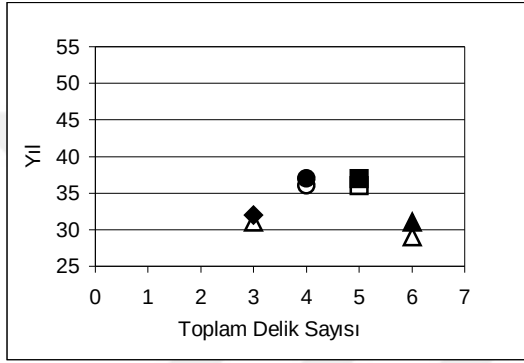
Şekil 4.50 20 cm delik çaplı yayıcıların 50.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



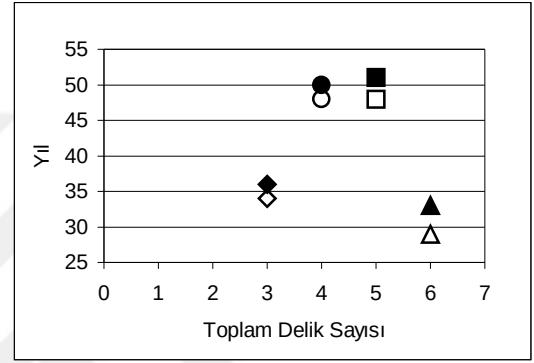
Can Ağızlı (P=3)



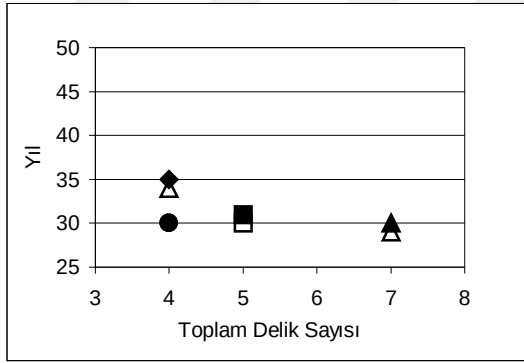
Can Ağızlı (P=1)



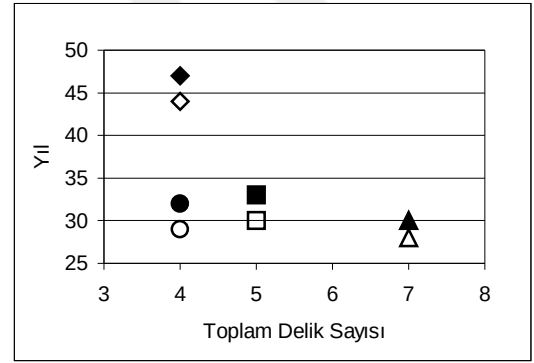
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

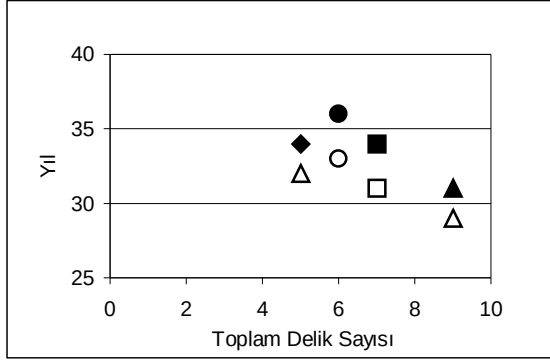


KKİB (P=3)

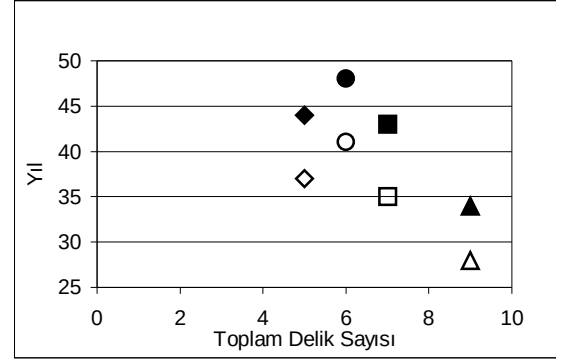


KKİB (P=1)

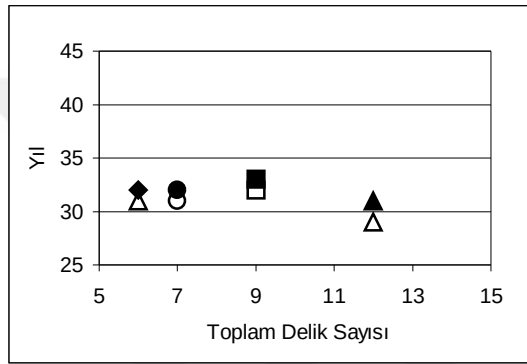
Şekil 4.51 20 cm delik çaplı yayıcıların 100.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



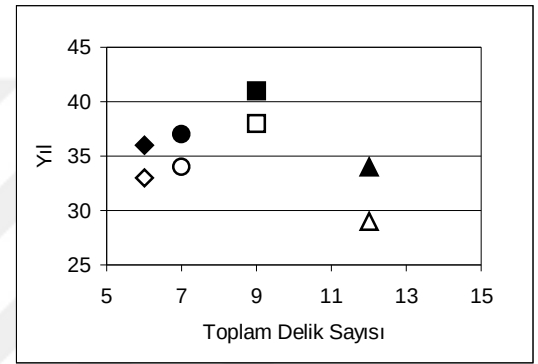
Can Ağızlı (P=3)



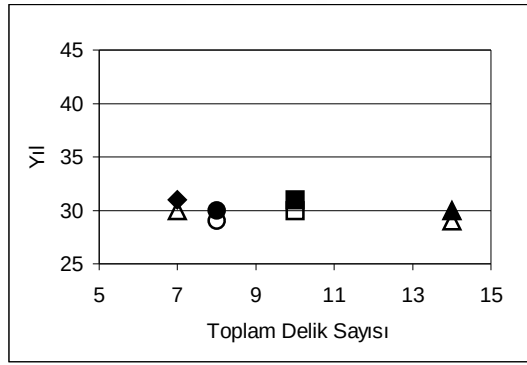
Can Ağızlı (P=1)



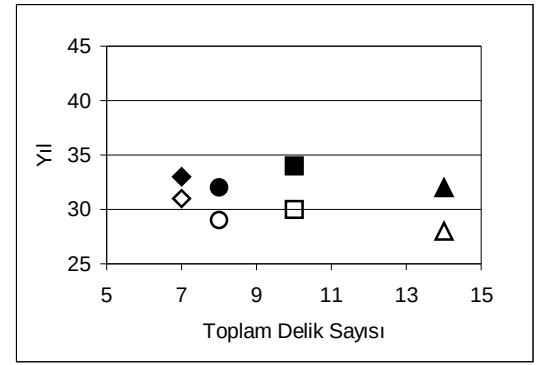
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)

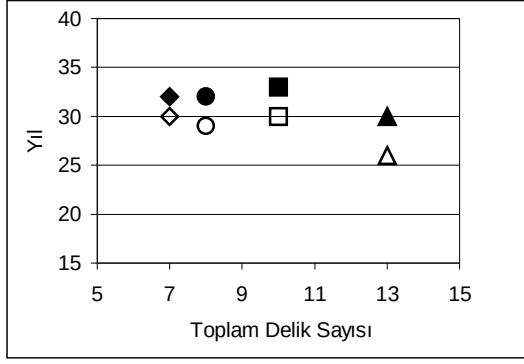


KKİB (P=3)

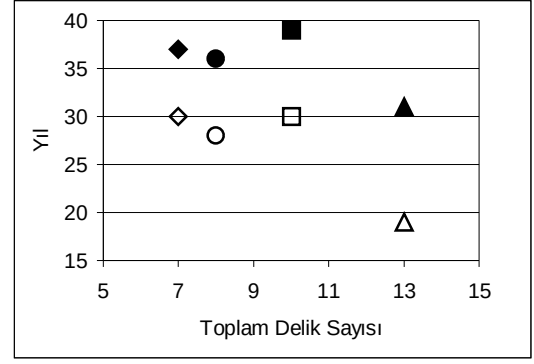


KKİB (P=1)

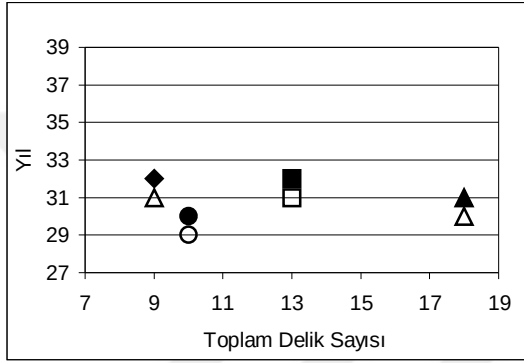
Şekil 4.52 20 cm delik çaplı yayıcıların 200.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi



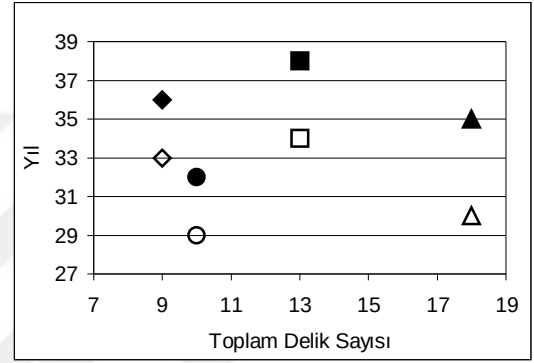
Can Ağızlı (P=3)



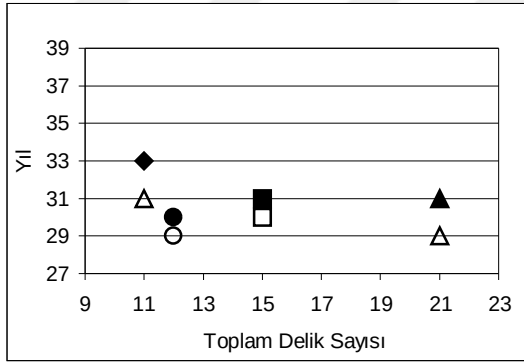
Can Ağızlı (P=1)



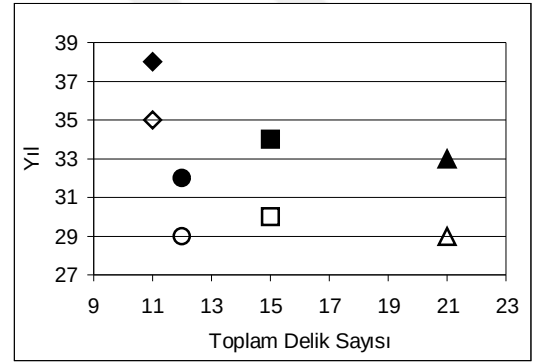
KKKB (P=3)



KKKB (P=1)



KKİB (P=3)



KKİB (P=1)

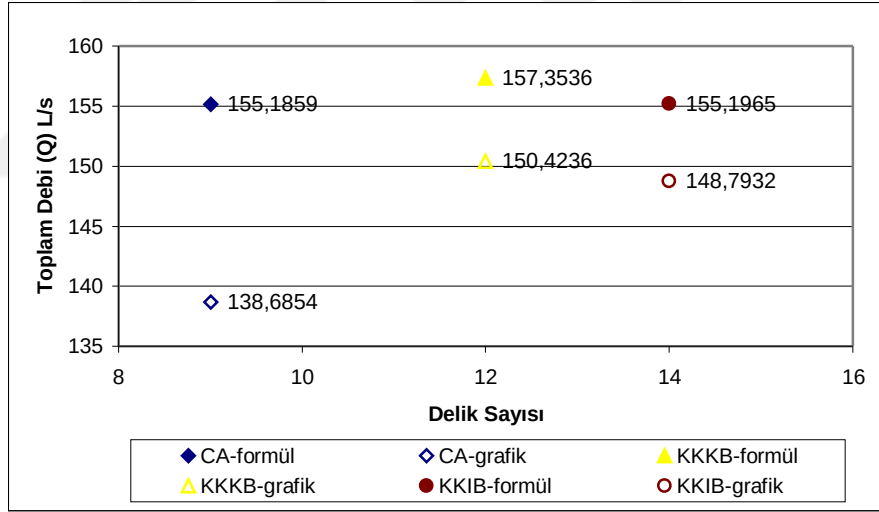
Şekil 4.53 20 cm delik çaplı yayıcıların 300.000 nüfuslu bir yer için N-t_p ilişkisi

4.4. NÜFUS İLE TOPLAM DEBİ ARASINDAKİ FARKLILAŞMALAR

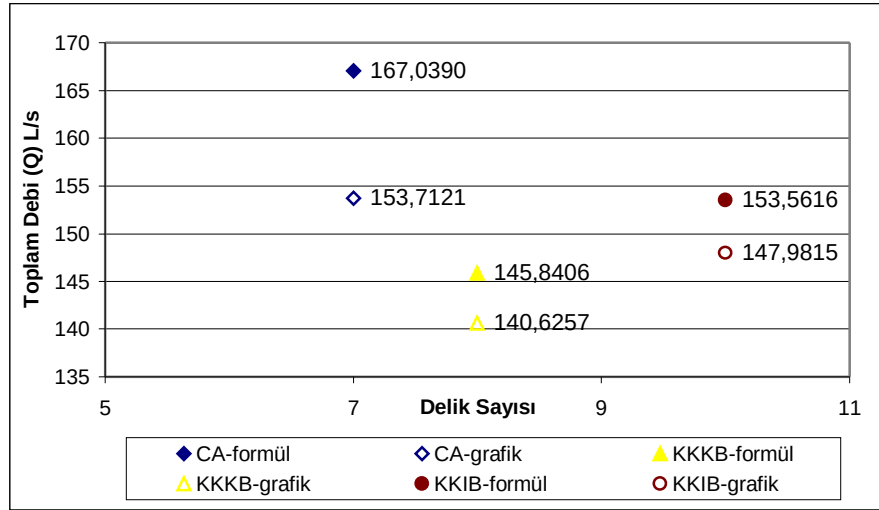
Başlangıç hidrolik yükü olarak her tasarım için $E_1 = 0.25\text{m}$, $E_1 = 0.50\text{m}$, $E_1 = 0.75\text{m}$, $E_1 = 1.00\text{m}$ olmak üzere dört farklı değer seçilmiştir. Böylece E_1 değerinin tasarım üzerindeki etkileri de göz önüne alınmıştır. Farklı hidrolik yüklerde farklı sonuçlar çıkmıştır. Çünkü E_1 başlangıç hidrolik yük değeri arttıkça tasarımlarda gerekli olan debinin karşılanması için gerekli olan delik sayısı azalmaktadır. Delik sayısının azalması, farklı yöntemlerle elde edilen C_D katsayıları kullanılarak yapılan hesaplar sonucunda, iki yöntem arasındaki farkların daha az olmasına neden olmaktadır.

4.4.1. 50.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları

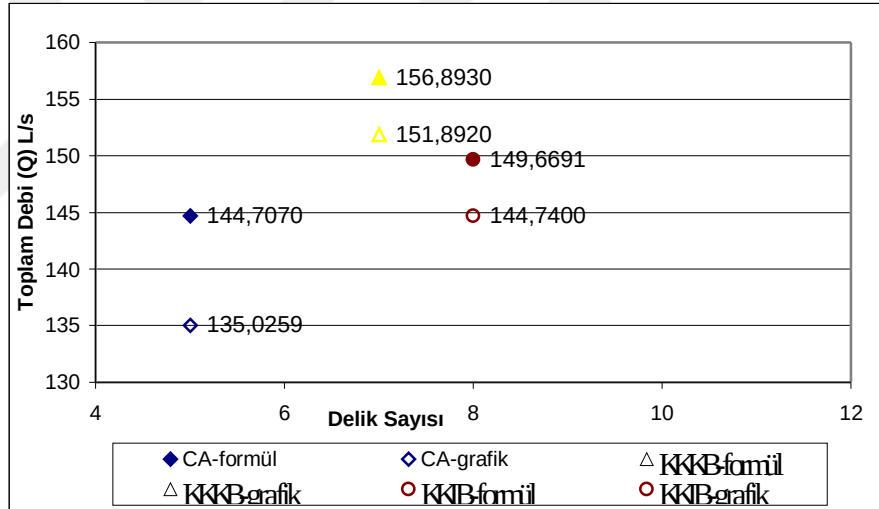
Şekil.53 - 64'te 50.000 nüfuslu bir yer için yapılan tasarımlarda farklı E_1 değerlerine göre toplam delik sayısı ile toplam debi arasındaki farklılaşmalar gösterilmiştir.



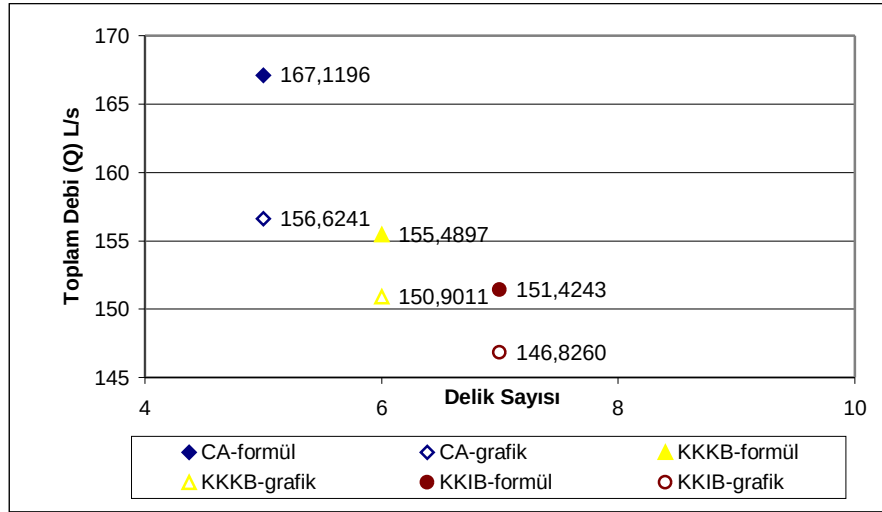
Şekil 4.54 $E=0.25\text{m}$ ve $d=10\text{ cm}$ için N-Q farklılaşması



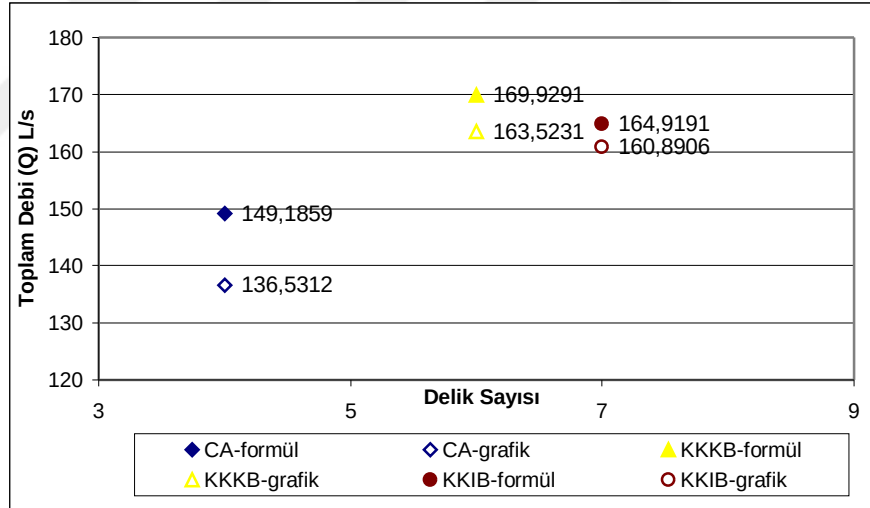
Şekil 4.55 E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



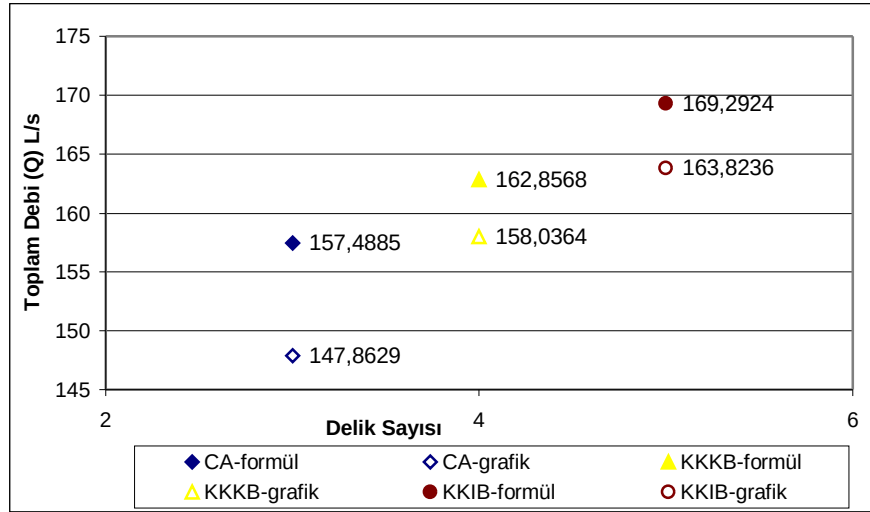
Şekil 4.56 E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



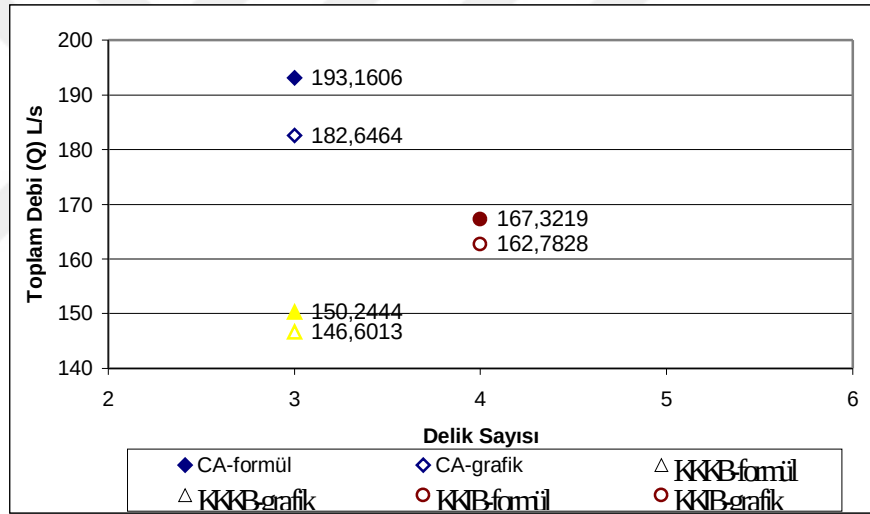
Şekil 4.57 E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



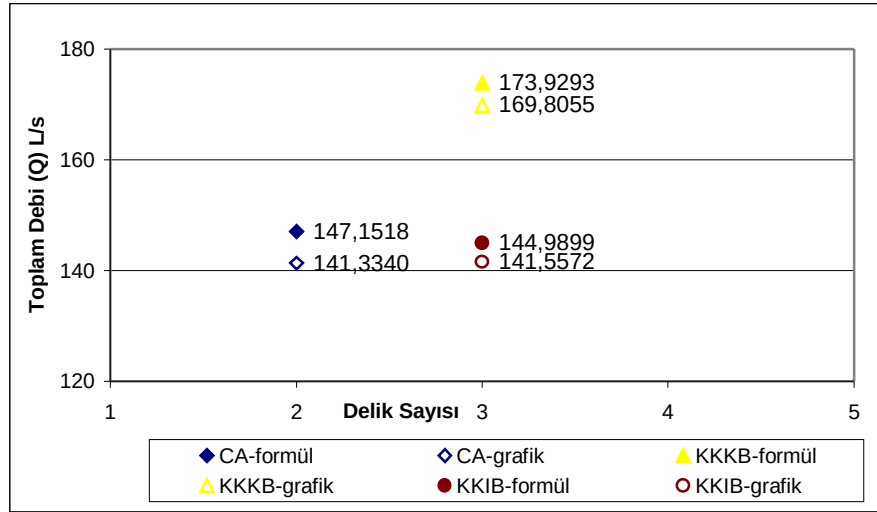
Şekil 4.58 E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



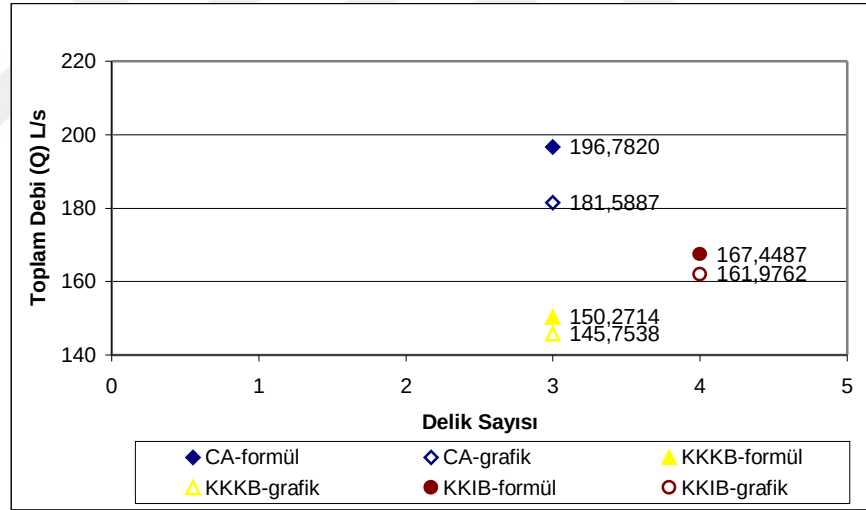
Şekil 4.59 E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



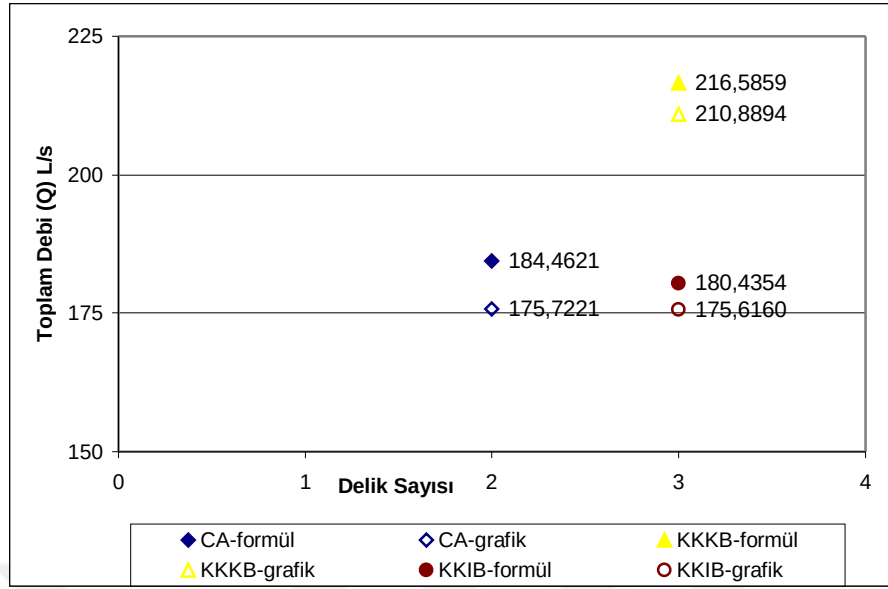
Şekil 4.60 E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



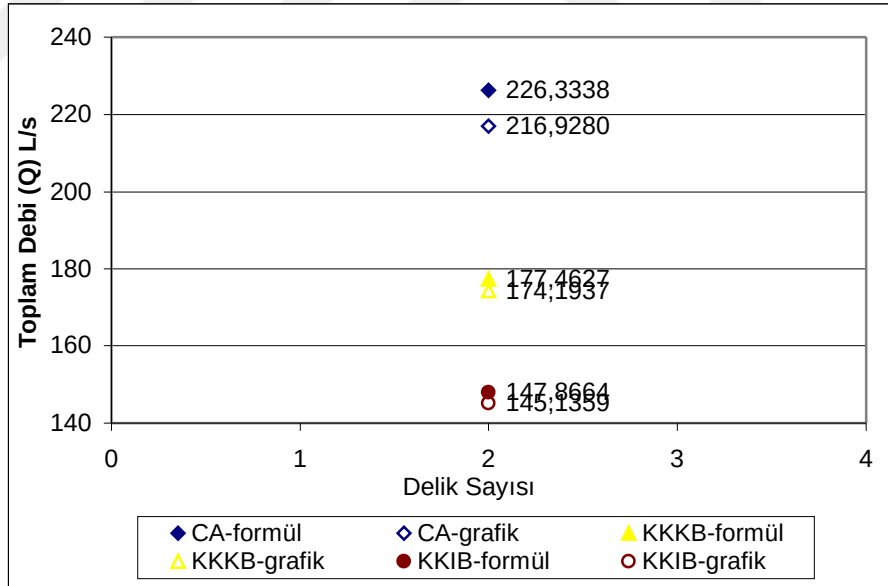
Şekil 4.61 E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



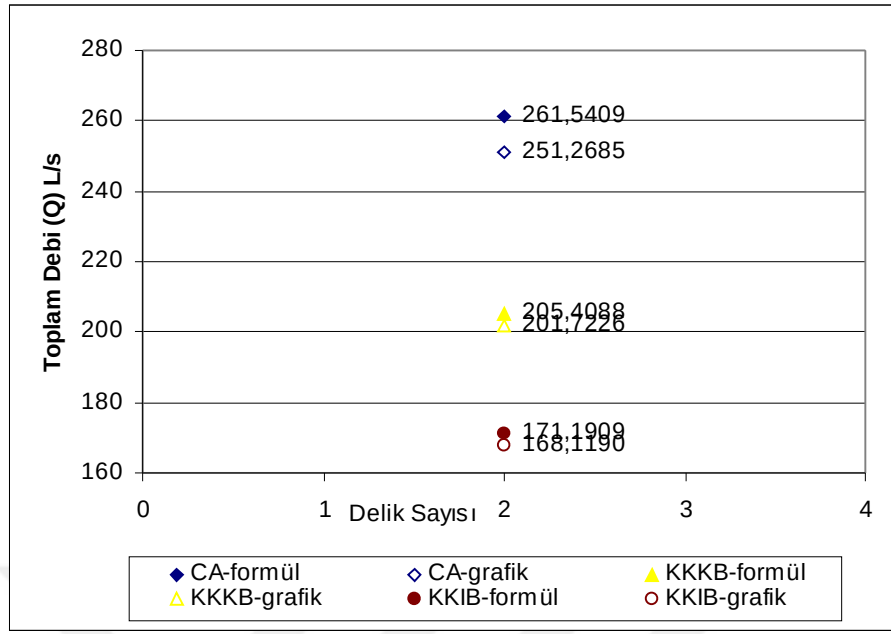
Şekil 4.62 E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



Şekil 4.63 E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



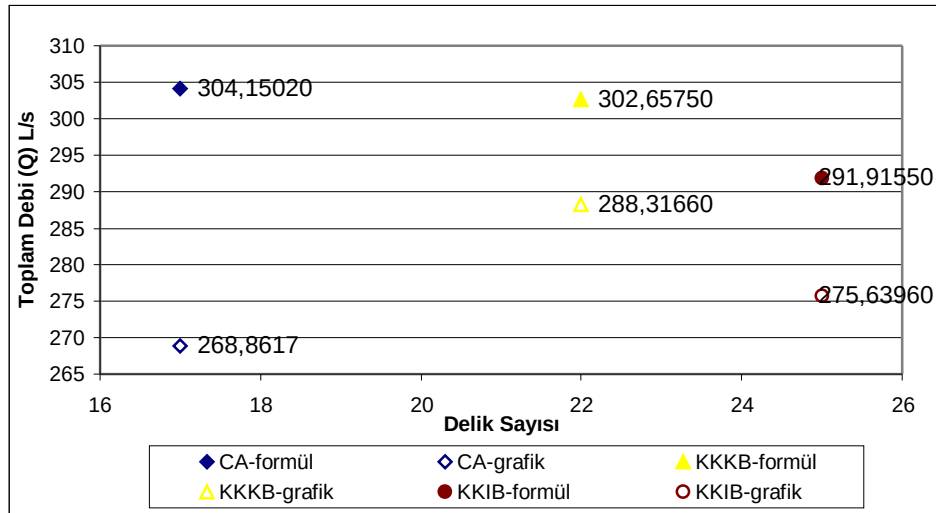
Şekil 4.64 E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



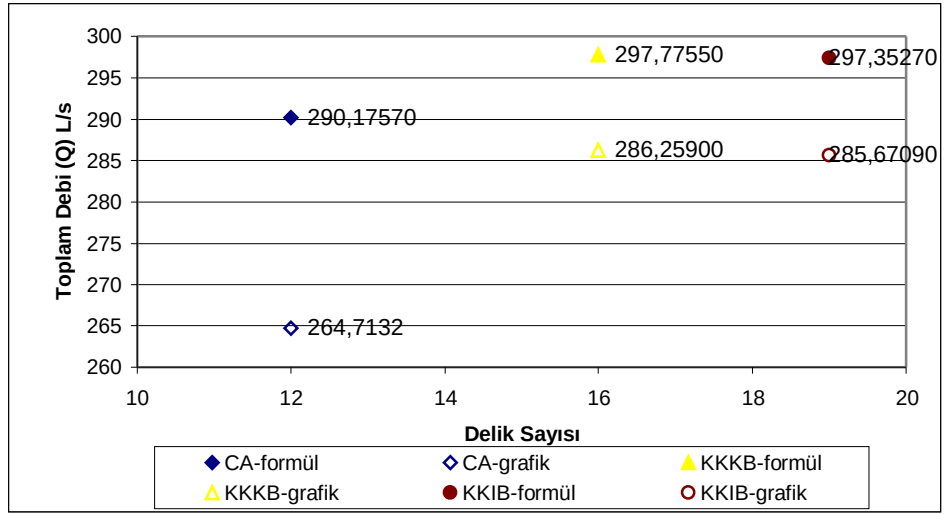
Şekil 4.65 E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması

4.4.2. 100.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları

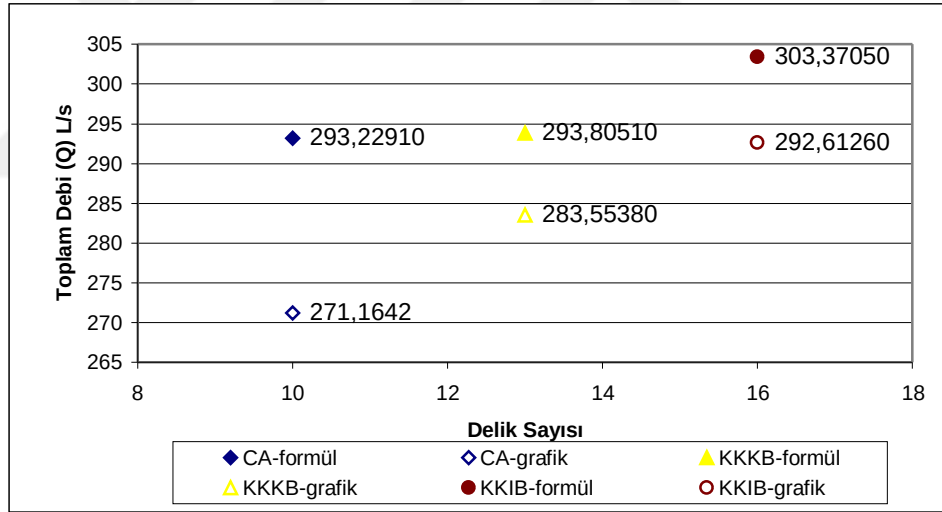
Şekil 65 – 76'da 100.000 nüfuslu bir yer için yapılan tasarımlarda farklı E_1 değerlerine göre toplam delik sayısı ile toplam debi arasındaki farklılaşmalar gösterilmiştir.



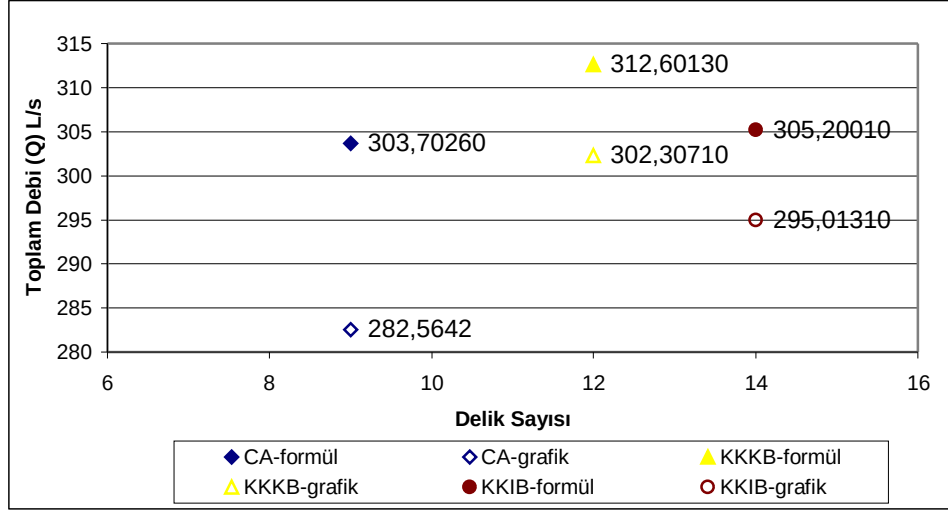
Şekil 4.66 E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



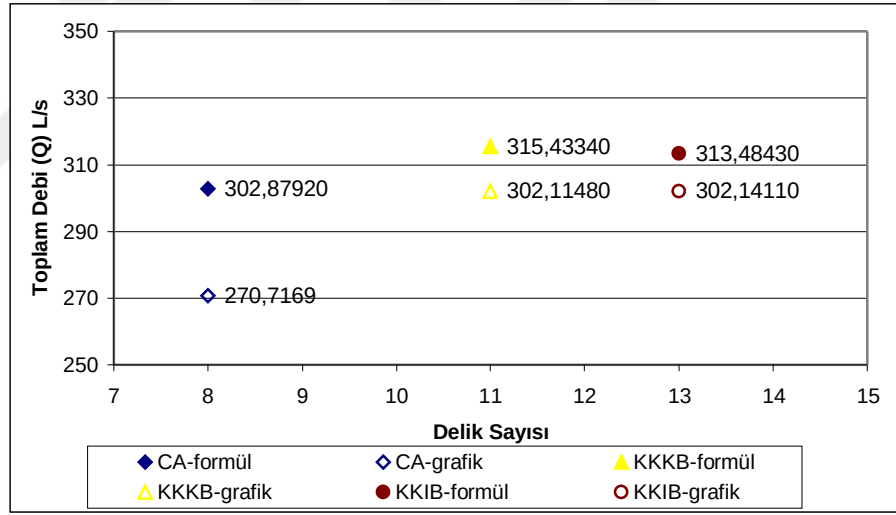
Şekil 4.67 E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



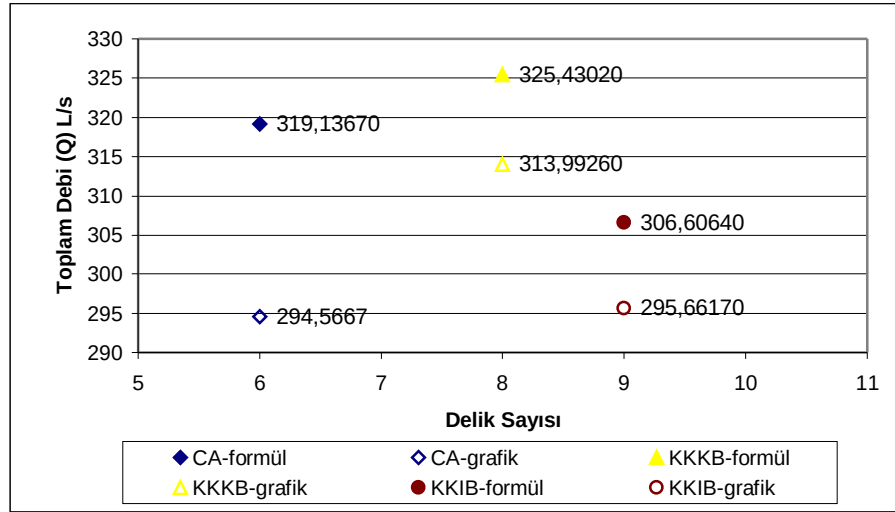
Şekil 4.68 E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



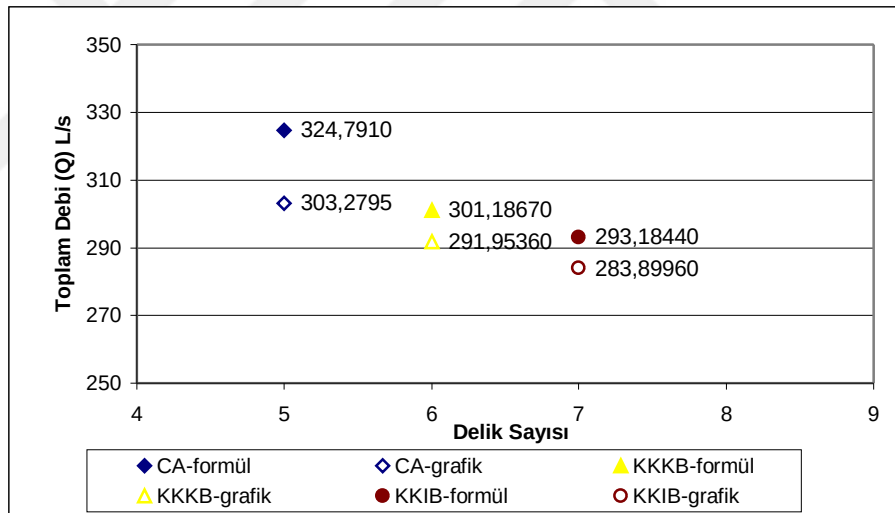
Şekil 4.69 E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



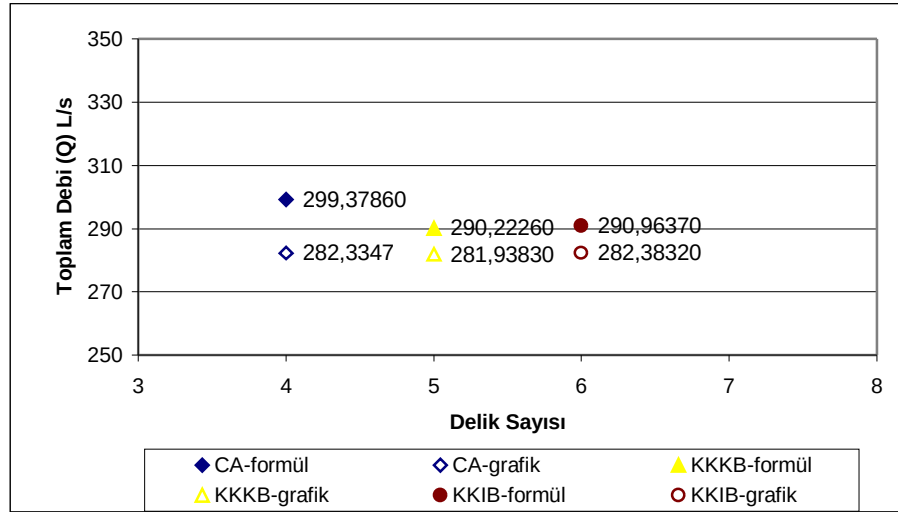
Şekil 4.70 E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



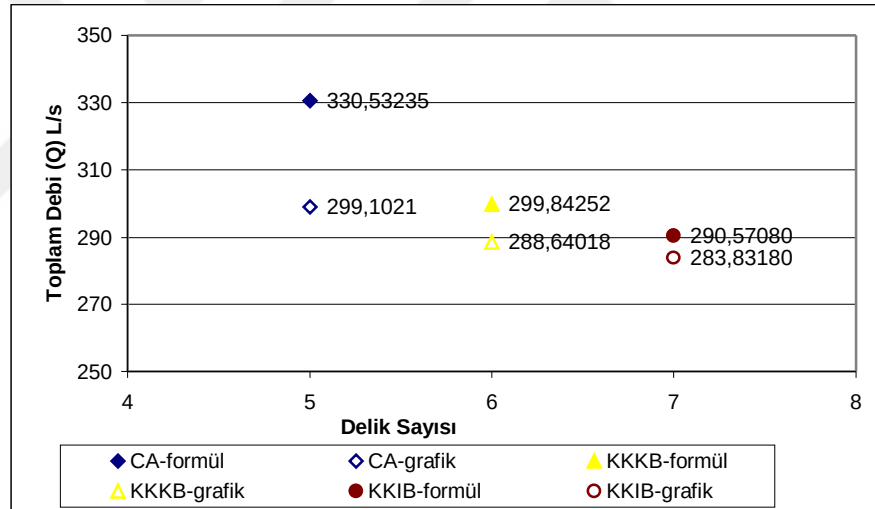
Şekil 4.71 E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



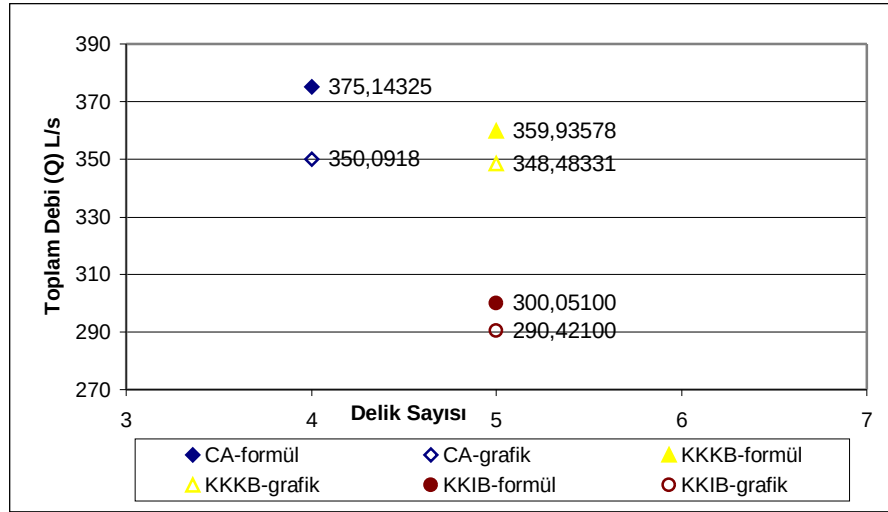
Şekil 4.72 E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



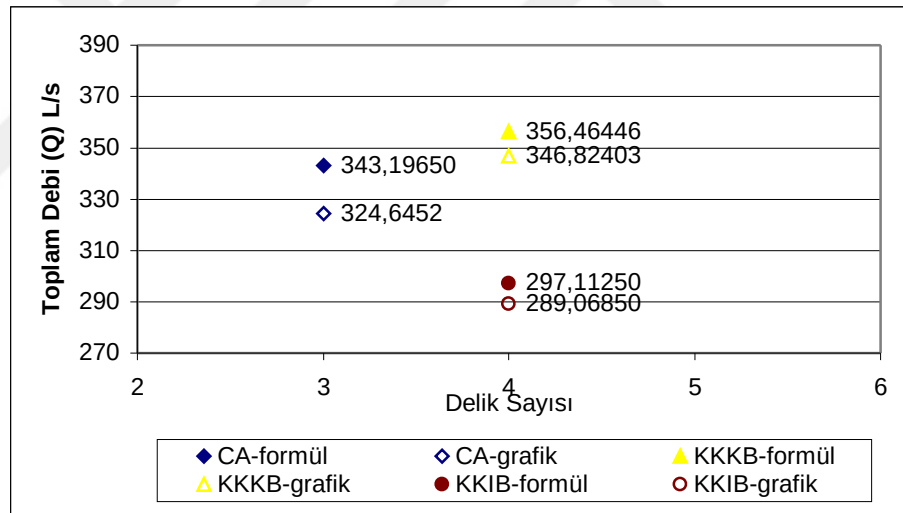
Şekil 4.73 E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



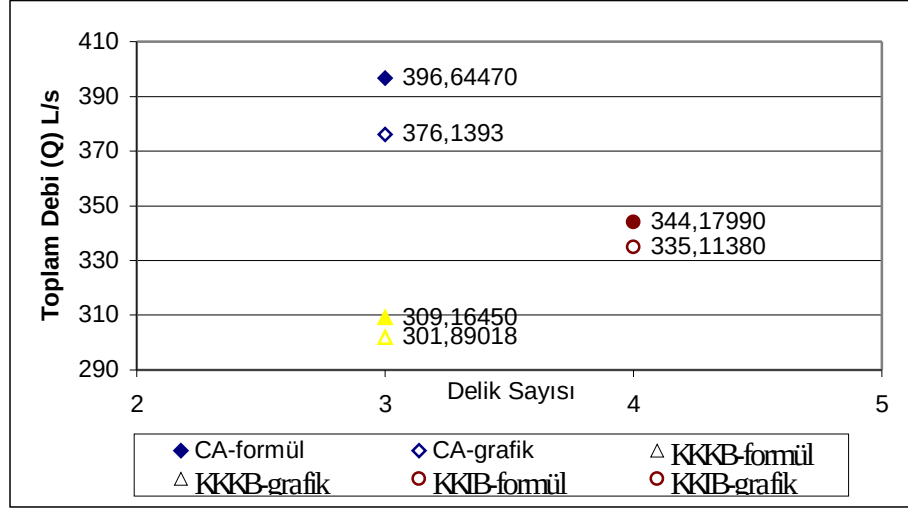
Şekil 4.74 E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



Şekil 4.75 E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



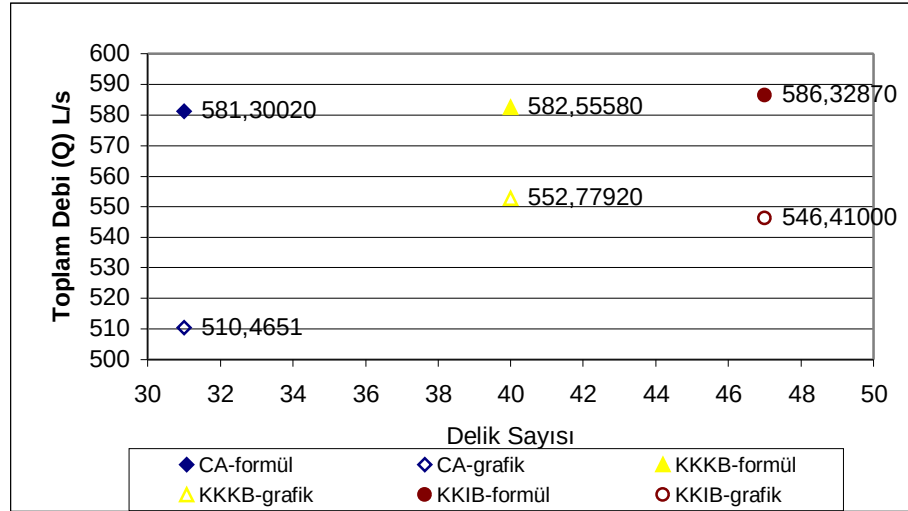
Şekil 4.76 E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



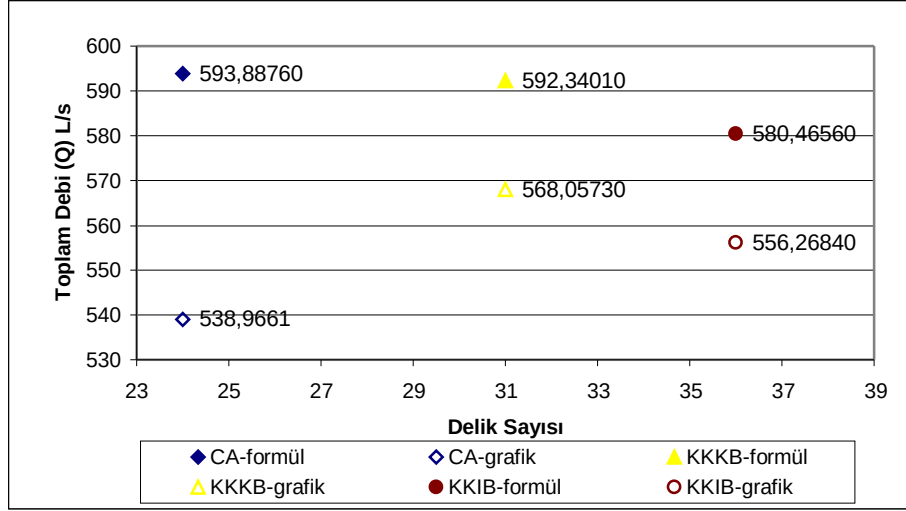
Şekil 4.77 E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması

4.4.3. 200.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları

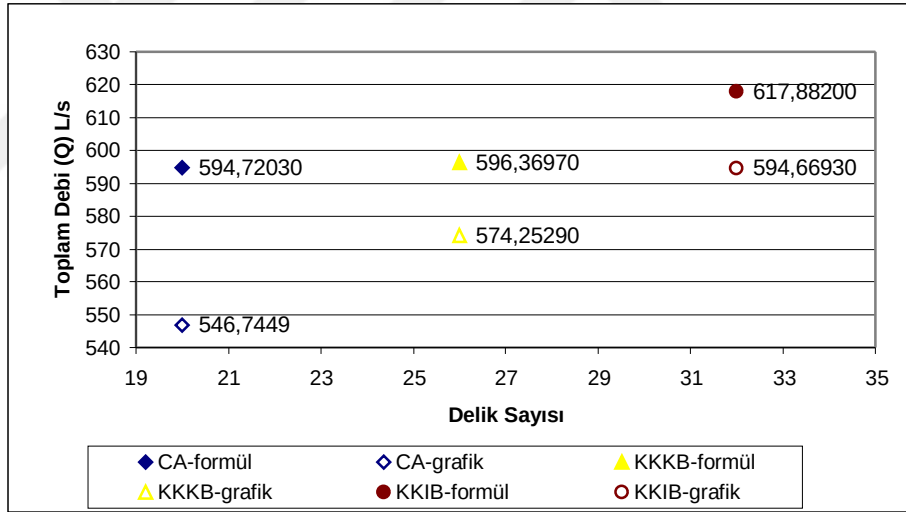
Şekil.77 - 88'te 200.000 nüfuslu bir yer için yapılan tasarımlarda farklı E_1 değerlerine göre toplam delik sayısı ile toplam debi arasındaki farklılaşmalar gösterilmiştir.



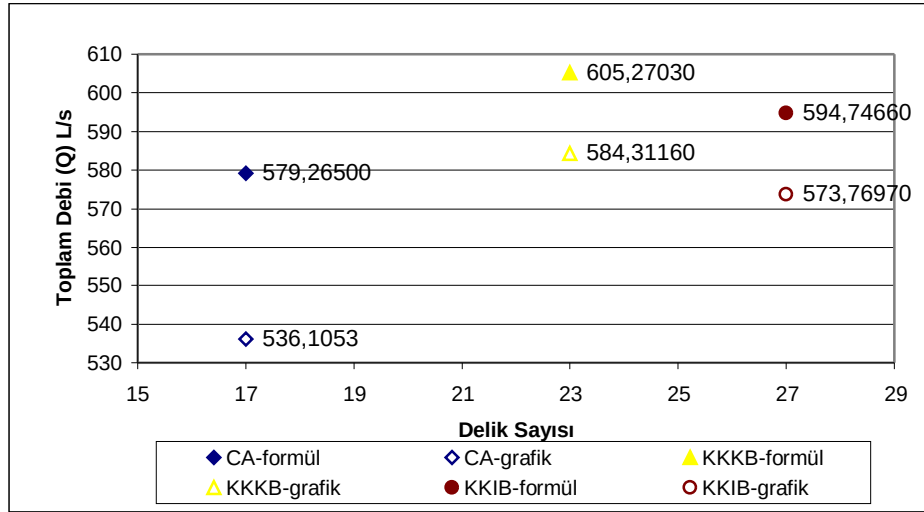
Şekil 4.78 E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



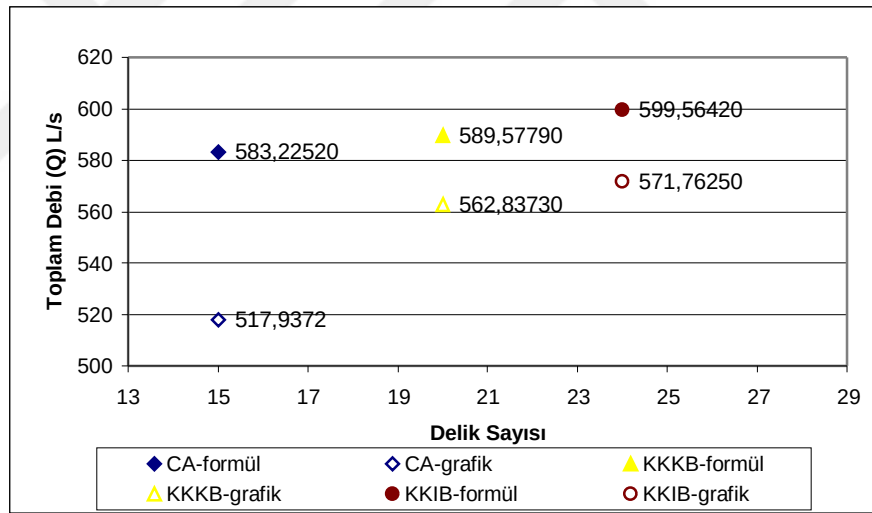
Şekil 4.79 E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



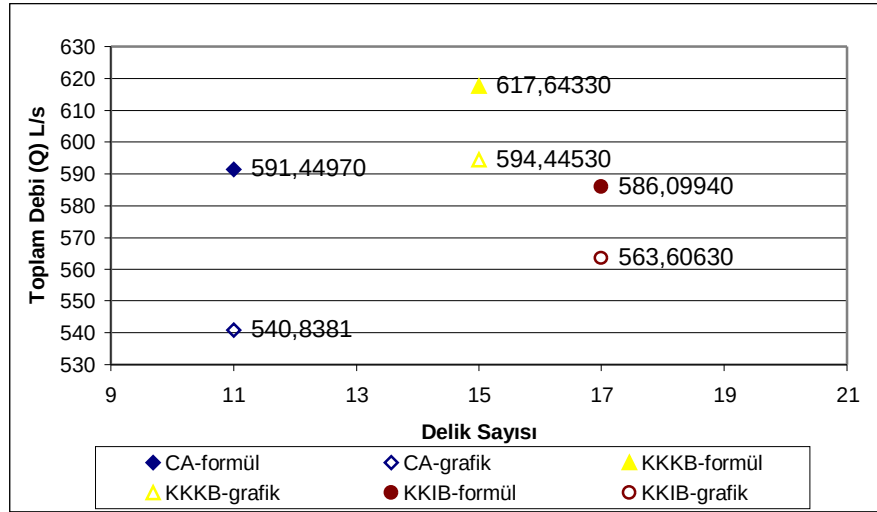
Şekil 4.80 E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



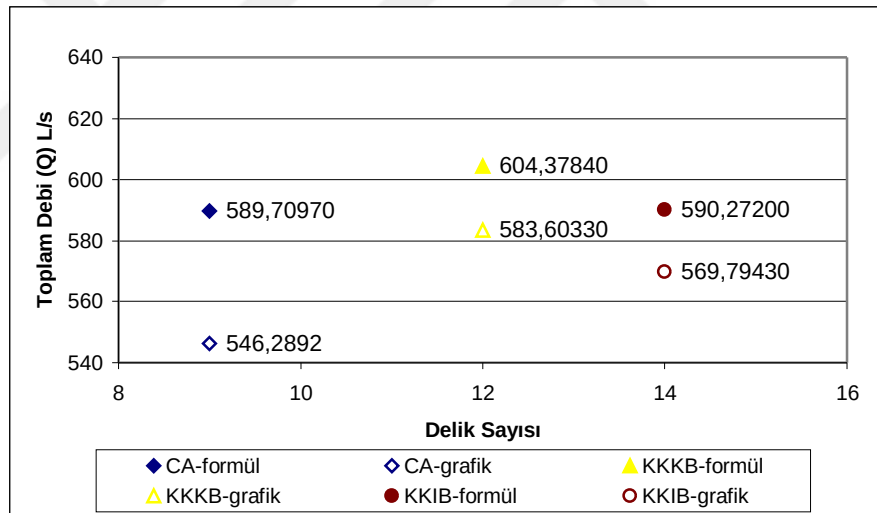
Şekil 4.81 E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



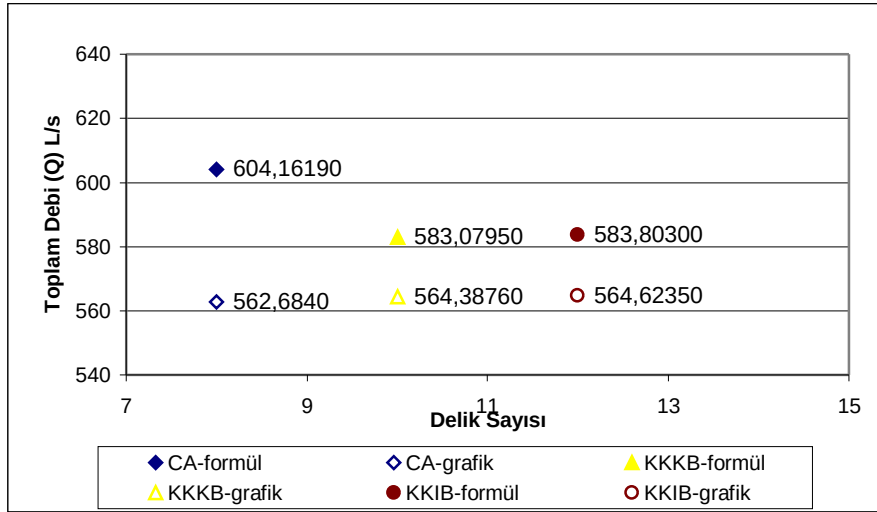
Şekil 4.82 E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



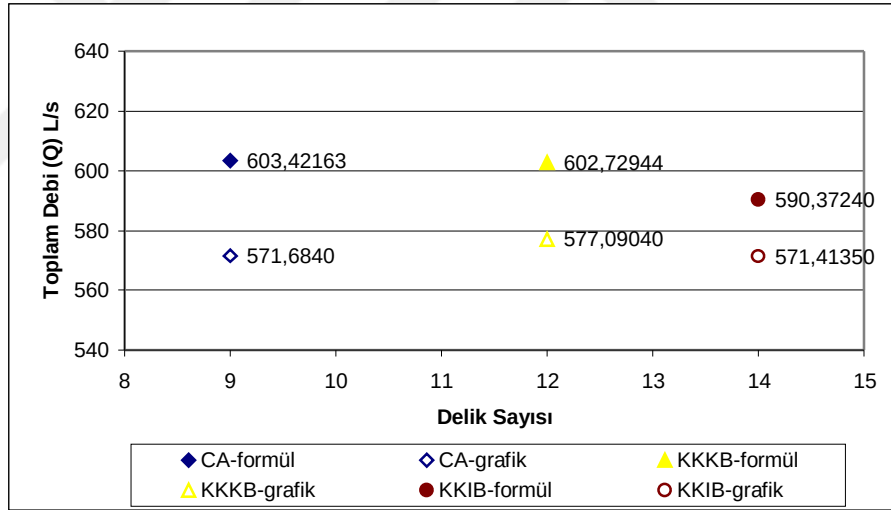
Şekil 4.83 E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



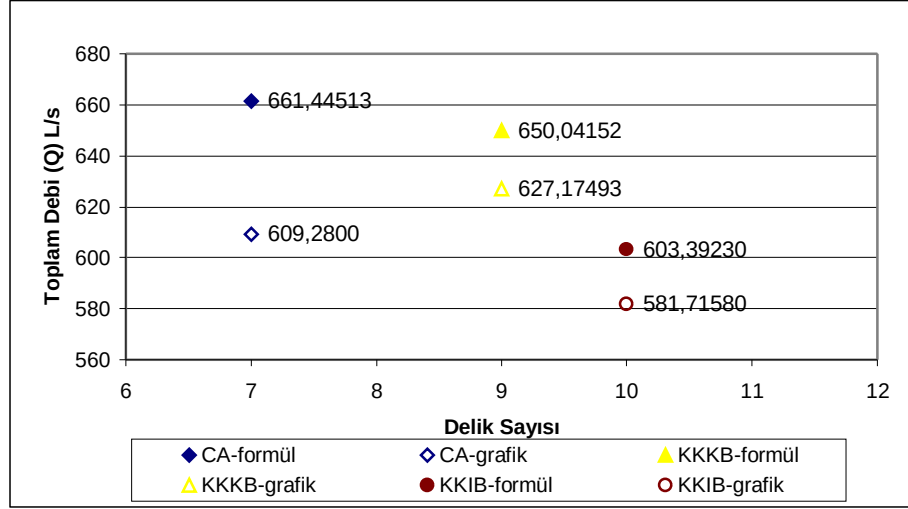
Şekil 4.84 E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



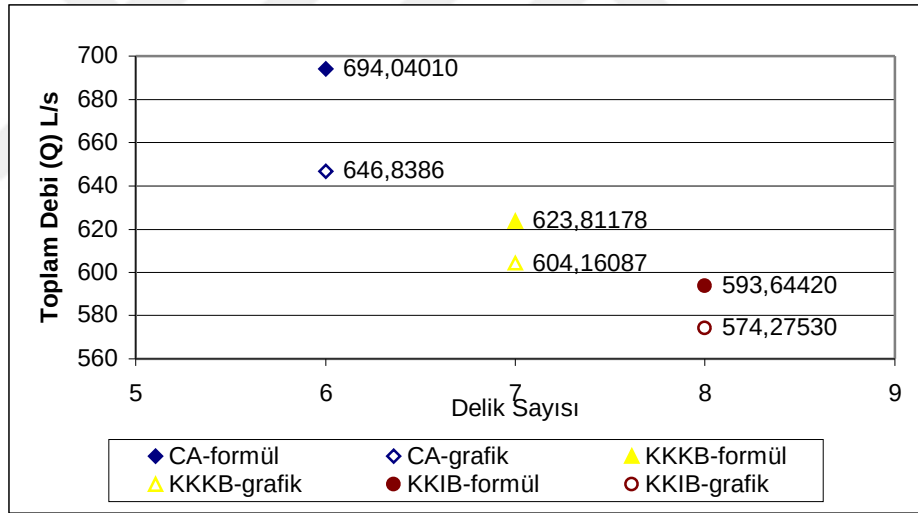
Şekil 4.85 E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



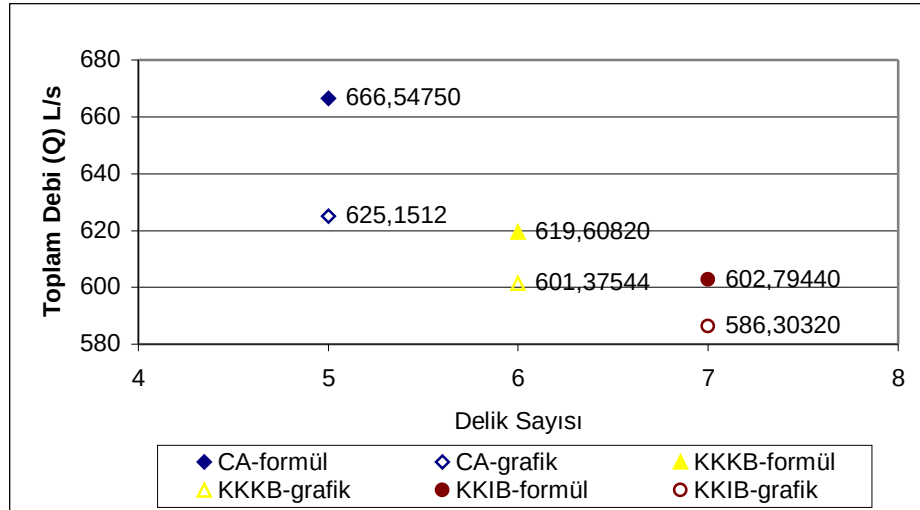
Şekil 4.86 E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



Şekil 4.87 E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



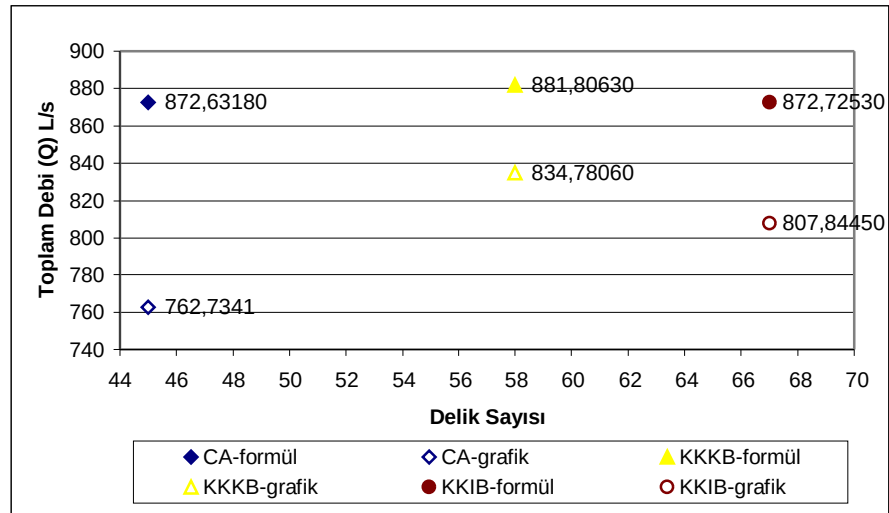
Şekil 4.88 E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



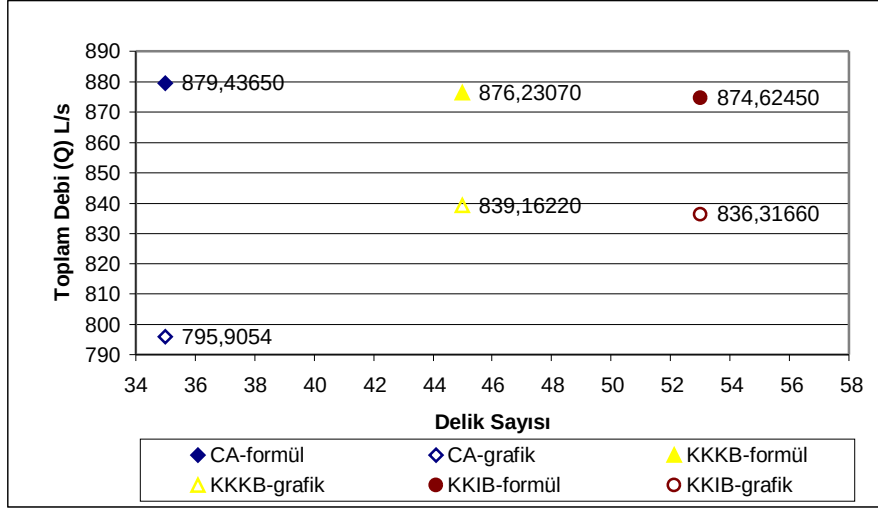
Şekil 4.89 E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması

4.4.4. 300.000 Nüfuslu bir yer için E_1 'e bağlı olarak N-Q farklılaşmaları

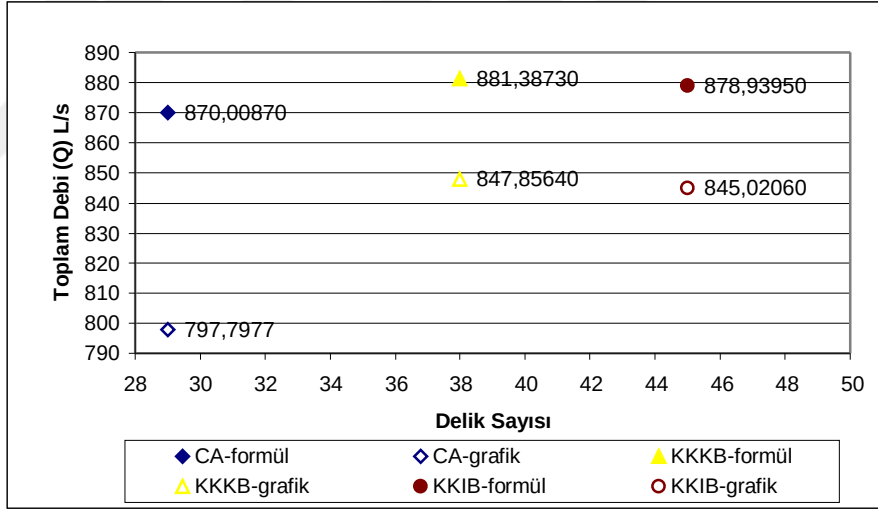
Şekil.89 - 100'de 300.000 nüfuslu bir yer için yapılan tasarımlarda farklı E_1 değerlerine göre toplam delik sayısı ile toplam debi arasındaki farklılaşmalar gösterilmiştir.



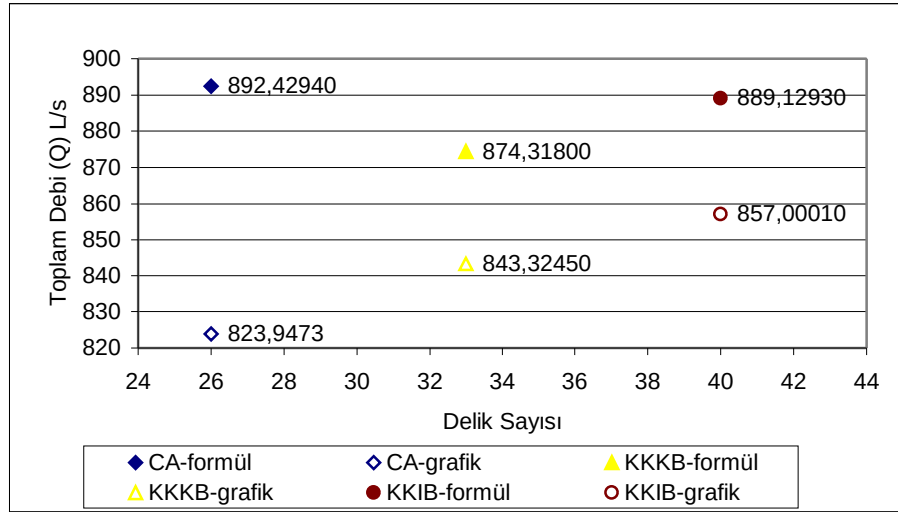
Şekil 4.90 E=0.25m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



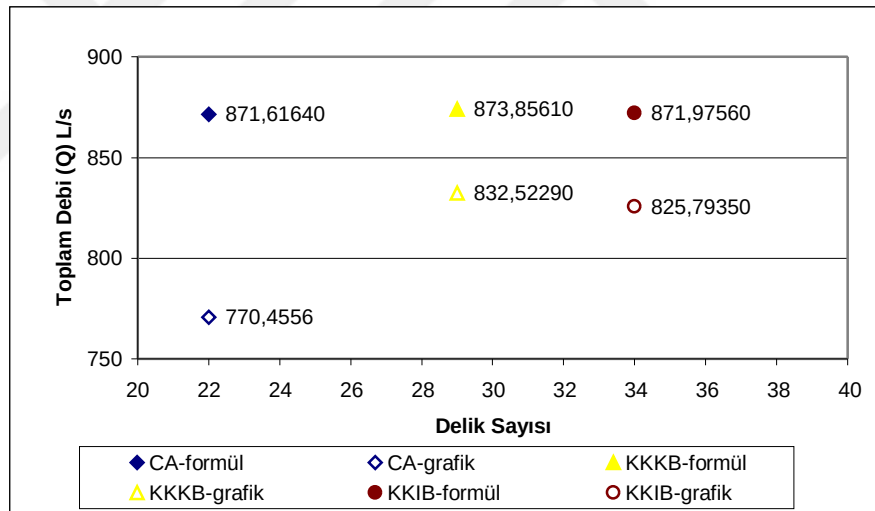
Şekil 4.91 E=0.50m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



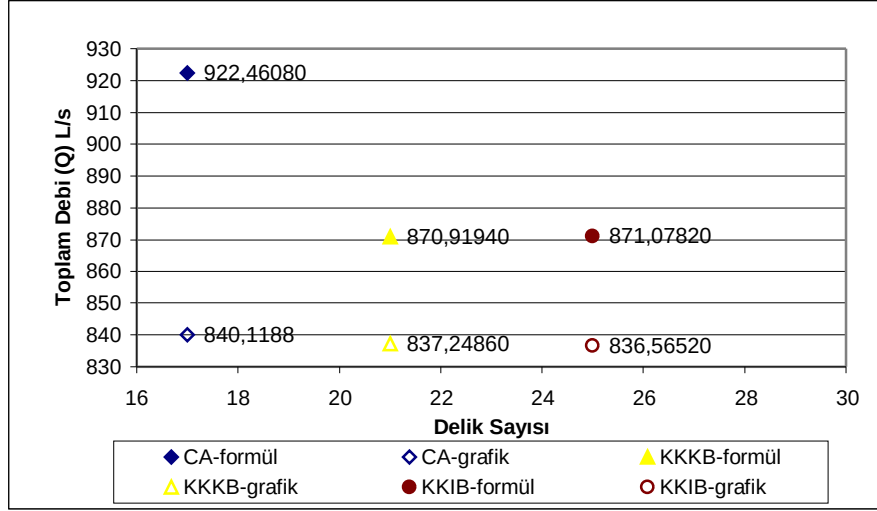
Şekil 4.92 E=0.75m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



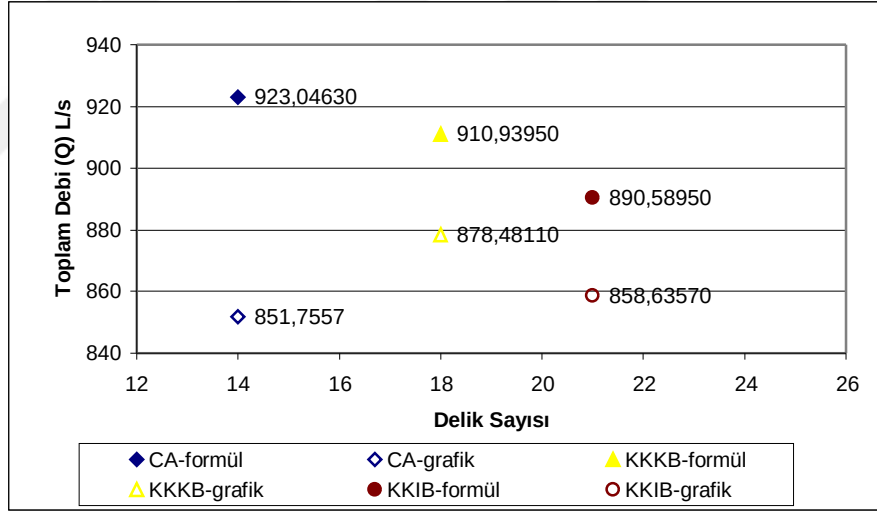
Şekil 4.93 E=1.00m ve d=10 cm için N-Q farklılaşması



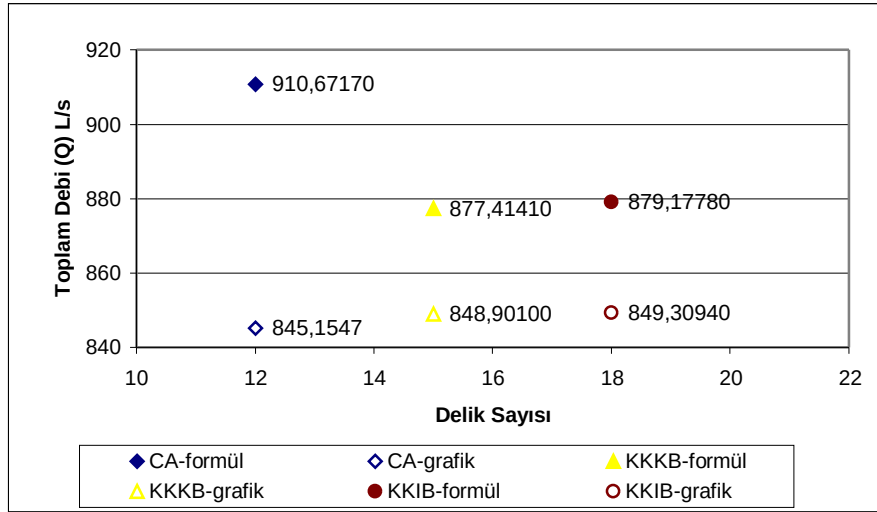
Şekil 4.94 E=0.25m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



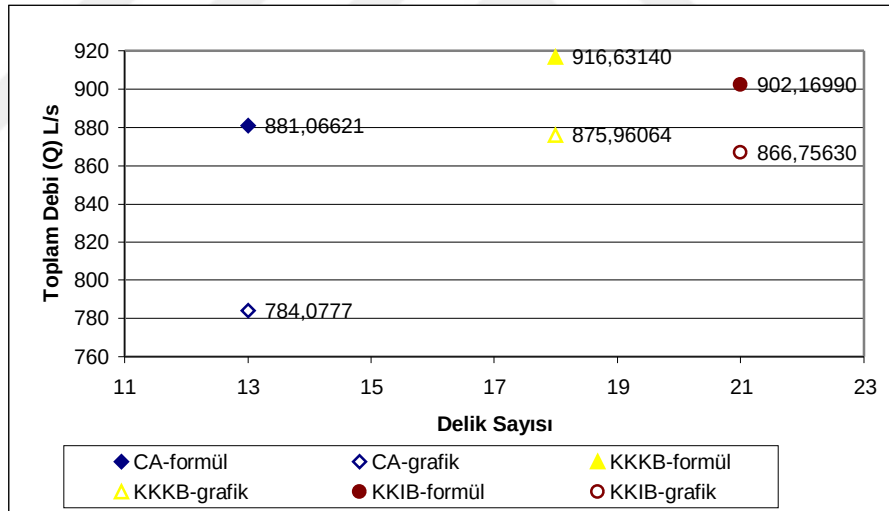
Şekil 4.95 E=0.50m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



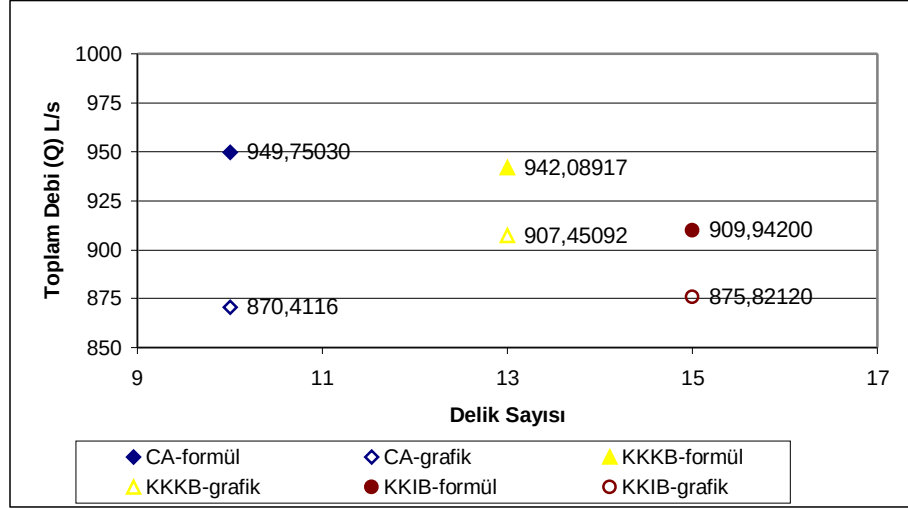
Şekil 4.96 E=0.75m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



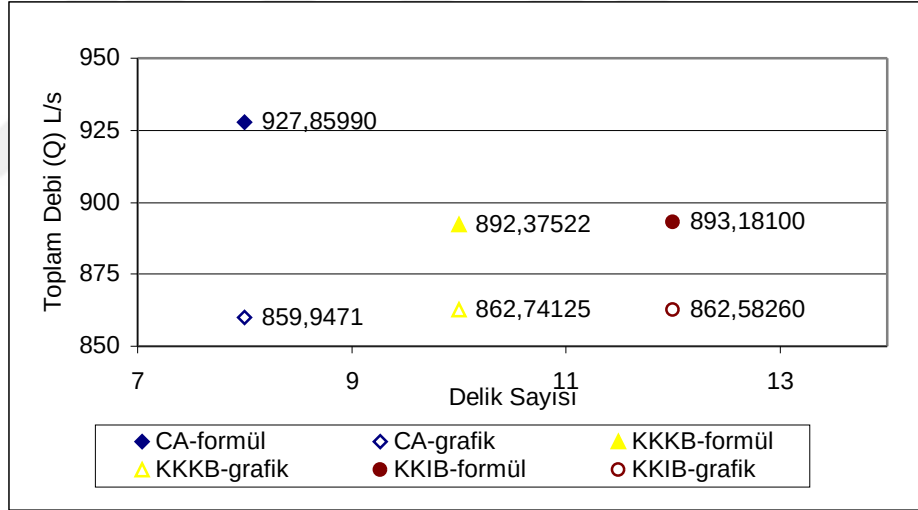
Şekil 4.97 E=1.00m ve d=15 cm için N-Q farklılaşması



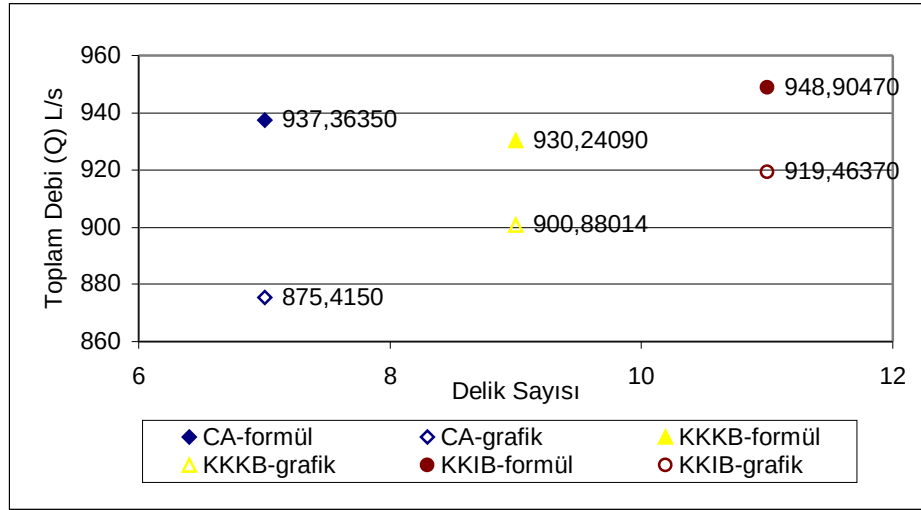
Şekil 4.98 E=0.25m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



Şekil 4.99 E=0.50m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



Şekil 4.100 E=0.75m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması



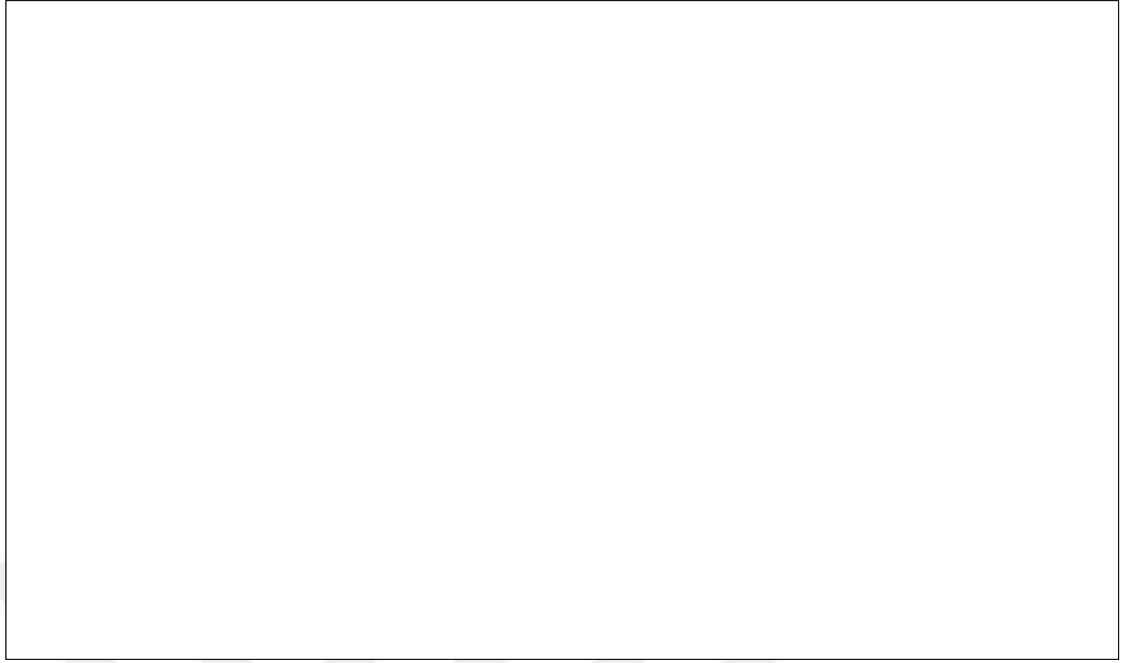
Şekil 4.101 E=1.00m ve d=20 cm için N-Q farklılaşması

4.5. DELİK NUMARASI - DELİK DEBİSİ ARASINDAKİ FARKLILAŞMALAR

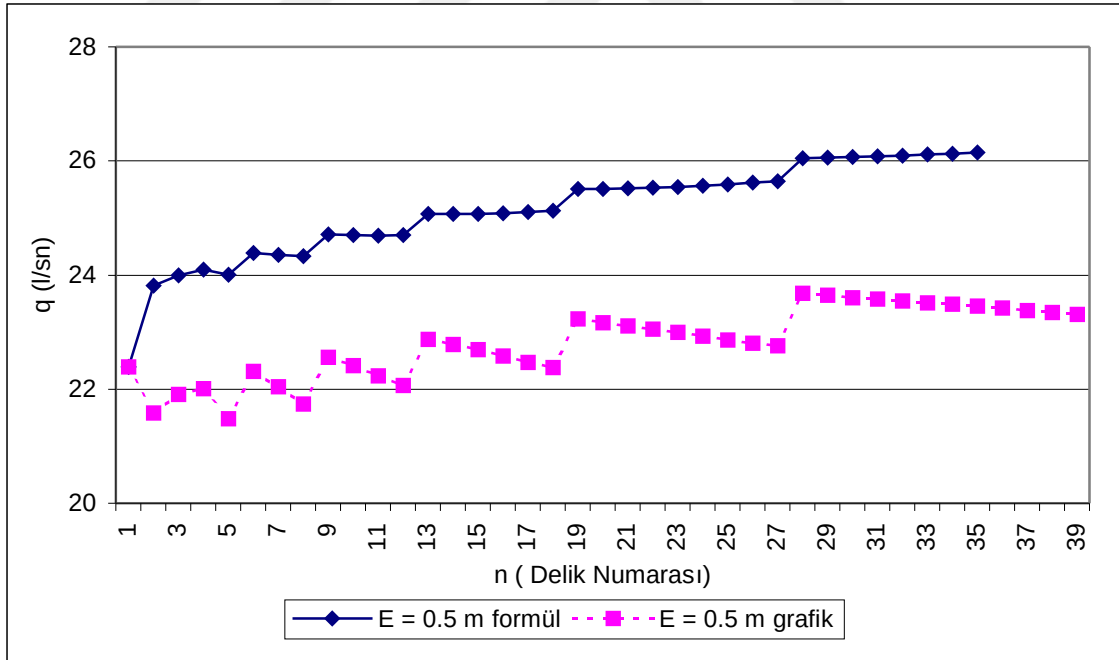
Başlangıçta seçilen hidrolik yüke bağlı olarak iki yöntem arasında toplam debide ve buna bağlı olarak ta kapasitede (nüfus) farklılıklar görülmüştür. Bu farklılıkların sebebi E_1 başlangıç hidrolik yüküne bağlı olarak iki yöntemdeki aynı delik numaralarında meydana gelen farklı debi değerleridir.

4.5.1. ÇA delik tipi için n-q farklılaşmaları

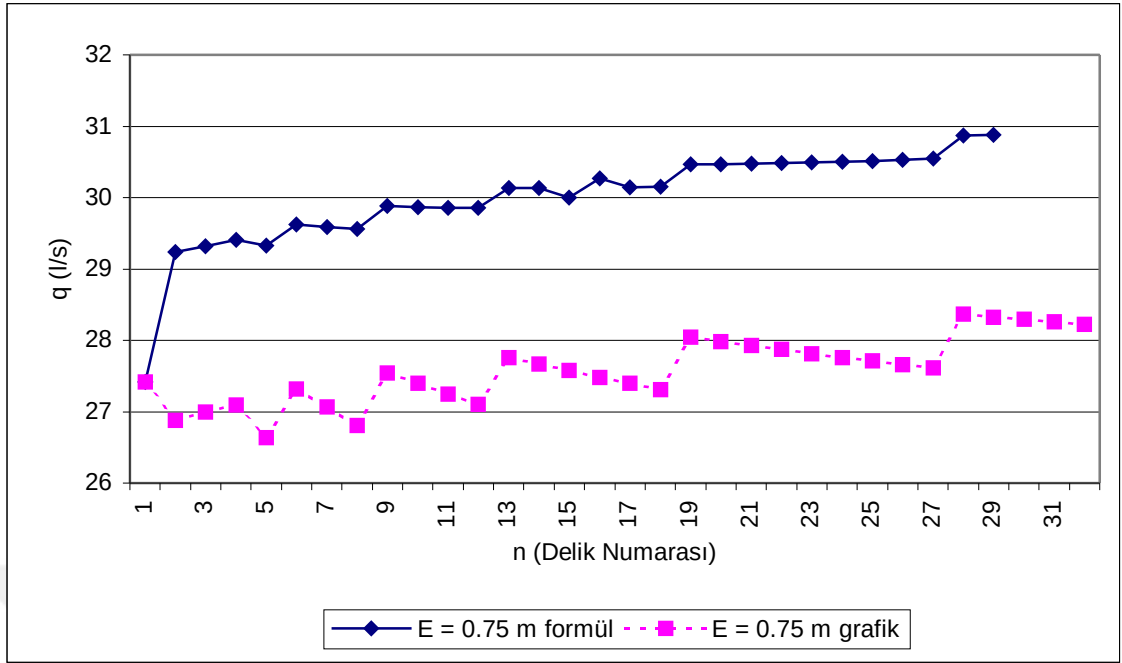
Şekil.101-136'da farklı başlangıç hidrolik yüklerine sahip tasarımların iki yöntem sonucunda aynı deliklerdeki debi değerleri arasındaki farklılıklar gösterilmiştir. Grafiklerdeki toplam delik sayıları 300.000 nüfuslu bir yerin ihtiyacını karşılayabilecek debi değerine göre yapılan hesaplarda çıkan sayılardır. Böylece 300.000 nüfusluk bir kapasiteye ulaşıncaya kadar yaptığımız bütün hesapları (50.000, 100.000, 200.000 ve 300.000 nüfusun ihtiyacını karşılayacak debi değerleri) içeren toplu bir grafik elde edilmiştir.



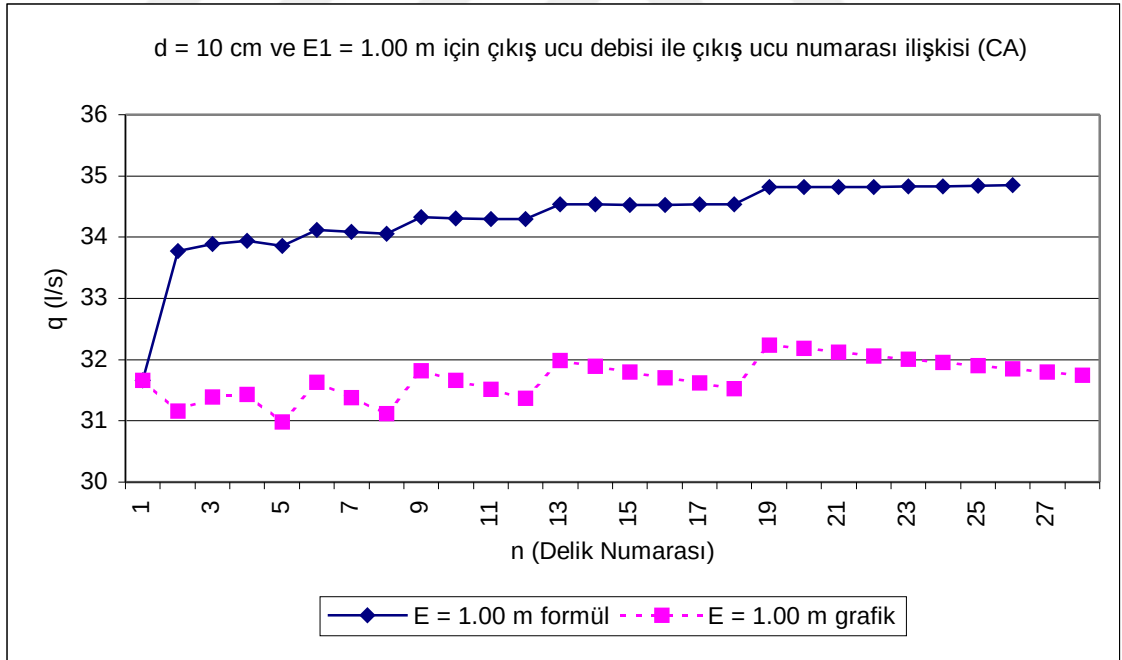
Şekil 4.102 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.25\text{m}$ için n - q ilişkisi (ÇA)



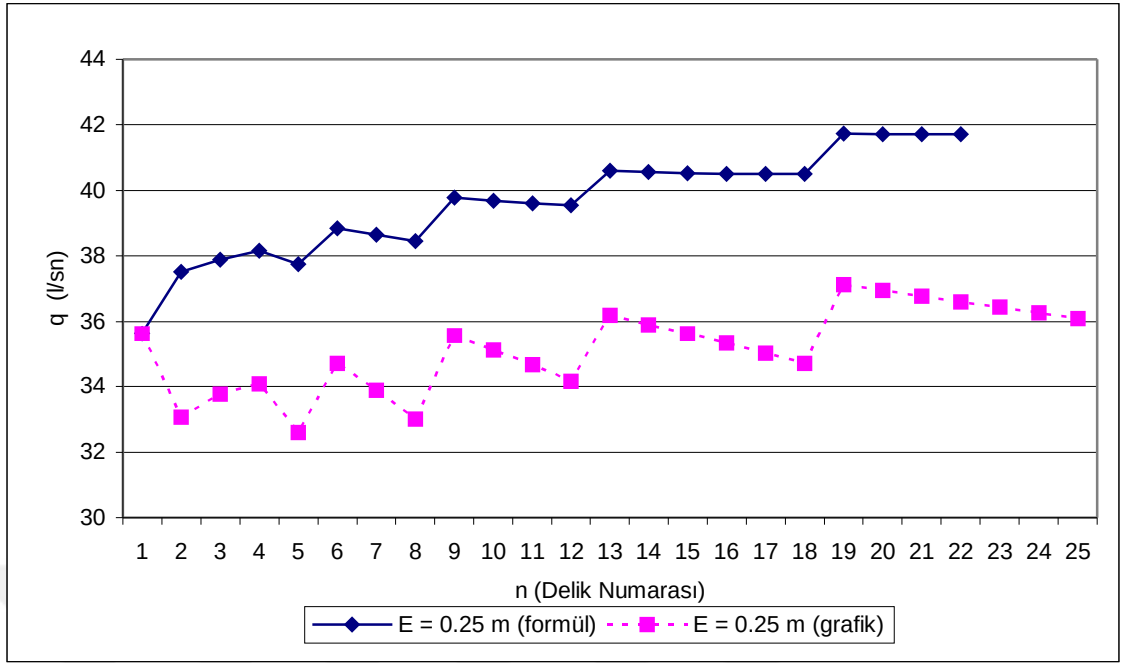
Şekil 4.103 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.50\text{m}$ için n - q ilişkisi (ÇA)



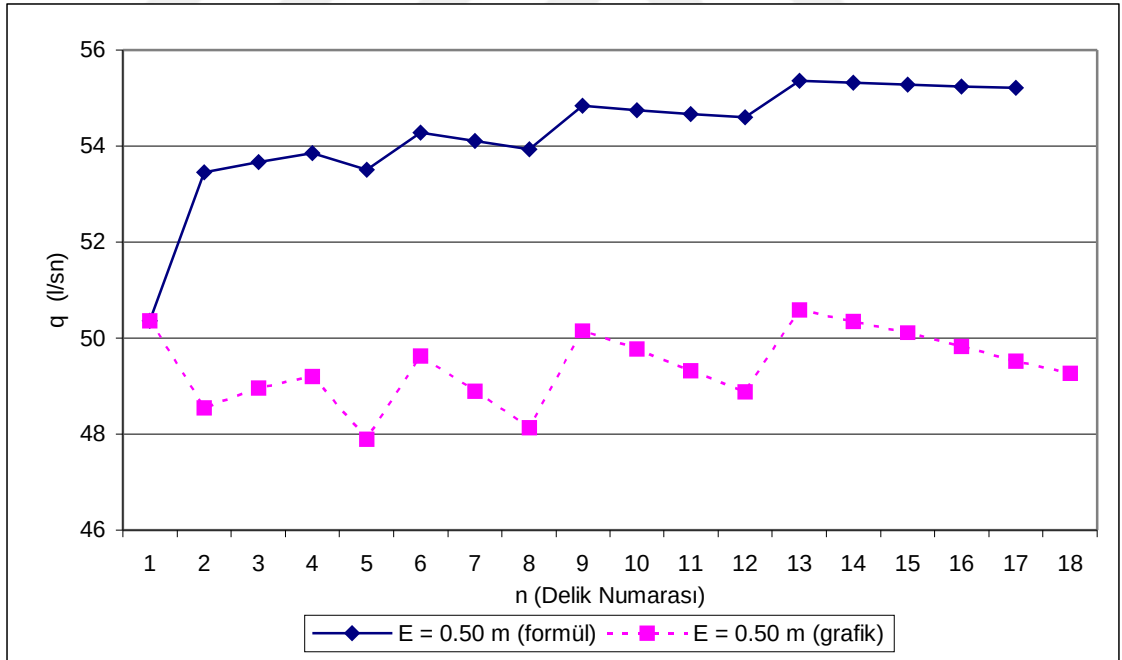
Şekil 4.104 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (ÇA)



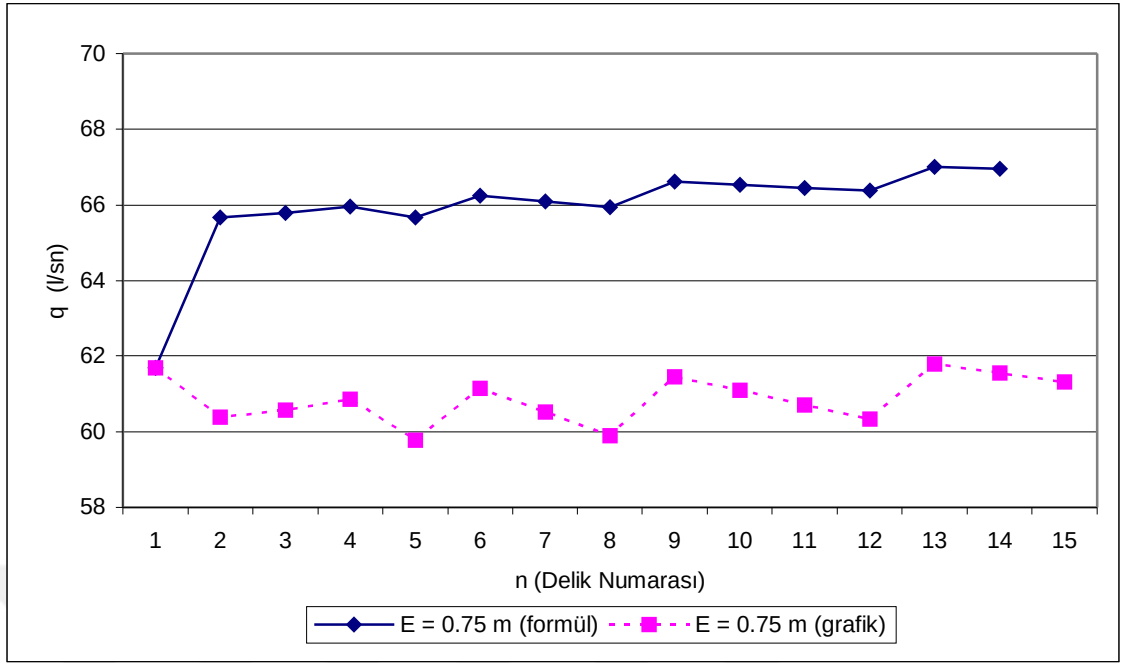
Şekil 4.105 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (ÇA)



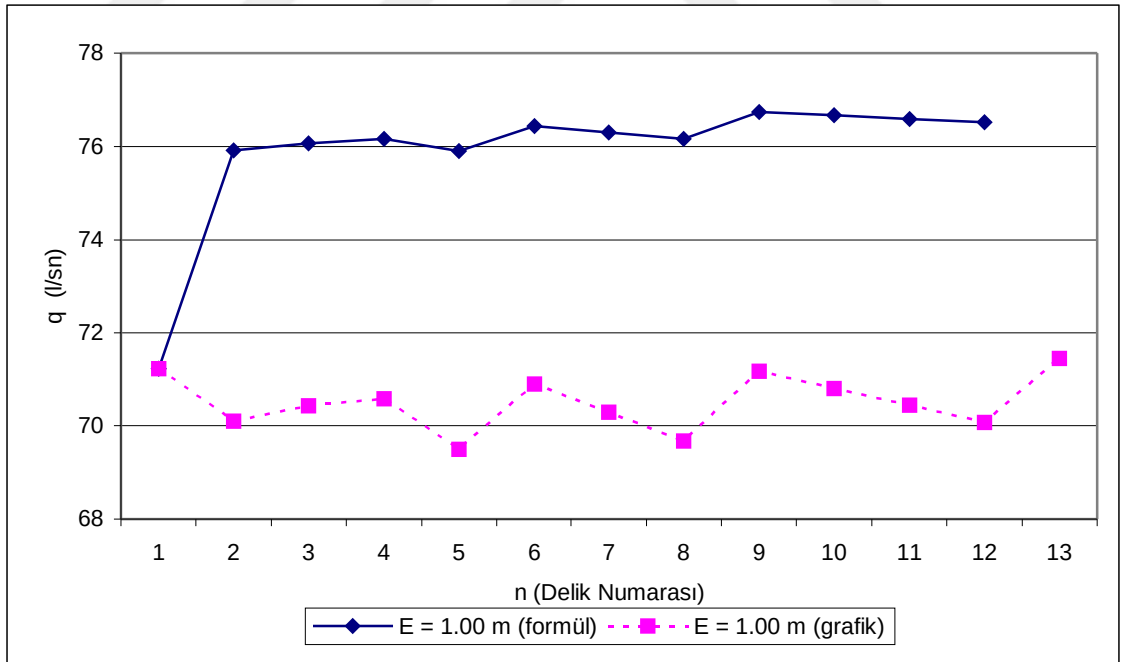
Şekil 4.106 d=15cm ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (ÇA)



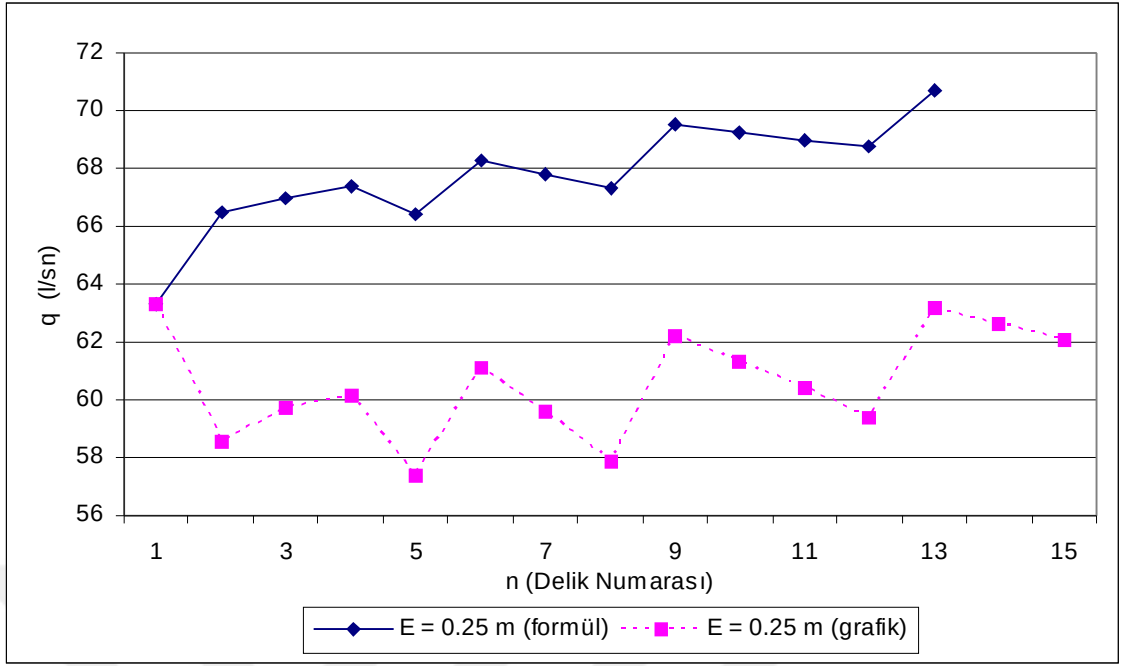
Şekil 4.107 d=15cm ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (ÇA)



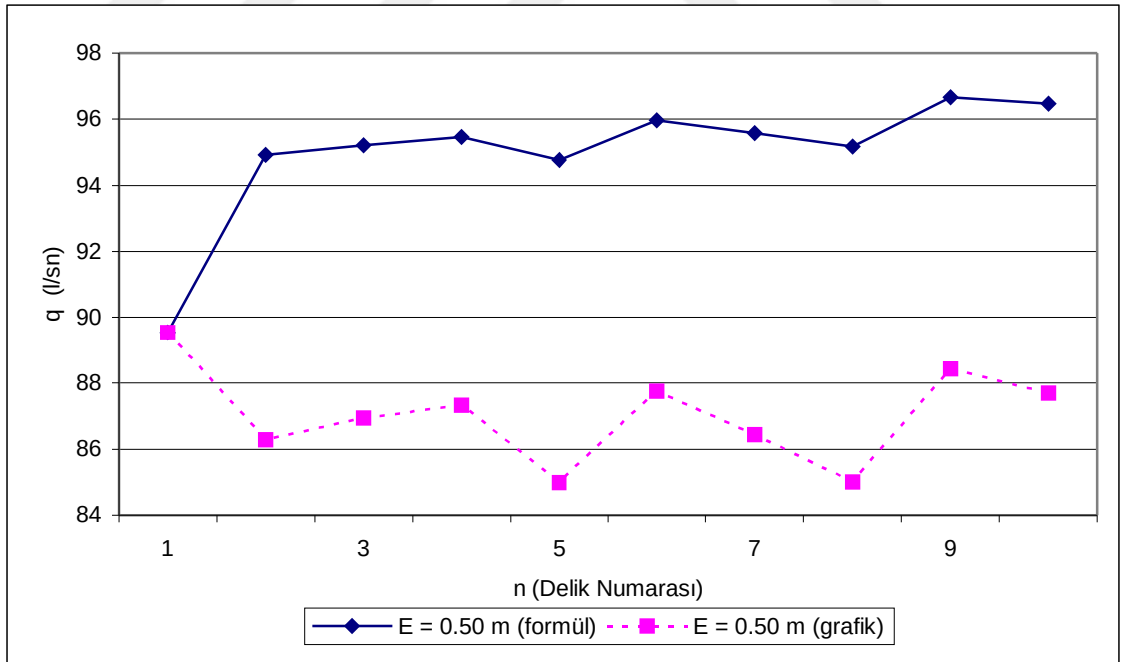
Şekil 4.108 d=15cm ve $E_1=0.75\text{m}$ için n-q ilişkisi (ÇA)



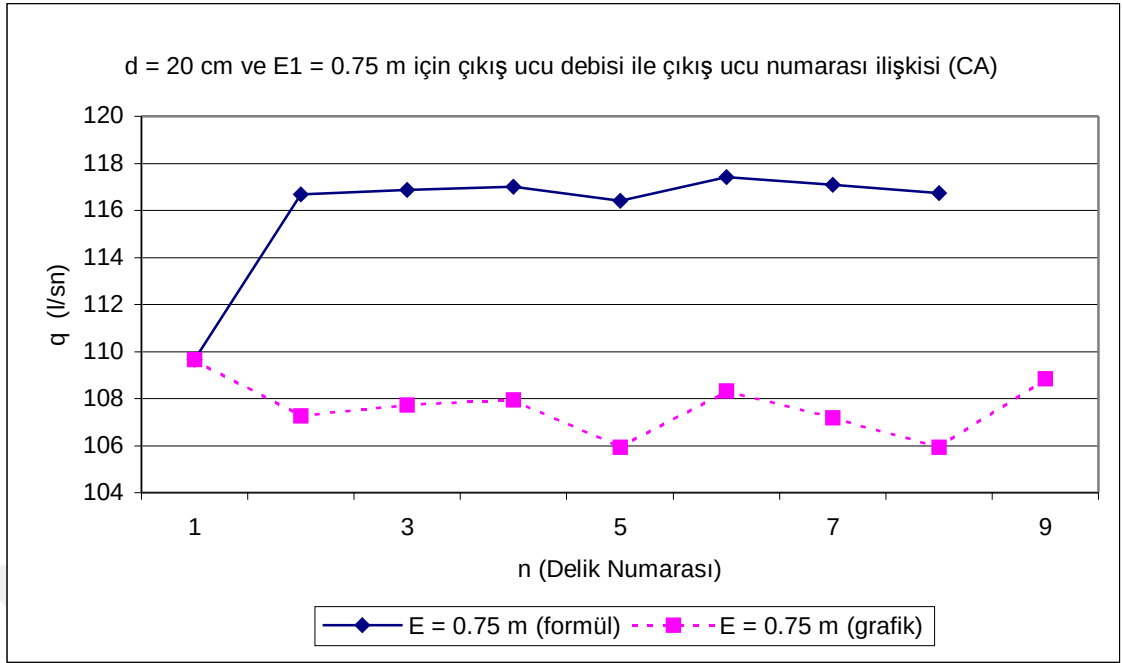
Şekil 4.109 d=15cm ve $E_1=1.00\text{m}$ için n-q ilişkisi (ÇA)



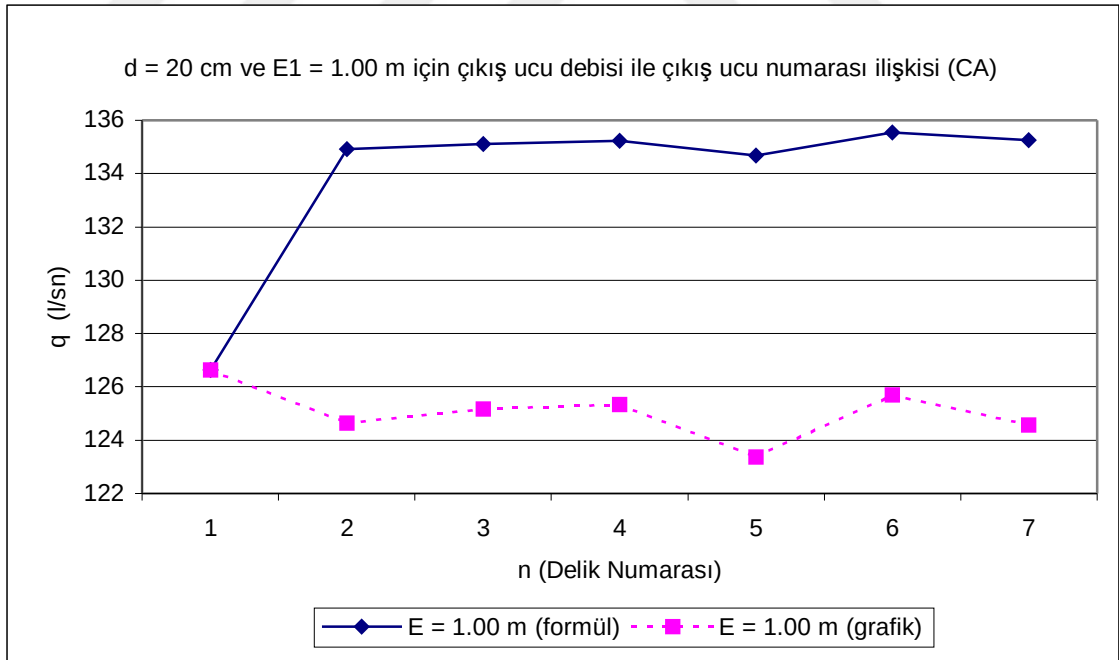
Şekil 4.110 d=20cm ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (ÇA)



Şekil 4.111 d=20cm ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (ÇA)

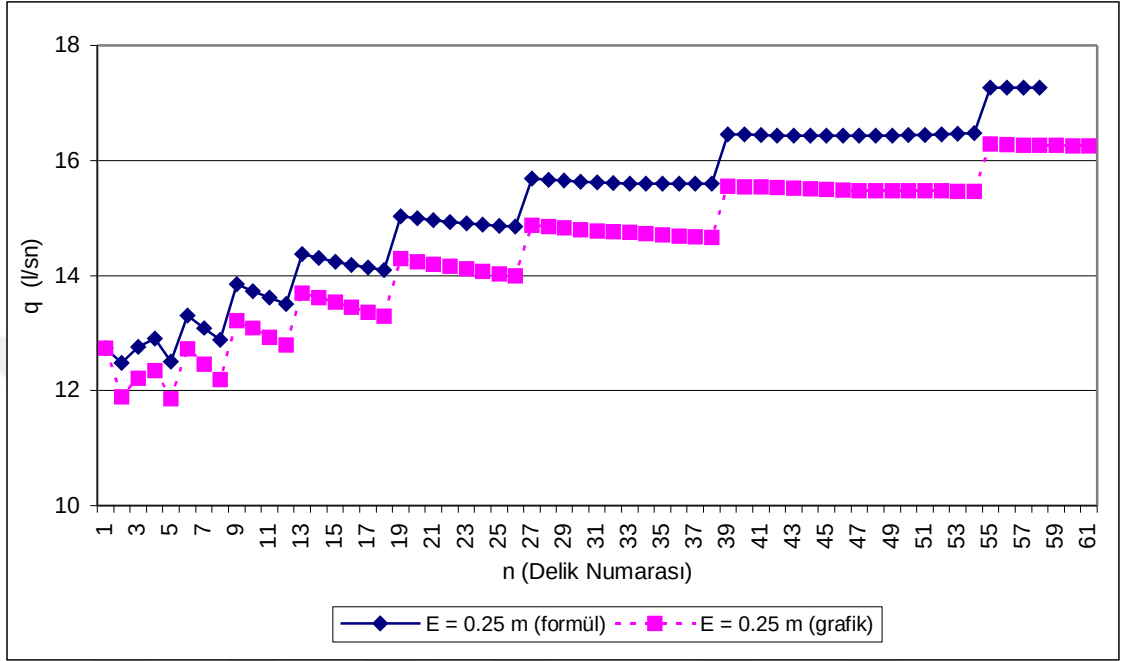


Şekil 4.112 d=20cm ve E₁=0.75m için n-q ilişkisi (ÇA)

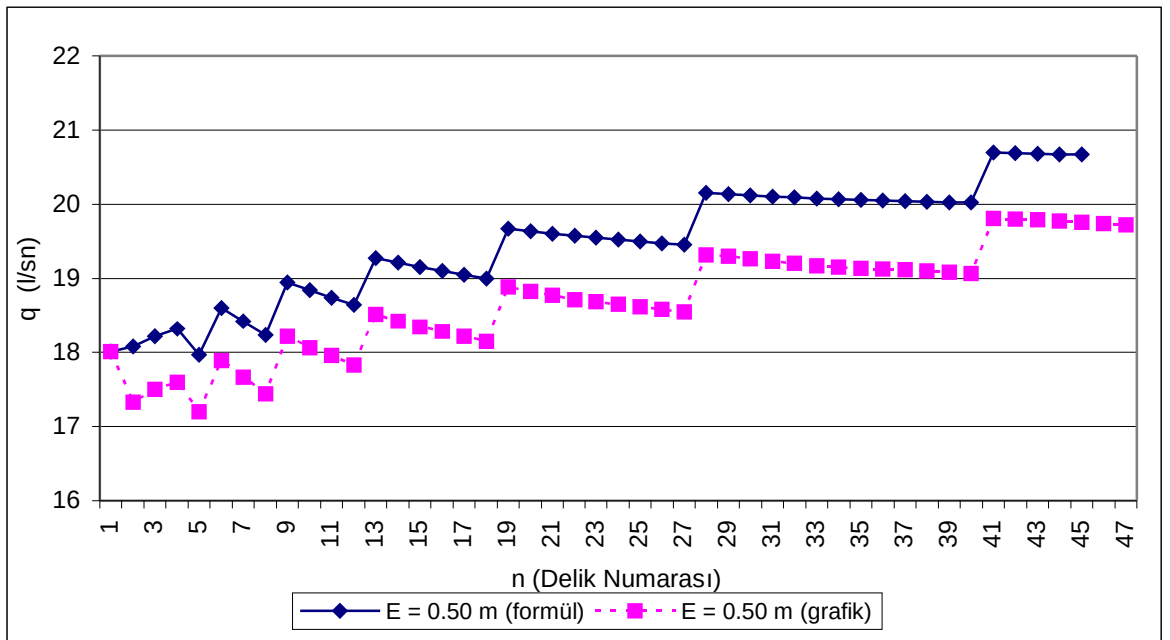


Şekil 4.113 d=20cm ve E₁=1.00m için n-q ilişkisi (ÇA)

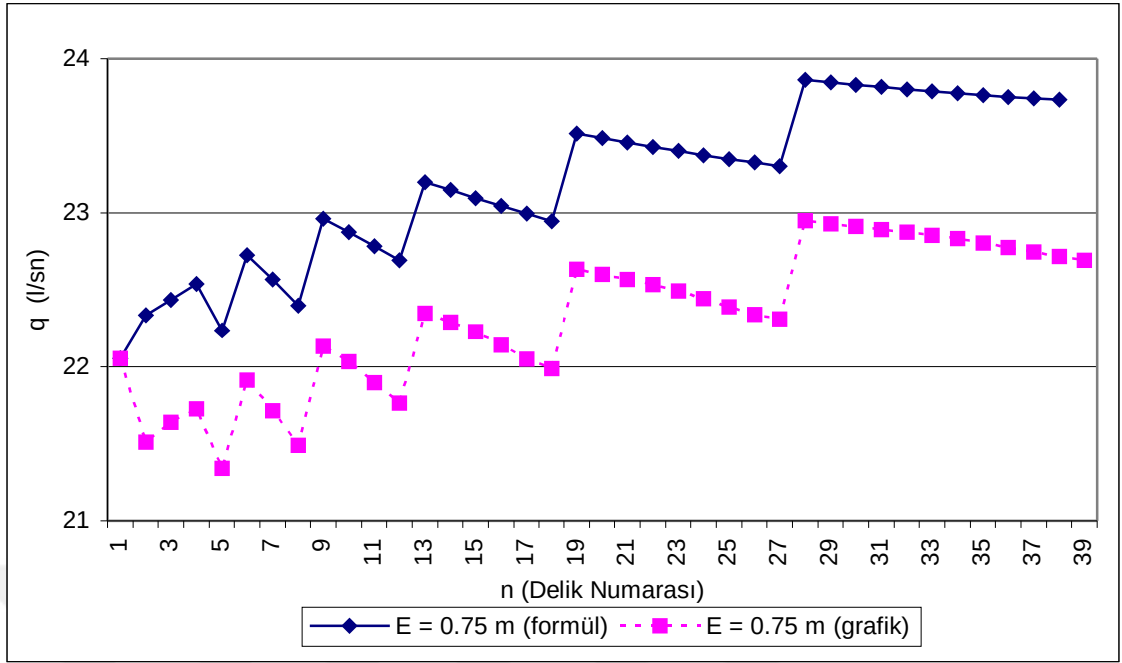
4.5.2 KKKB delik tipi için n-q farklılaşmaları



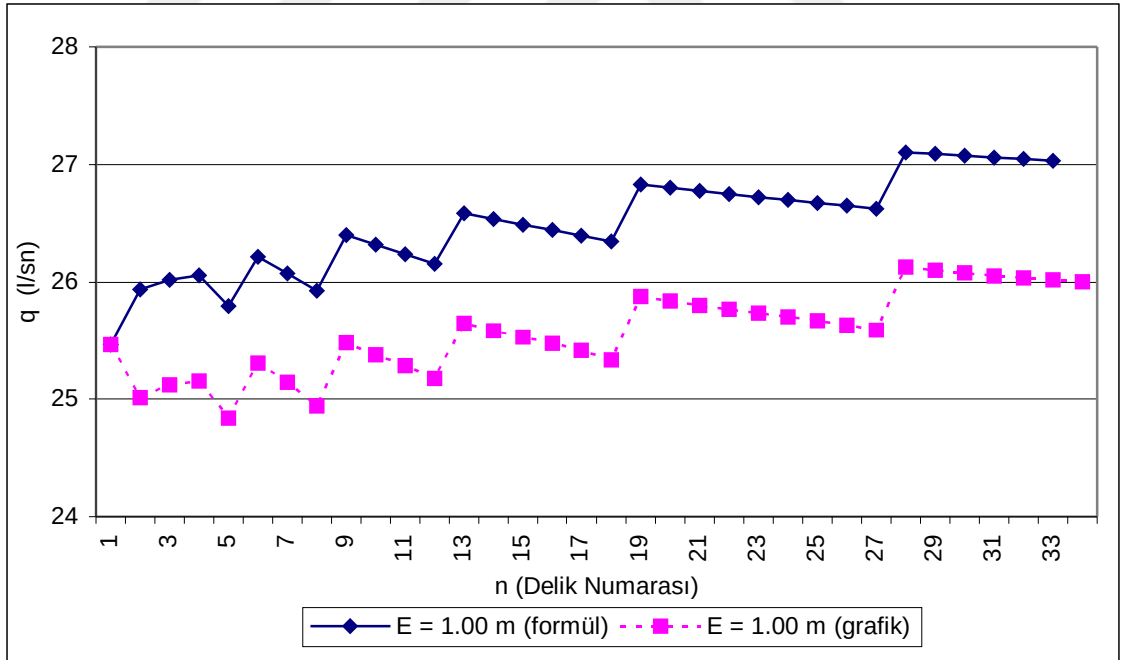
Şekil 4.114 $d=10$ cm ve $E_1=0.25$ m için n-q ilişkisi (KKKB)



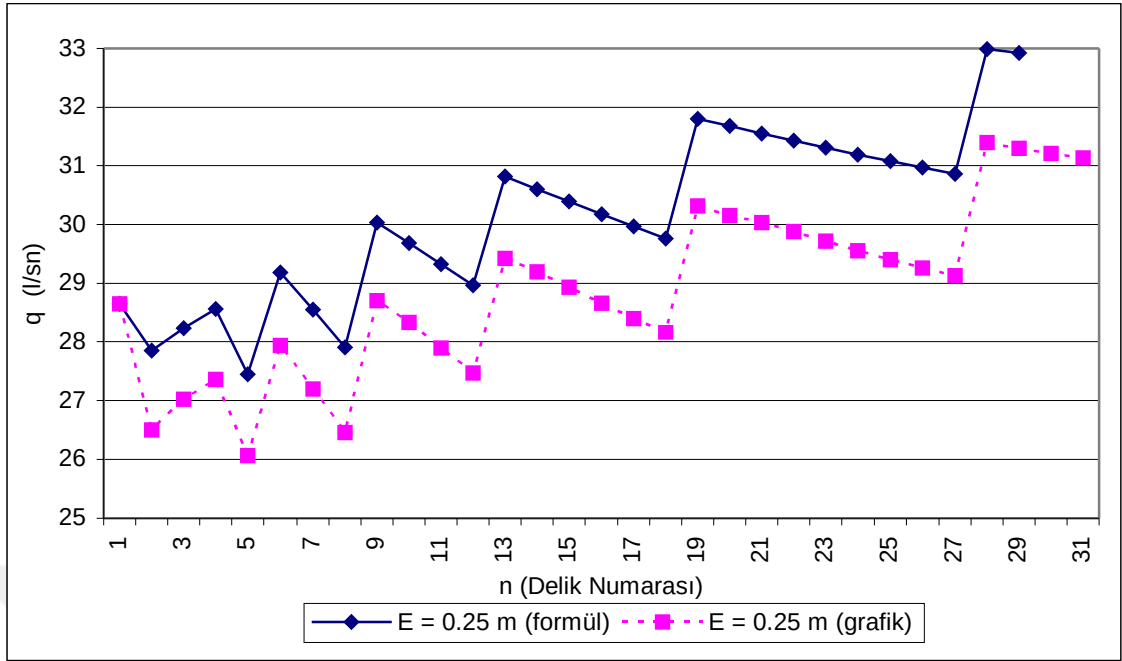
Şekil 4.115 $d=10$ cm ve $E_1=0.50$ m için n-q ilişkisi (KKKB)



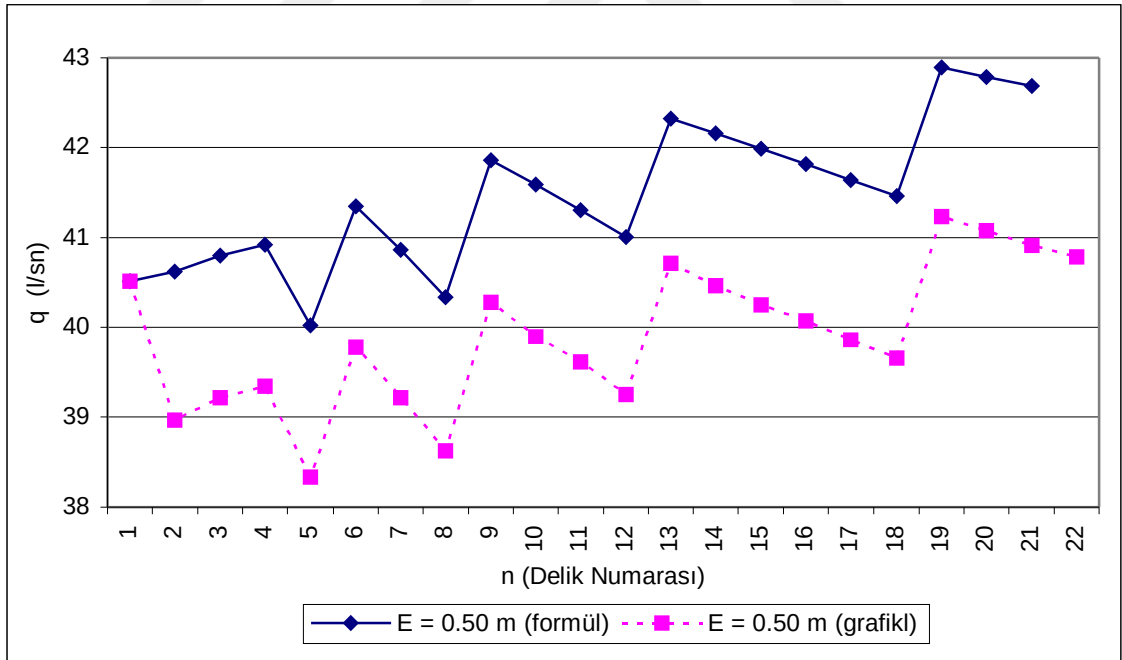
Şekil 4.116 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)



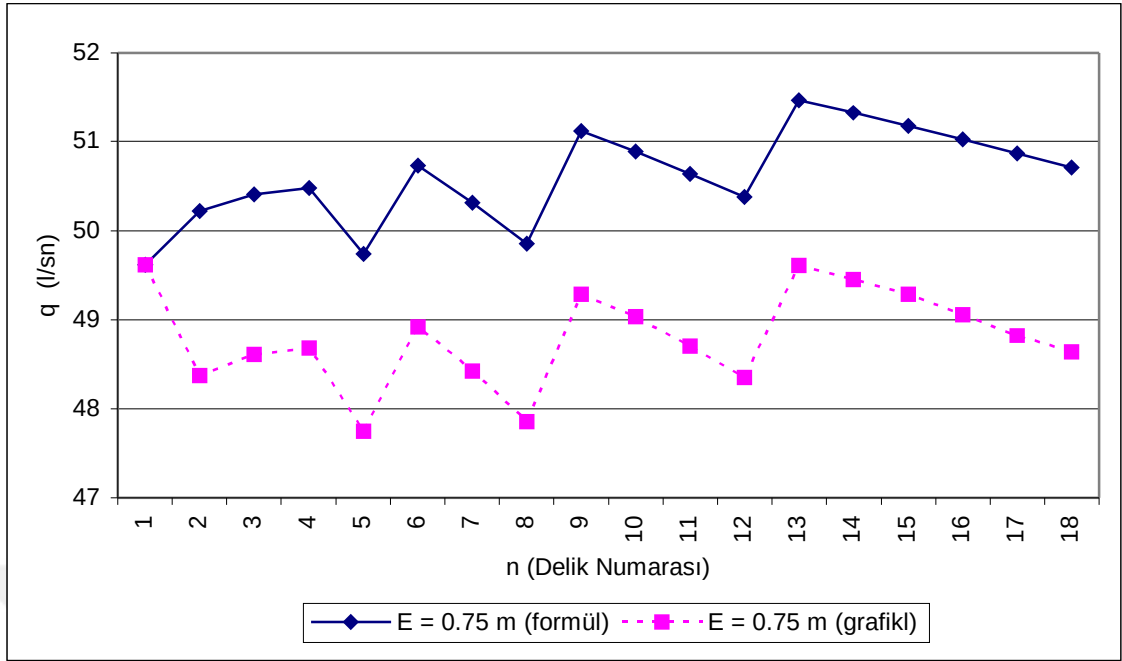
Şekil 4.117 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)



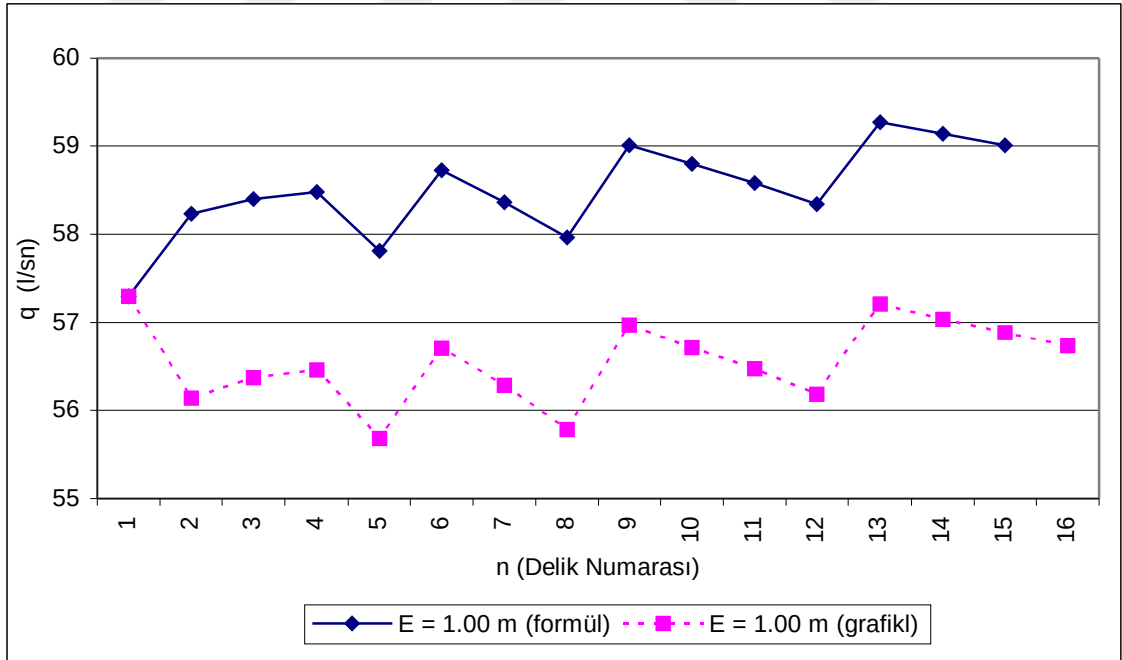
Şekil 4.118 d=15cm ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKKB)



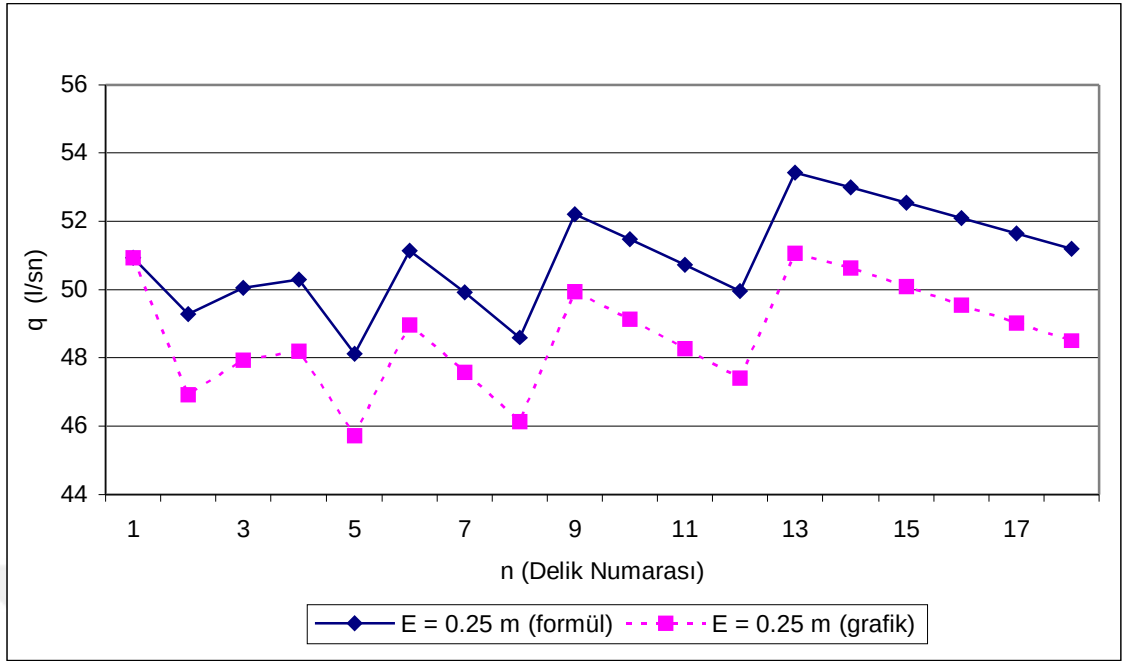
Şekil 4.119 d=15cm ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKKB)



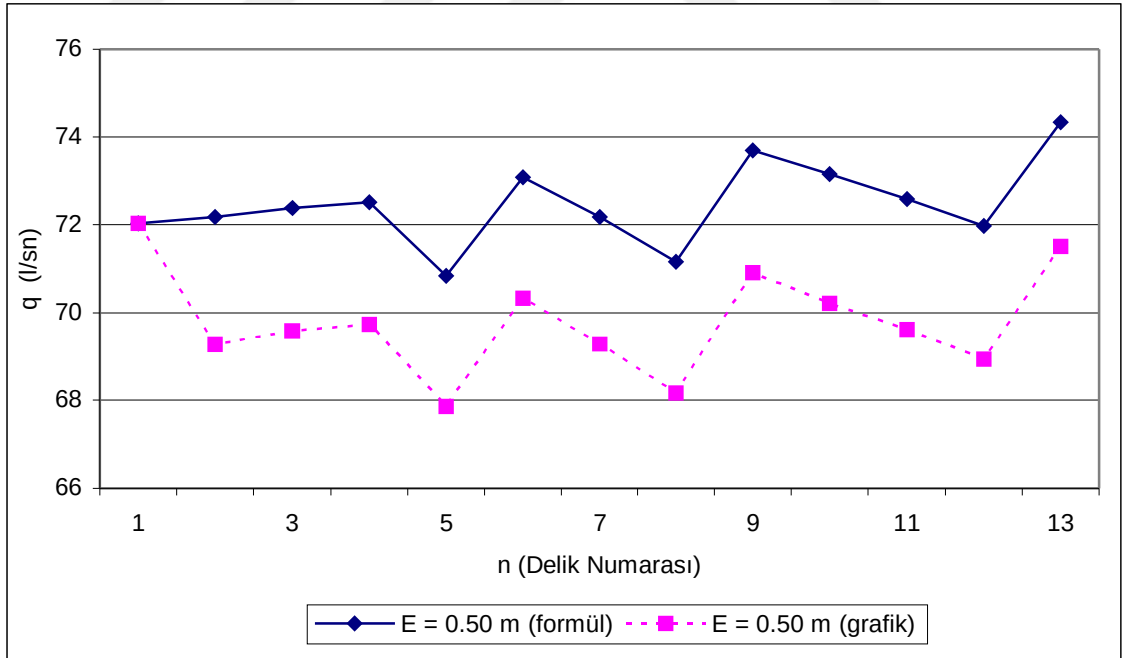
Şekil 4.120 $d=15\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)



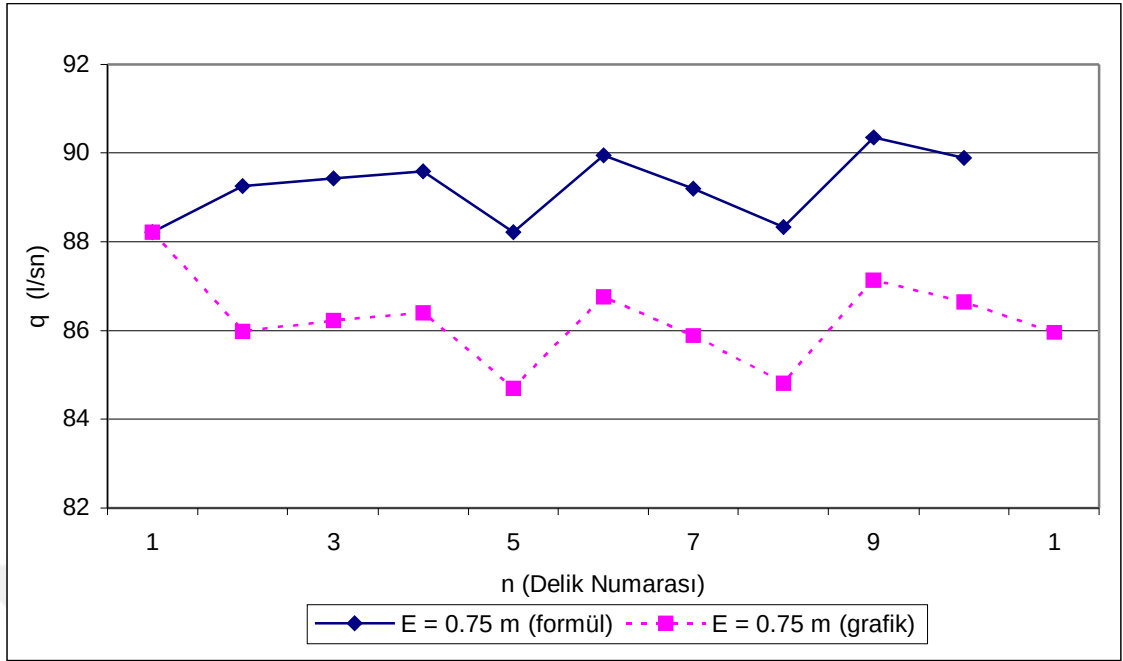
Şekil 4.121 $d=15\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)



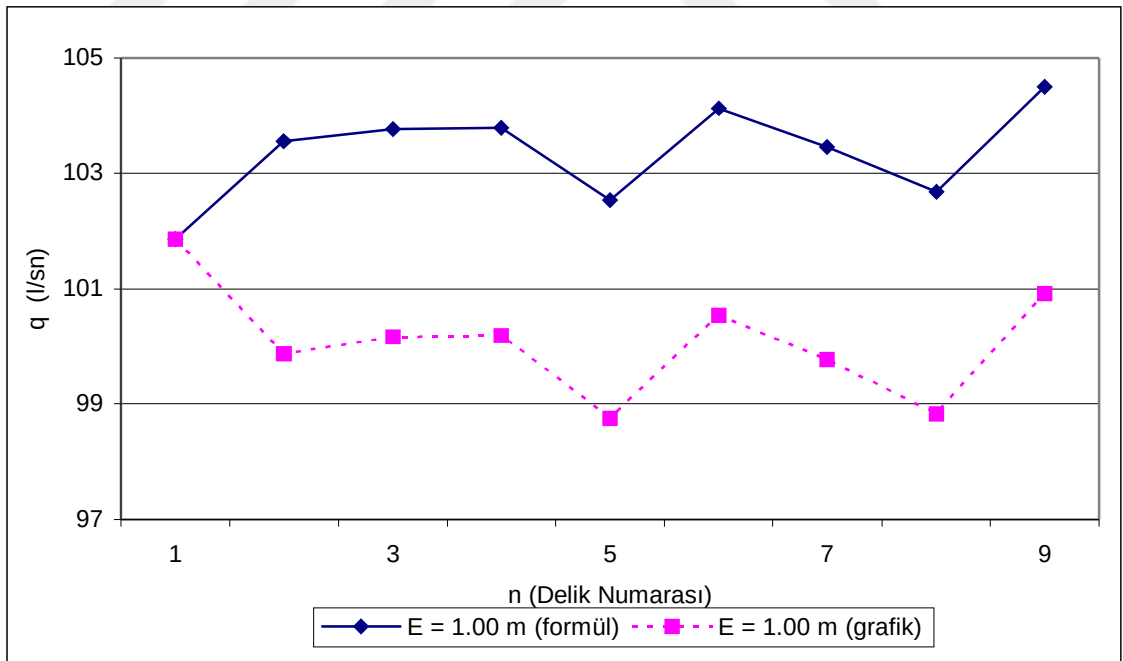
Şekil 4.122 d=20cm ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKKB)



Şekil 4.123 d=20cm ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKKB)

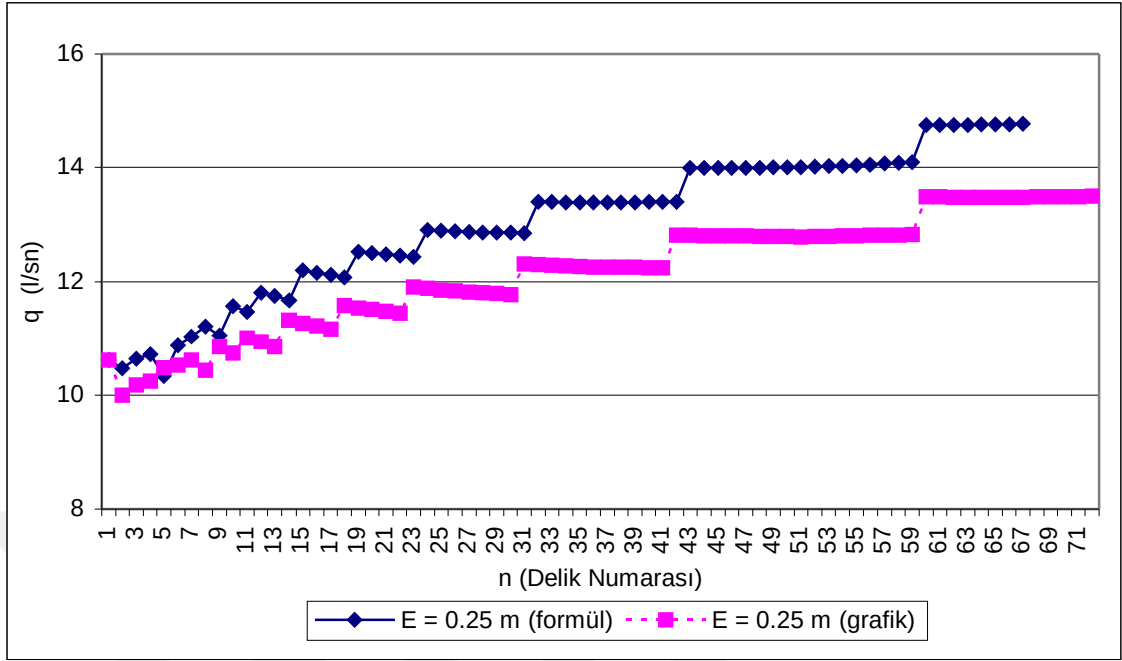


Şekil 4.124 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)

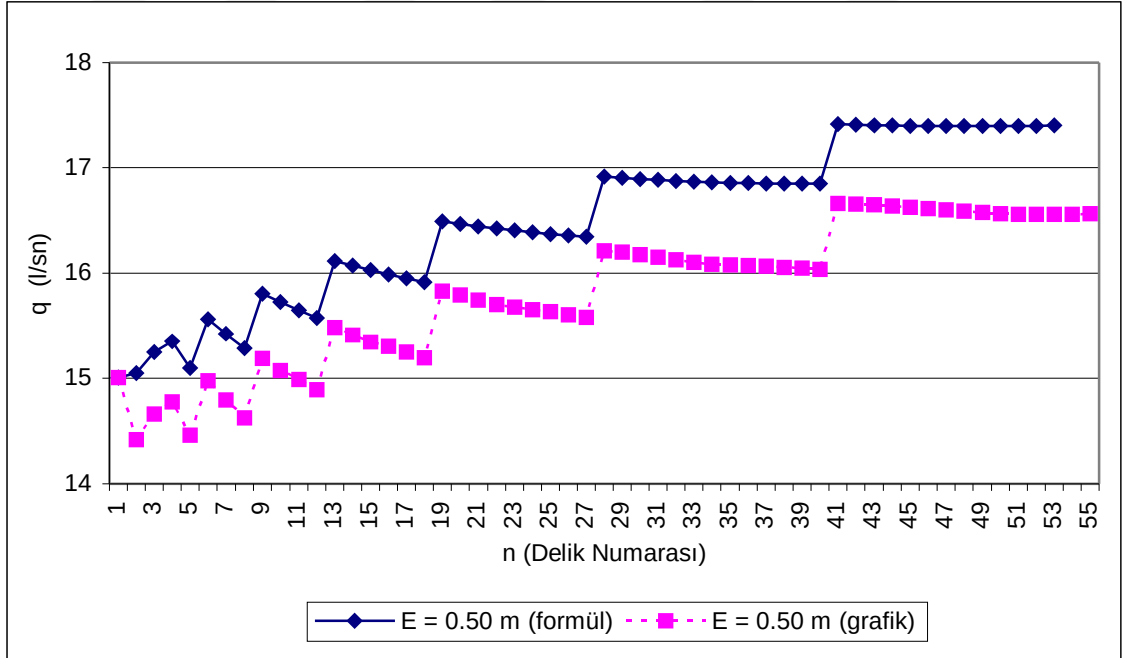


Şekil 4.125 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKKB)

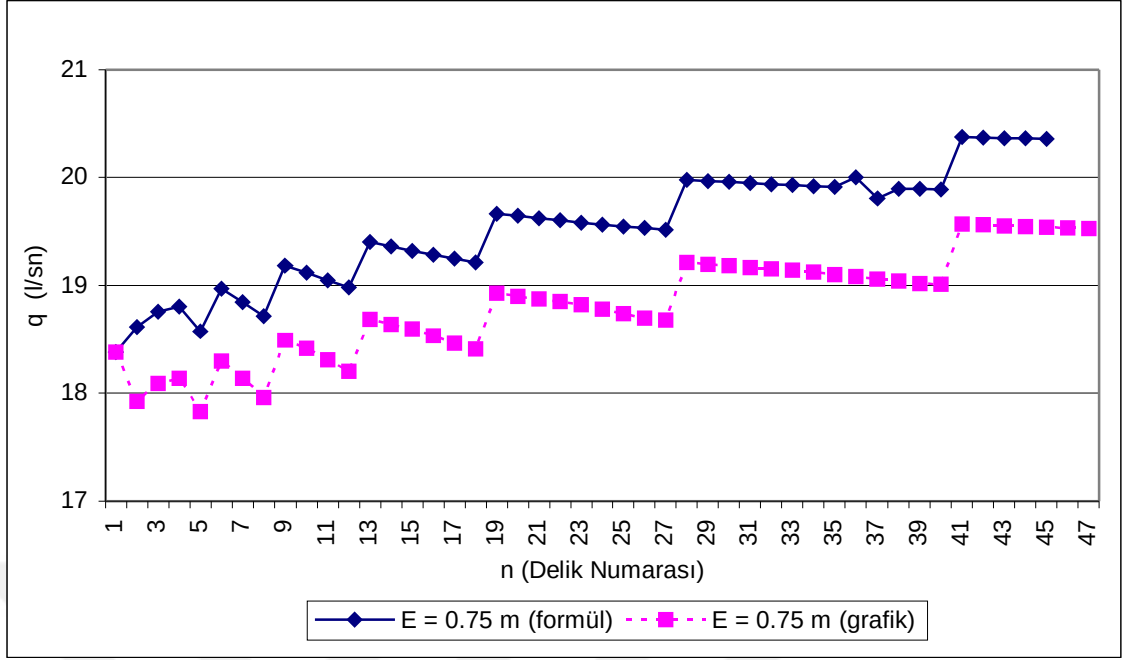
4.5.3 KKİB delik tipi için n-q farklılaşmaları



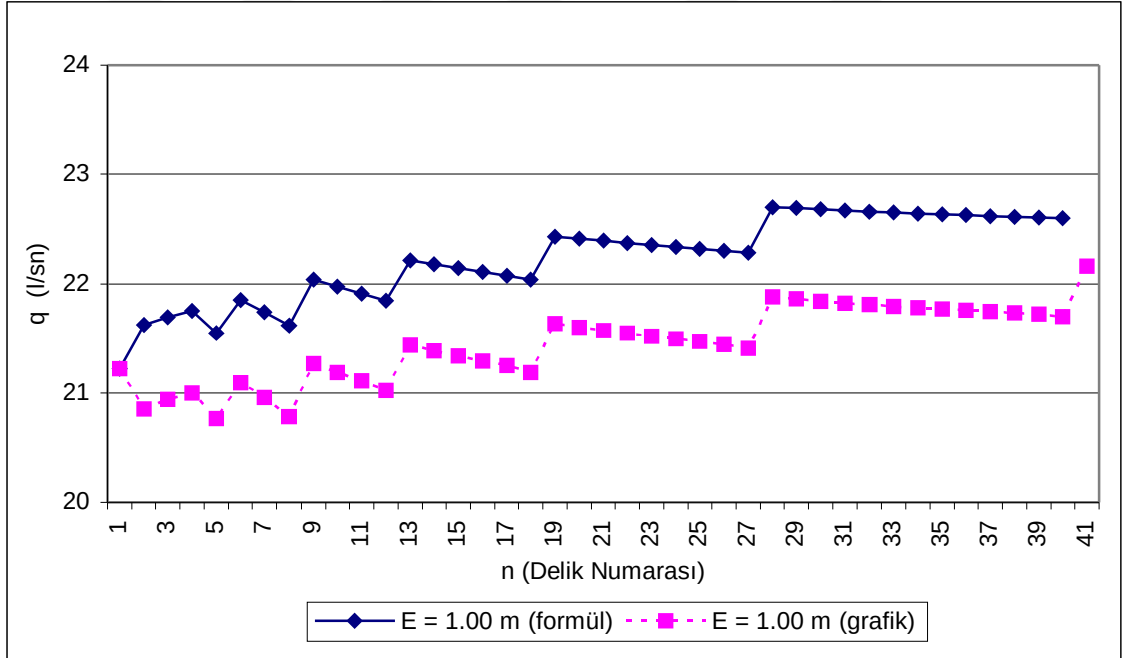
Şekil 4.126 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.25\text{m}$ için n-q ilişkisi (KKİB)



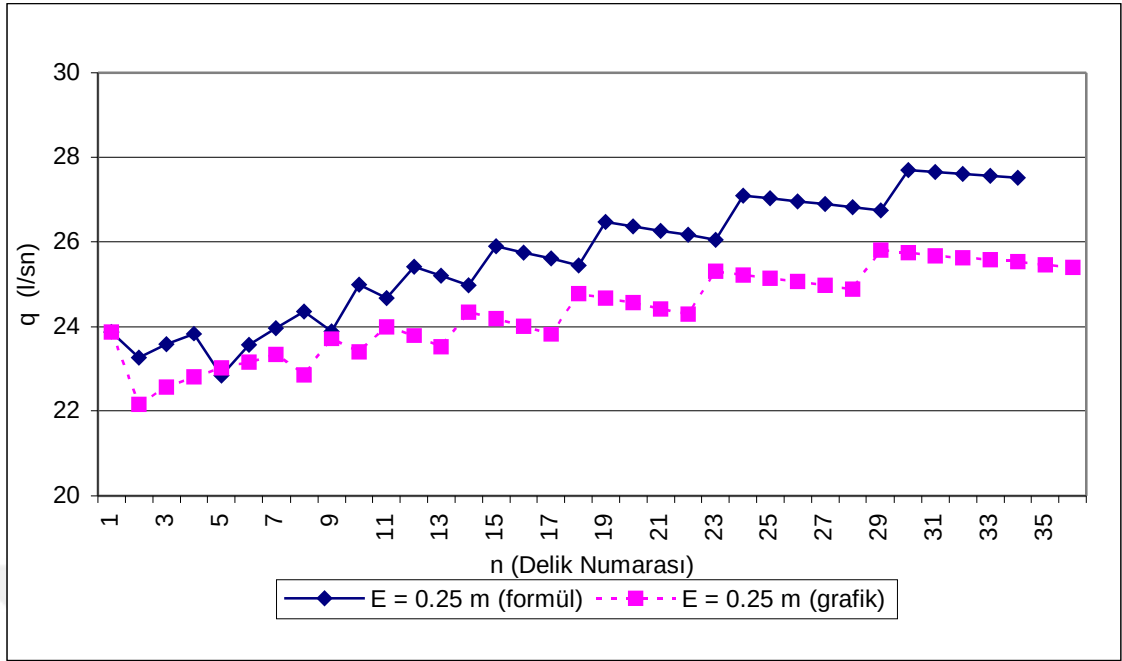
Şekil 4.127 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.50\text{m}$ için n-q ilişkisi (KKİB)



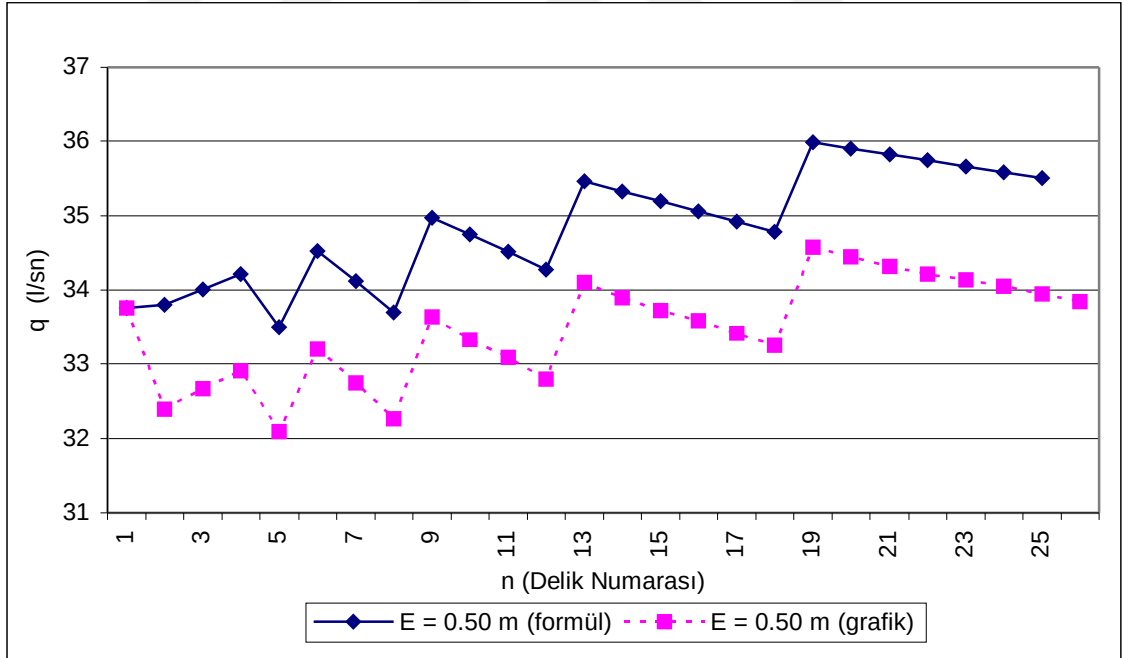
Şekil 4.128 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



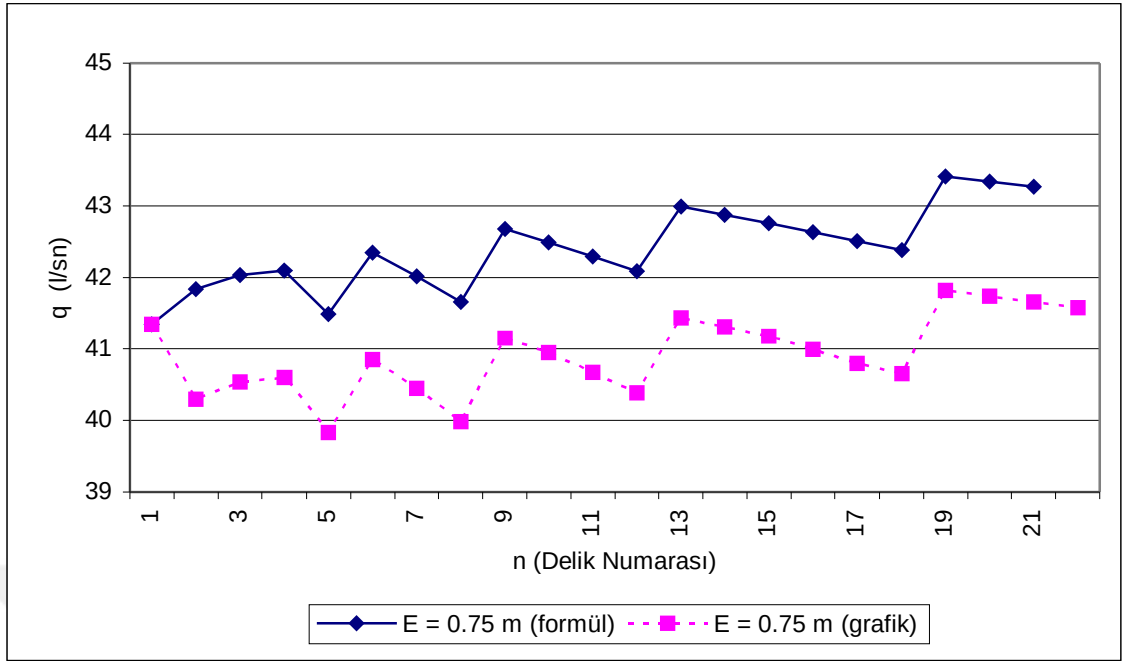
Şekil 4.129 $d=10\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



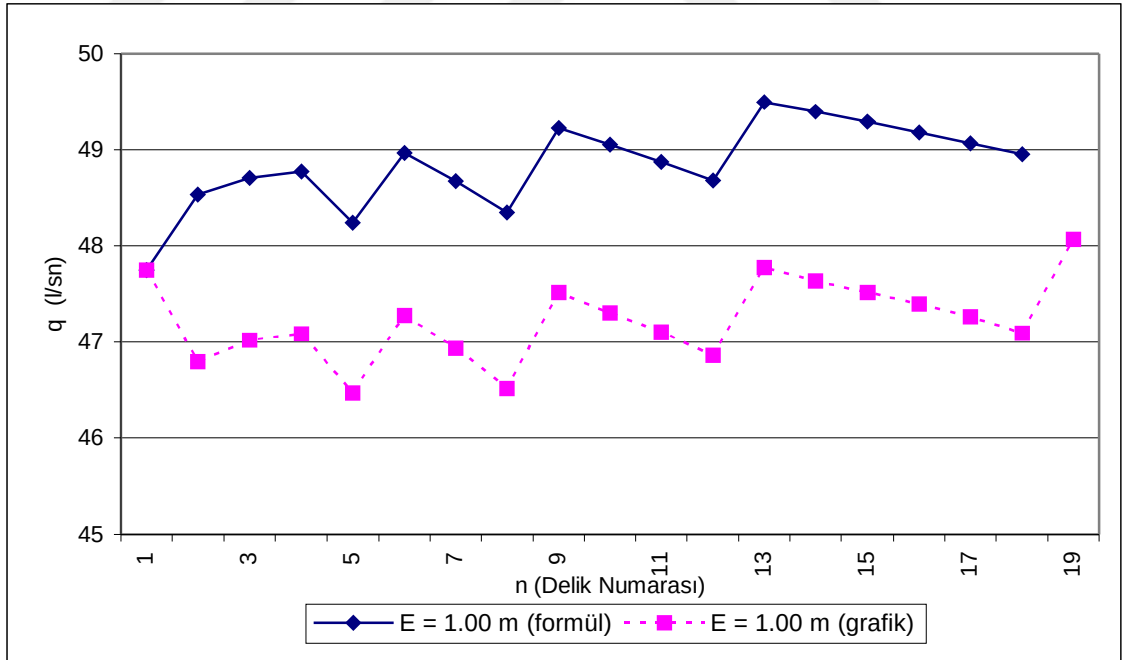
Şekil 4.130 d=15cm ve $E_1=0.25m$ için n-q ilişkisi (KKİB)



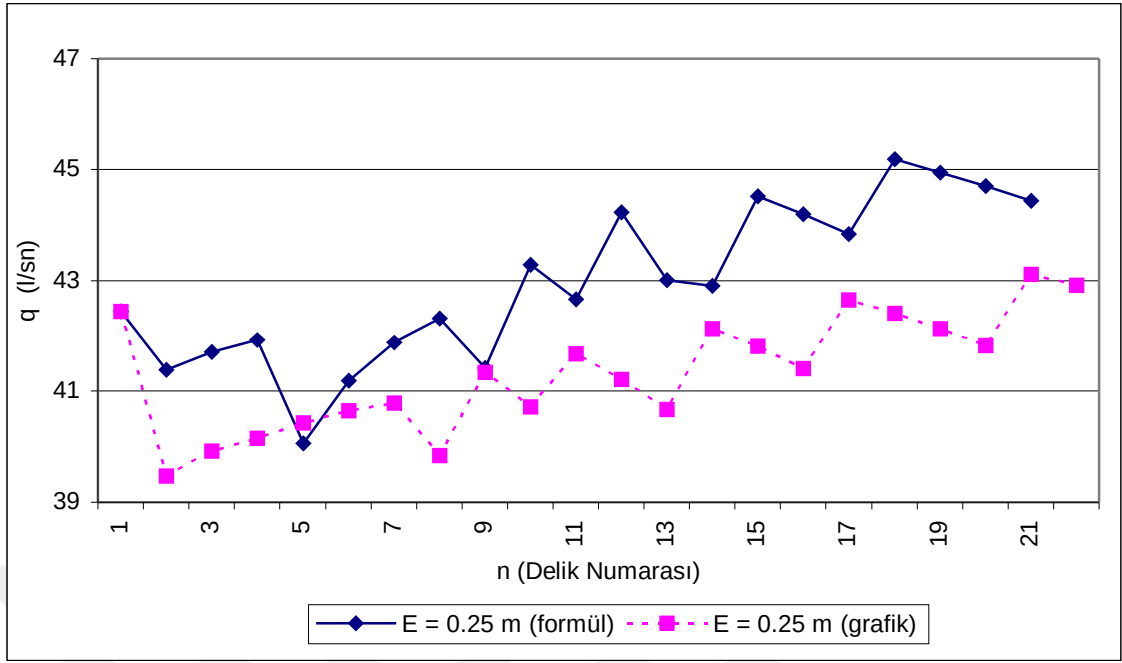
Şekil 4.131 d=15cm ve $E_1=0.50m$ için n-q ilişkisi (KKİB)



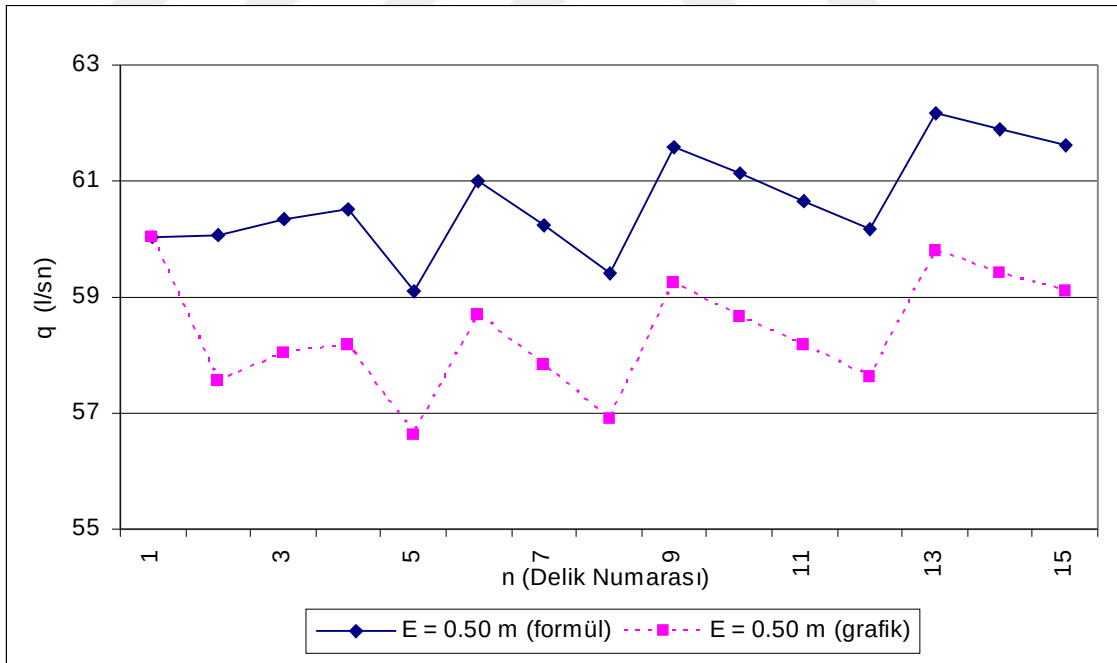
Şekil 4.132 d=15cm ve $E_1=0.75\text{m}$ için n-q ilişkisi (KKİB)



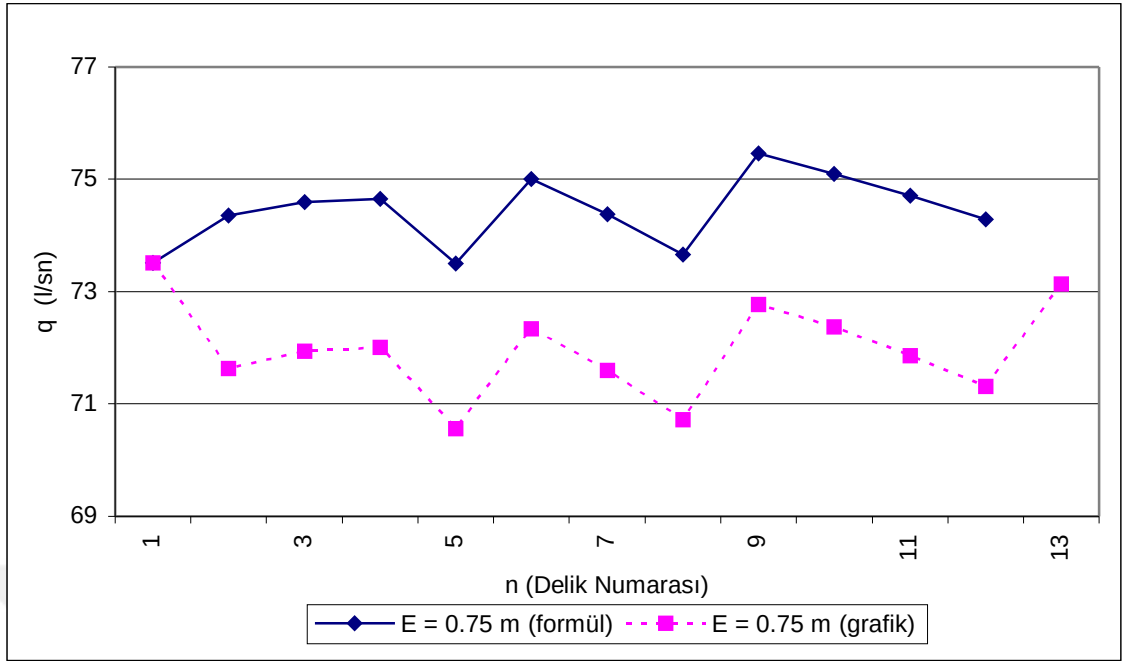
Şekil 4.133 d=15cm ve $E_1=1.00\text{m}$ için n-q ilişkisi (KKİB)



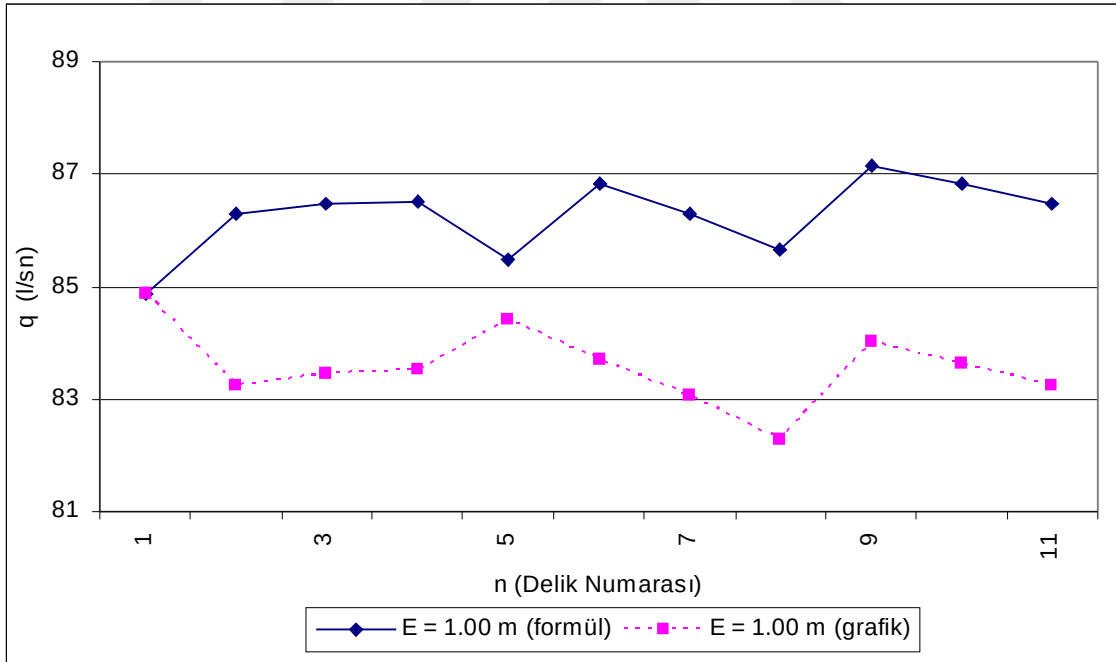
Şekil 4.134 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=0.25\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



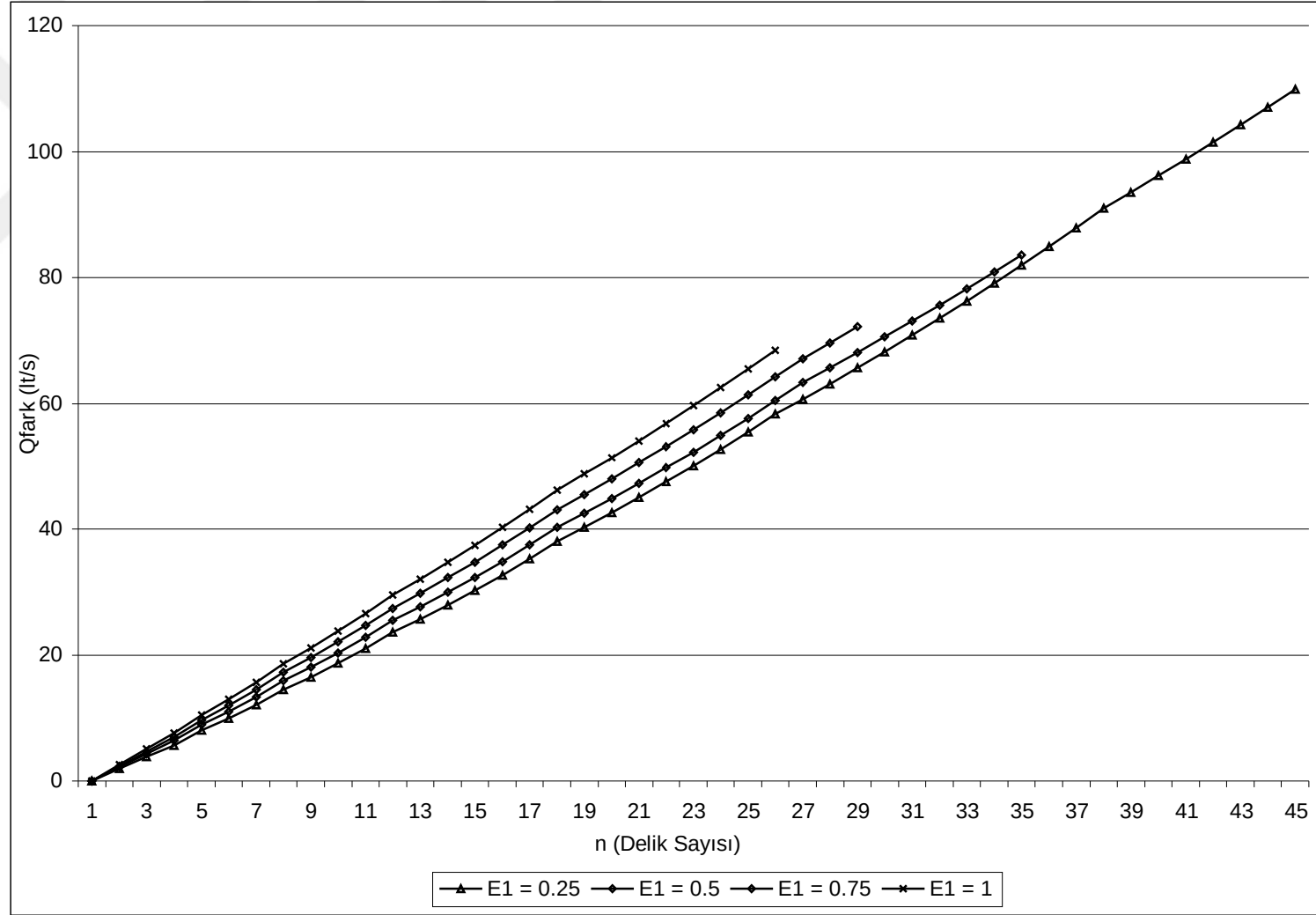
Şekil 4.135 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=0.50\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



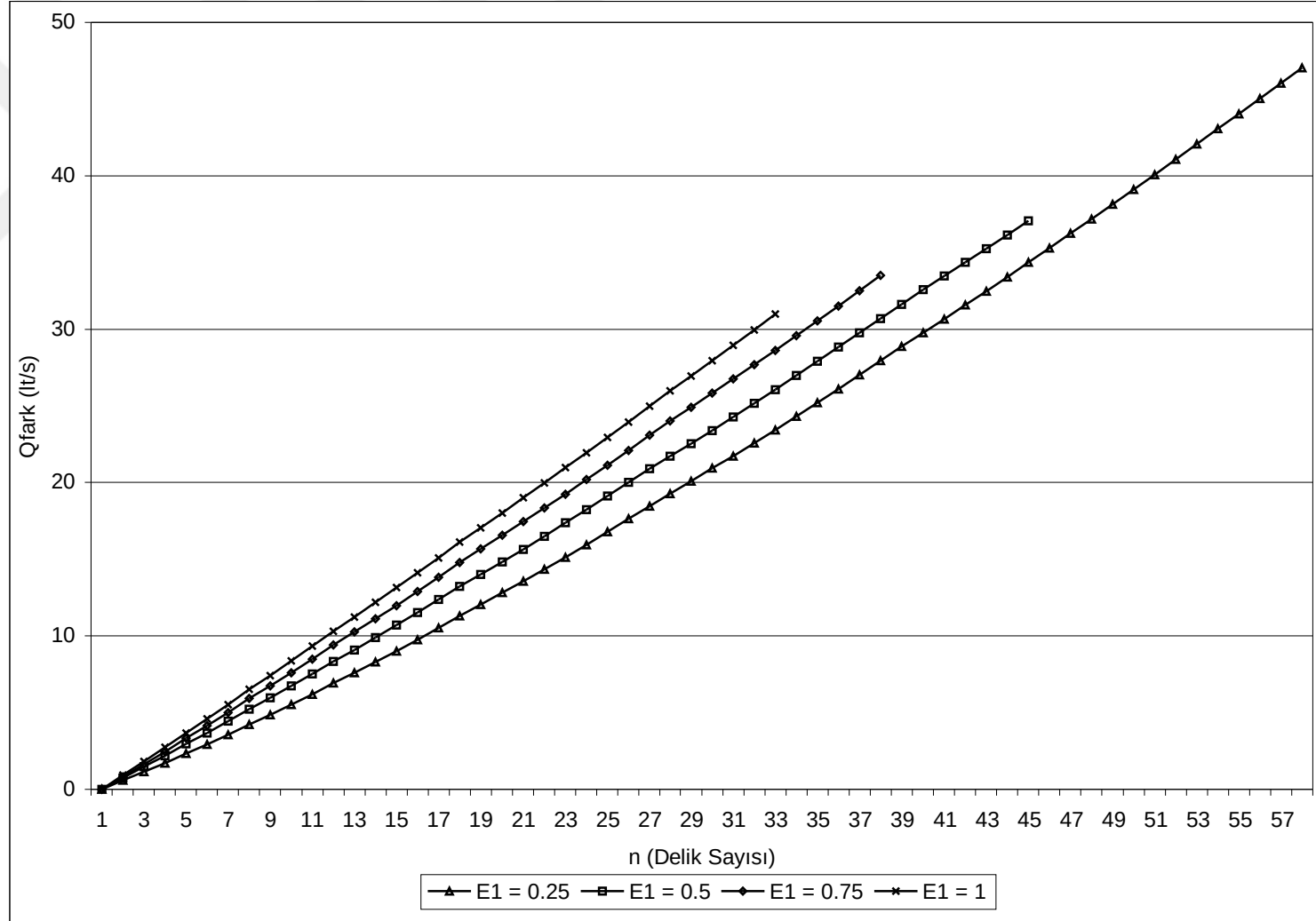
Şekil 4.136 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=0.75\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



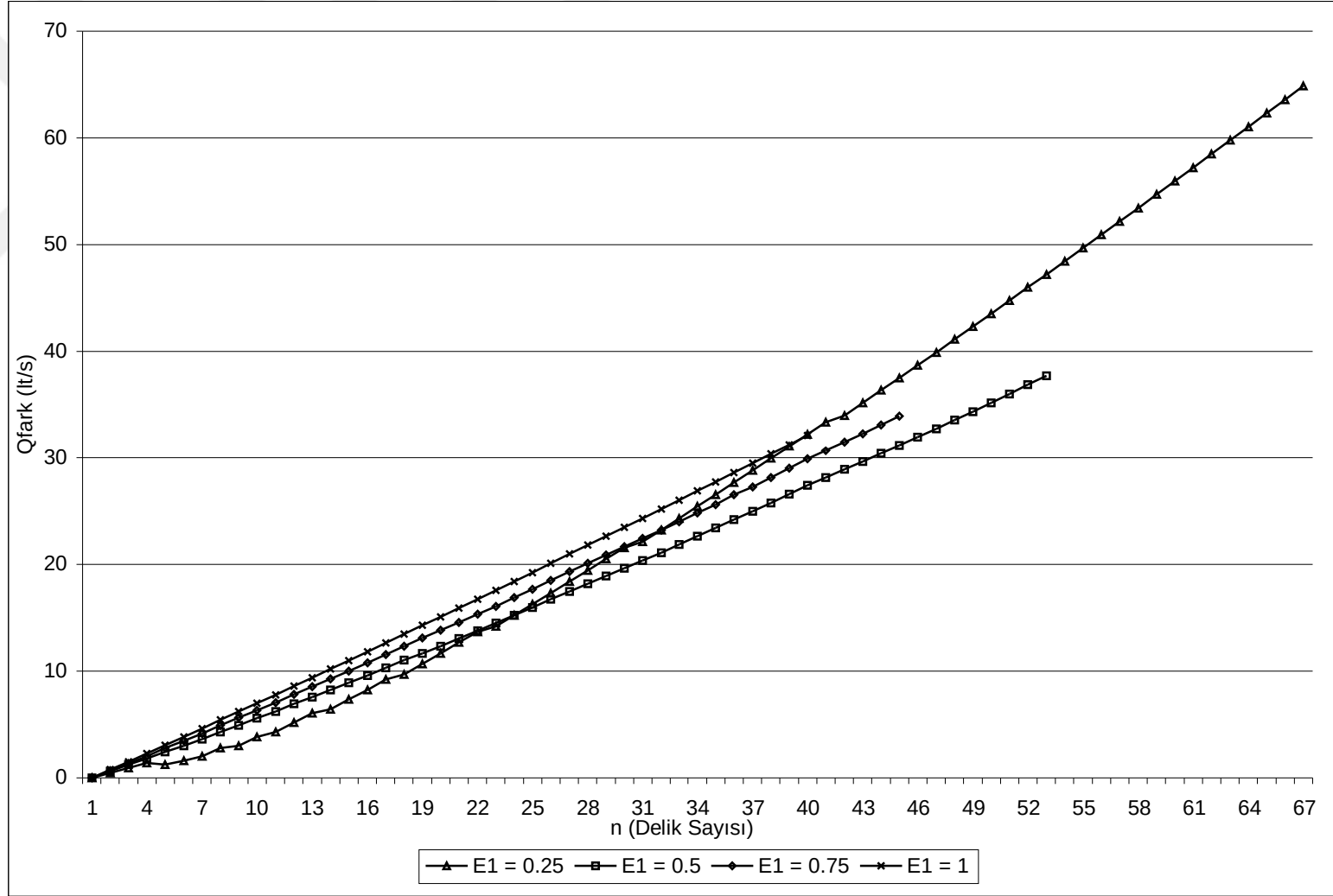
Şekil 4.137 $d=20\text{cm}$ ve $E_1=1.00\text{m}$ için n - q ilişkisi (KKİB)



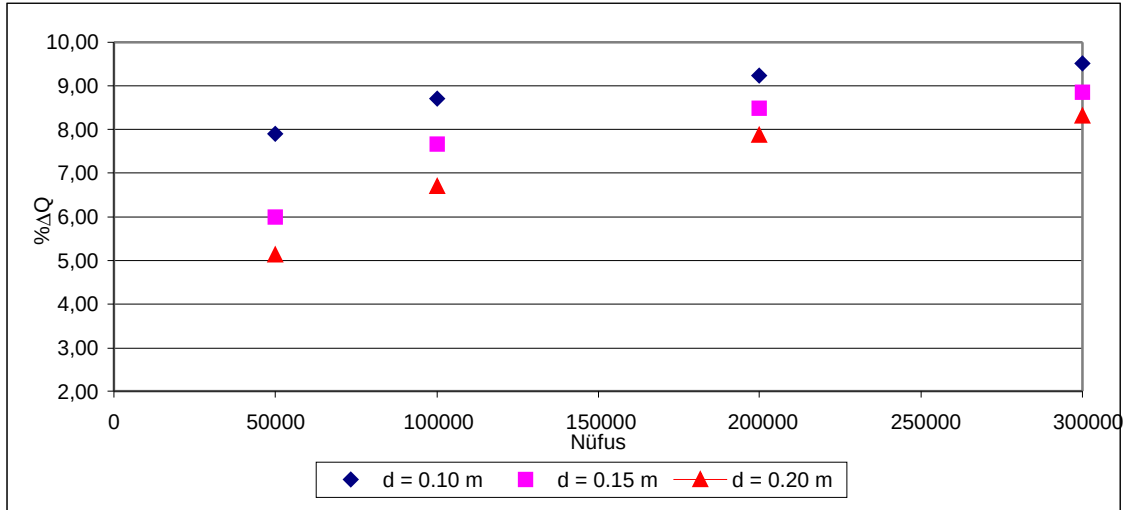
Şekil 4.138 Çan ağızlı delik tipi için n-Qfark ilişkisi



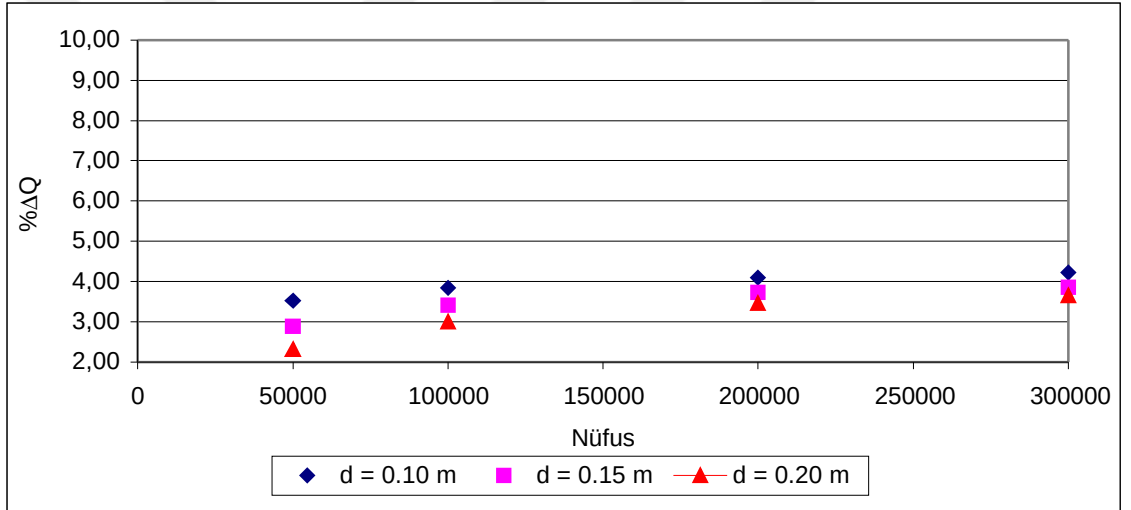
Şekil 4.139 KKKB delik tipi için n - Q_{fark} ilişkisi



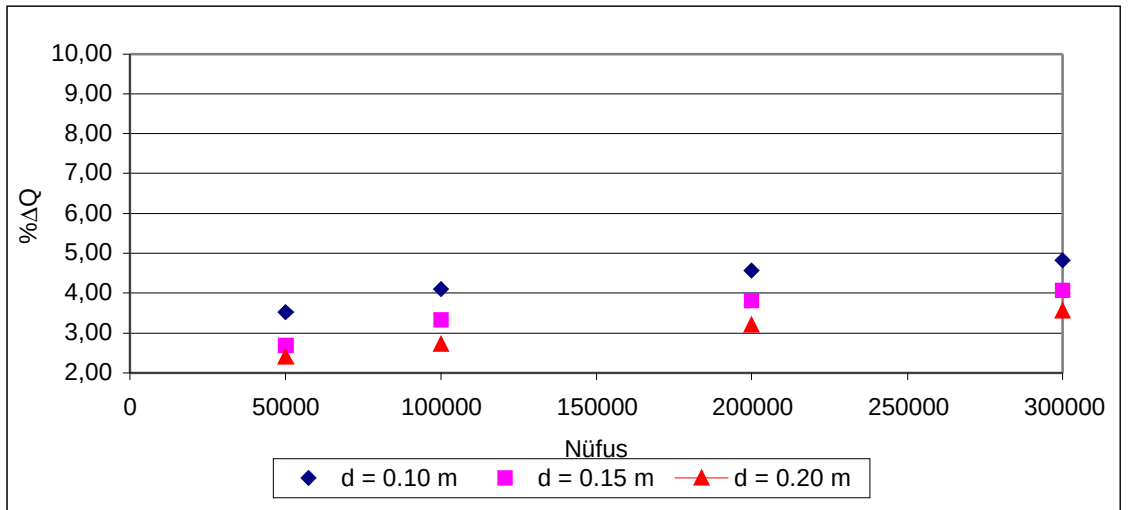
Şekil 4.140 KKİB delik tipi için n - Q_{fark} ilişkisi



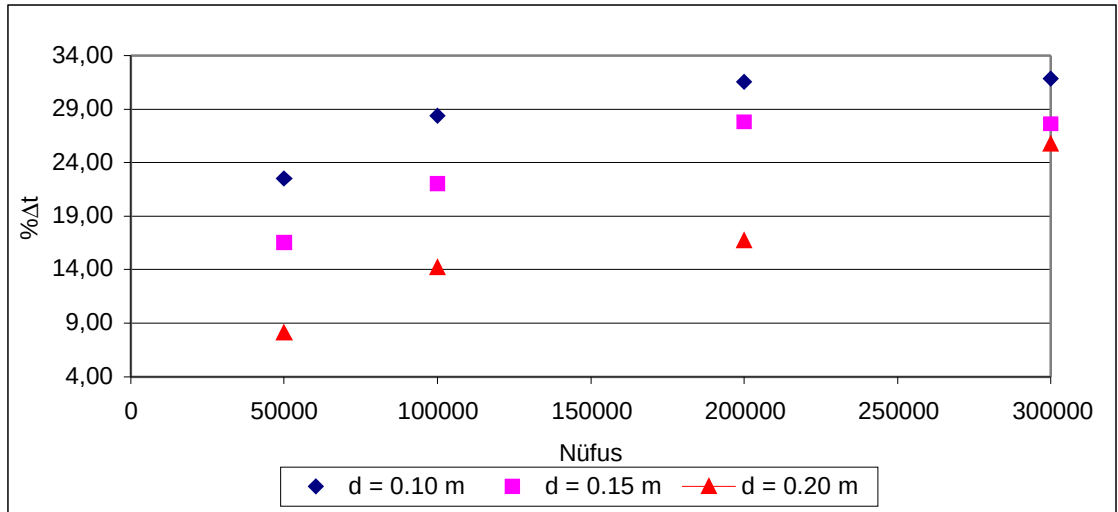
Şekil 4.141 ÇA delik tipi için ortalama y-%ΔQort ilişkisi



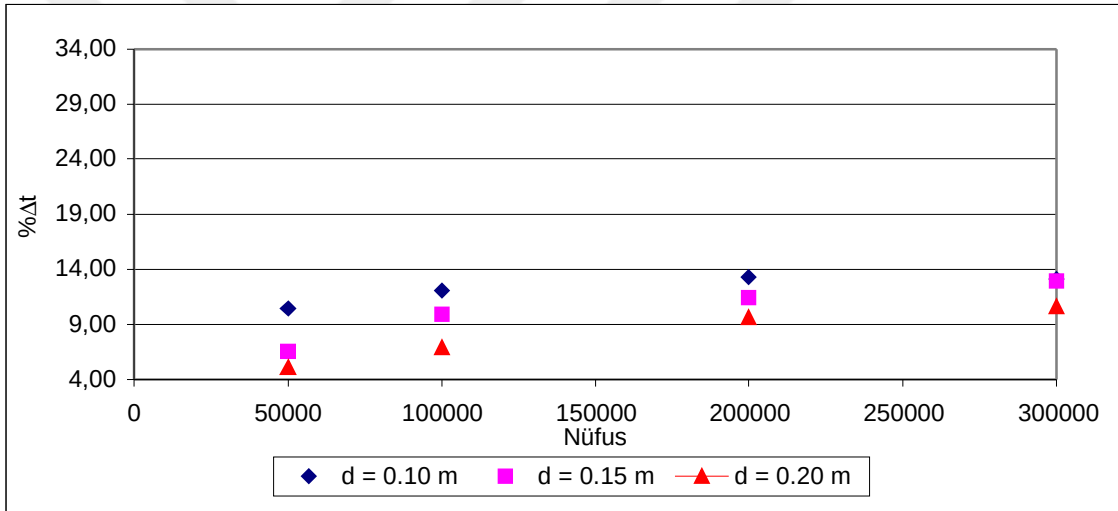
Şekil 4.142 KKKB delik tipi için ortalama y-%ΔQort ilişkisi



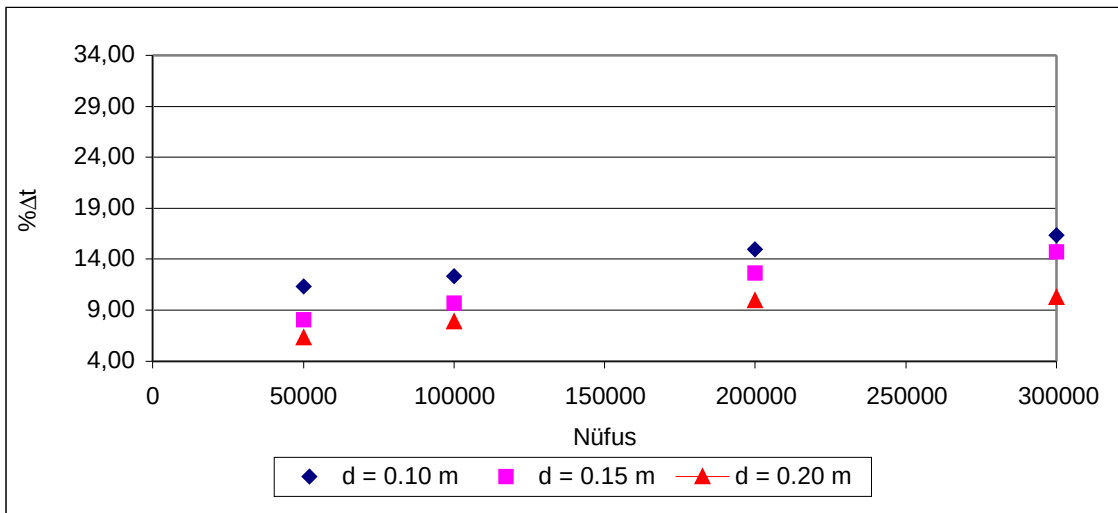
Şekil 4.143 KKİB delik tipi için ortalama y-%ΔQort ilişkisi



Şekil 4.144 ÇA delik tipi için ortalama $y\text{-}\% \Delta t$ ort ilişkisi



Şekil 4.145 KKKB delik tipi için ortalama $y\text{-}\% \Delta t$ ort ilişkisi



Şekil 4.146 KKİB delik tipi için ortalama $y\text{-}\% \Delta t$ ort ilişkisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

ÇA (Çan ağızlı) delik tipli, 50.000-300.000 nüfuslu bir yerleşim yerinin ihtiyacını karşılayacak kapasitede ve 10cm, 15cm, 20cm delik çaplarına sahip ve başlangıç hidrolik yükü 0,25m-1,00m arasında değişen yayıcıların iç hidrolik hesaplarında C_D katsayılarının formülden elde edilerek kullanıldığı durum ile grafikten elde edilerek kullanıldığı durum arasında toplam debi miktarlarının %3,93 - %12,59 arasındaki oranlarda farklılık gösterdiği görülmüştür. Nüfus artış hızına bağlı olarak iki yöntem arasında yayıcıların proje ömürlerinin nüfus artış hızı, $p=3$ alındığında 2-5 yıl $p=1$ alındığında 4-13 yıl arasında değişen farklılıklar olduğu saptanmıştır. Proje ömürlerindeki bu farklar %5,74 - %13,74 arasındaki oranlarında farklılığa neden olmaktadır. Aynı eğilimin diğer delik tiplerine sahip yayıcılarda da olduğu belirlenmiştir.

KKKB (Keskin kenarlı kalın et kalınlıklı boruda) delik tipine sahip yayıcılarda toplam debi miktarları arasındaki farklılıklar %1,84 - %5,33 oranlarındadır. Proje ömürlerinde nüfus artış hızı sayısı $p=3$ alındığında 1-2 yıl en olumsuz koşul olarak $p=1$ alındığında 2-5 yıl farklılık olduğu hesaplanmıştır. Bu farklılıklar proje ömürlerinde hesaplanan değerlerden %1,97 - %5,74 aralığında değişen oranlarda sapmalara neden olmaktadır.

KKİB (Keskin kenarlı ince et kalınlıklı boruda) delik tipinde ise toplam debi miktarları arasındaki farklılıkların %1,79 - %7,43 aralığında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. Nüfus artış hızına bağlı olarak KKİB delik tipli yayıcılarda $p=3$ alındığında proje ömürlerinde 1-3 yıl $p=1$ alındığında proje ömürlerinde 2-8 yıl arasında farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıklar %2,91 - %8,49 aralığında değişen oranlarda sapmalara neden olmaktadır.

Aynı kapasiteyi sağlayacak olan yayıcı tasarımlarında delik sayısı az olmasına rağmen C_D katsayısının değeri yüksek olduğundan hidrolik verimi fazla olan çan ağızlı delik tipine sahip yayıcılar KKKB ve KKİB delik tipine sahip yayıcılara oranla C_D katsayısının doğru belirlenmesinden daha fazla etkilenmiştir. KKKB esasında KKİB'nin formülünden yararlanılarak elde edildiği ve KKİB'ye göre %20 daha büyük C_D katsayılarına sahip olduğu için aynı miktarda debiyi daha az sayıda delik ile akıtabildiğinden toplam delik sayısı KKİB'den daha az olmuş ve C_D katsayılarının elde edilmesindeki yöntem değişikliğinden daha az etkilenmiştir.

Sistemin kapasitesinin artırılması, karşılaması gereken toplam debi miktarını artıracığından toplam delik sayısının artmasına neden olmaktadır. Her iki yöntemle hesaplanan yayıcıların aynı deliklerinden çıkan debi miktarları arasında farklılıklar olduğundan toplam delik sayısının artması, toplam debi miktarlarındaki farklılığın artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada hız kriterlerinin sağlanması için yayıcı boru çapı değişken alınmıştır. Bu yüzden çap değişim bölgelerine karşılık gelen bazı

deliklerde iki yöntemle hesaplanan sistemlerde aynı delikten çıkan debi değerlerinde Şekil.133 'te de görüldüğü gibi farklılıkların oluştuğu ve değerler arasındaki oranın bozularak düzensizlik gösterdiği görülmüştür.

Başlangıç hidrolik yükünün artırılması her bir delikten çıkan debi miktarını artırdığından delik sayısının azalmasına neden olmaktadır. Bu yüzden başlangıç hidrolik yükünün artırılması toplam debi miktarları arasındaki farklılığın azalmasına neden olmaktadır.

Aynı şekilde delik çaplarının artırılmasının da deliklerden çıkan debiyi artırdığı ve toplam delik sayısının azalmasını sağlayarak toplam debi miktarlarındaki ve proje ömürlerindeki farklılıkların azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ancak delik çapındaki artışın toplam debi miktarlarındaki farklılığı azaltıcı etkisinin, kapasitenin artışıyla bu etkisinin iyice azaldığı görülmüştür. Yayıcının kapasitesi artırıldığında her iki yöntemle hesaplanan proje ömürleri arasındaki farklılıklar da artış göstermektedir.

ÇA delik tipine ve 10 cm delik çapına sahip olan yayıcılarda iki farklı C_D katsayısı elde etme yöntemiyle bulunan C_D katsayıları kullanılarak yapılan hesaplarda proje ömürlerinde $p=3$ alındığında %7,25 - %14,68; $p=1$ alındığında %21,26 - %39,05 oranlarında farklılıklar görülmüştür. Bu oranlar 15 cm delik çaplı yayıcılarda $p=3$ alındığında %5,67 - %13,14; $p=1$ alındığında %18,06 - %34,90 , 20 cm delik çaplı yayıcılar kullanıldığında $p=3$ için %5,28 - %9,02; $p=1$ için %11,88 - %23 oranlarına gerilemiştir. KKKB delik tipine ve 10 cm delik çapına sahip yayıcılarda iki yöntem ile yapılan hesaplarda proje ömürleri arasındaki farklılıklar $p=3$ için %3,2 - %5,73; $p=1$ için %9,49 - %15,16 oranlarındadır. Bu farklılıklar 15cm delik çaplı yayıcılarda $p=3$ için %3 - %4; $p=1$ için %9 - %12,5 arasında değişen oranlara 20 cm delik çaplı yayıcılarda ise $p=3$ için %2,3 - %4,8; $p=1$ için %6,3 - %12 arasında değişen oranlara gerilemiştir. KKİB delik tipine ve 10 cm delik çapına sahip yayıcılarda proje ömürleri arasındaki farklılık oranların ise $p=3$ alındığında %3,28 - %7,39; $p=1$ alındığında ise %10,53 - %19,85 arasında olduğu gözlenmiştir. KKİB delik tipinde de delik çapı 15 cm'e çıkarıldığında proje ömürleri arasındaki farklılıklar $p=3$ için %4 - %4,8; $p=1$ için %10 - %13 , 20 cm'e çıkarıldığında $p=3$ için %3 - %4,7; $p=1$ için ise %6,1 - %10 arasında değişen oranlara gerilemiştir. Aynı kapasiteye ve aynı hidrolik parametrelere sahip yayıcılarda delik çapları büyüdükçe proje ömürleri arasındaki farklılıkların oranlarının azaldığı görülmüştür.

C_D katsayılarının formül kullanılarak elde edilmesiyle yapılan yayıcı hesaplarının sonuçlarında her delikten çıkan debi miktarları ile toplamda çıkan debi miktarının, C_D katsayılarının grafik kullanılarak elde edilmesiyle yapılan yayıcı hesaplarındaki sonuçlardan yani gerçekte olması gerekenden daha fazla çıktığı görülmüştür. Sistemin karşılaması gereken debi miktarının yanlış hesaplanması, yayıcı sisteminin kapasitesinin planlanandan daha az olması anlamına gelmektedir. Kapasitenin hesaplanandan daha önce dolması proje ömrünün de planlanandan daha kısa olmasına neden olacaktır.

Özellikle büyük miktardaki debilerin karşılanması amacıyla tasarlanacak olan deşarj tesislerinde hata miktarı da büyük olacağından, zorluğuna rağmen C_D katsayılarının elde edilmesinde grafik yöntemin kullanılması gerekmektedir. Tasarım aşamasında geleceğe yönelik nüfus ve proje ömrü tahminleri yapılırken elverişsiz durum olan $p=1$ alınarak yapılan tahminler göz önüne alınarak tasarım yapılmalıdır.

Bu çalışmada deniz deşarjı yayıcı sistemlerinin en önemli iç hidrolik parametrelerinden biri olan C_D katsayısının elde edilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin yayıcı tasarımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak bu konu ile ilgili çalışmalar genişletilebilir. Örneğin formüle göre tasarlanan bir sistemde yayıcı kısımdaki tüm projelendirme ve çap değerleri sabit tutularak grafikten elde edilen C_D katsayılarının kullanımı ile hesaplar yapılabilir. Ayrıca formülün ve grafiğin birlikte kullanılabileceği sistemler de tasarlanabilir. Formülün kullanım şartlarının sağlandığı noktaya kadar C_D katsayıları, formül yardımıyla, geri kalan kısımdaki hesaplarda C_D katsayıları grafik yardımıyla elde edilerek, içsel hidrolik hesaplarının yapıldığı sistemlerin incelenmesi ve karşılaştırılması; formül ile elde edilen katsayıların kullanımının doğruluğunun belirlenmesinde yararlı olacaktır. Diğer taraftan, teorik çalışmaların daha hassas sonuçlar verebilmesi için, deneysel çalışmalardan yararlanılması da mümkündür. Deneysel çalışmalar, C_D katsayılarının elde edilmesinde kullanılan yaklaşımlarda seçilen yöntemin uygunluğu ve etkilerinin daha net olarak belirlenmesinde yardımcı olabilecektir.



6. KAYNAKLAR

1. NEMLİOĞLU, S., 1996, Deniz Deşarjı Yayıncıları İç Akış Hidrolik Parametrelerinin ve Yayıncı Özelliklerinin Boyutlandırma Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
2. ÖZTÜRK, İ., 2000, Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri, 2. Baskı, İTÜ Rektörlüğü Sayı: 1570, İstanbul.
3. NEMLİOĞLU, S., 2003, Soğuk Deşarjda Birinci Seyrelmenin İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. HANSEN, J. A., and JENSEN, P., 1978, Hydrographic and Hydraulic Marine Outfall Design, Reprinted From: WHO Training Course on Coastal Pollution Control, Held under the Auspices of Danida, Vol. III, Danida Danish International Development Agency, Copenhagen, Denmark
5. M. W. Kellogg Limited, 1986, BOTAS LNG Terminal Marmara Ereğlisi Environmental Impact Report, Kellogg Job No. 5377, Greenford, Middlesex, U.K.
6. ROBERTS, P. J. W., and TOMS, G., 1987, Inclined Dense Jets in Flowing Current, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 113, No. 3, 323-341
7. JIRKA, G. H., 1982, Multiport Diffusers for Heat Disposal: A Summary, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 108, No. HY12, 1425-1468.
8. Ed. WEAST, R. C., 1989, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 56th Edition, CRC Press, Cleveland, Ohio, USA
9. GRACE, R. A., 1978, Marine Outfall Systems Planning, Design and Construction, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
10. MCNOWN, J. S., 1954, Mechanics of Manifold Flow, Transactions, ASCE, Vol. 119, 1103-1142, with discussion.
11. CHARLTON, J. A., 1985, Sea Outfalls, Chapter 3, 79-128, Developments in Hydraulic Engineering, Ed. Novak, P., Elsevier, London

12. ALTUNCU, F. F., NEMLİOĞLU, S., CELİK, T., and BAYAT, C., Effects of Unsuitable Discharge Coefficient Usage on Marine Outfall Lifetime in Designation Stage, Fresenius Environmental Bulletin, Article in Press, Vol.13, No. 9, 2004
13. DAVIS, L. R., 1999, Fundamentals of Environmental Discharge Modeling, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
14. LISETH, P., 1970, Mixing of Merging Buoyant Jets from a Manifold in Stagnant Receiving Water of Uniform Density, University of California, Berkeley, Hydraulic Engineering Laboratory, Technical Report HEL 23-1 (November).
15. KOH, R. C. Y., and BROOKS, N. H., 1975, Fluid Mechanics of Waste-Water Disposal in the Ocean, 187-211, Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 7, Annual Reviews, Inc., Palo Alto, Calif.
16. BROOKS, N.H. (1970) Conceptual Design of Submarine Outfalls-II : Hydraulic Design of Diffusers, California Institute of Technology, W.M. Keck Laboratory of Hydraulic and Water Resources, Technical Memorandum 70-2 (January)
17. LEE, J. H. W., KARANDİKAR, J., and HORTON, P. R., Hydraulics of "Duckbill" Elastomer Check Valves, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 124, No. 4, April, 1998
18. RAWN, A. M., BOWERMAN, F. R., and BROOKS, N. H., 1960, Diffusers for Disposal of Sewage in Sea Water, Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE, Vol. 86, No. SA 2, 65-105.
19. DANISH ISOTOPE CENTRE (1971) Diffuser Design, Lecture Submitted at the WHO Training Course on Coastal Pollution Control, Internal Report No. 24, Copenhagen, Denmark.
20. MOODY, L. F., 1944, Friction Factors for Pipe Flow, Transactions, ASME, Vol. 66, 671-684, with discussion.
21. MILLER, D. S., 1971, Internal Flow a Guide to Losses in Pipe and Duct Systems, The British Hydromechanics Research Association, Cranfield, Bedford, England.
22. SÜMER, B. M., ÜNSAL, İ., ve BAYAZIT, M., 1983, Hidrolik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
23. CEDERWALL, K., 1964, Flow Distributions, Dimensioning of Diffusers, (in Swedish), Chalmers Institute of Technology, Gothenburg, Sweden.
24. STERREGAARD, B., 1971, Diffuser Design, Internal Report No. 24, Danish Isotope Center, Copenhagen, Denmark.

25. NEMLİOĞLU, S., 1996, Deniz Deşarjı Yayıcıları İç Akış Hidrolik Parametrelerinin ve Yayıcı Özelliklerinin Boyutlandırma Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
26. BERKÜN, M., ve NEMLİOĞLU, S., 1995, Deniz Deşarjı Yayıcıları İç Akış Hidrolik Parametrelerinin ve Yayıcı Özelliklerinin Boyutlandırma Üzerindeki Etkisi, TMMOB İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongresi, Ankara, 499-512
27. BERKÜN, M., ve NEMLİOĞLU, S., 1996, Deniz Deşarjı Yayıcı Hidroliğinde Deşarj Katsayısı, Sürtünme Katsayısı ve Atık Su Yoğunluğu İlişkilerinin İncelenmesi, I. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Samsun, 191-194.
28. NEMLİOĞLU, S., 1999, Deniz Deşarjı Yapılarında Oluşabilen Hatalar, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu'99, İstanbul, 244-251.
29. NEMLİOĞLU, S., ve BERKÜN, M., 1995, Deniz Deşarjı Yapılarında Proje Debinin Çıkış Ucu Adedi ve Ek Debi ile Düzenlenmesi, Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği Karadeniz'in Kirlenmesi ve Korunması Kongresi, Trabzon, 95-100.
30. NEMLİOĞLU, S., 1996, Boru Et Kalınlığının Artırılması Yöntemiyle Keskin Kenarlı Çıkış Uçlu Deniz Deşarjı Yayıcılarının Hidrolik Veriminin Artırılması, I. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Samsun, 203-206.
31. NEMLİOĞLU, S., 2001, Improvement of Low Hydraulic Performance of Sea Outfalls Using Bell Mouthed Ports in the Black Sea, Fresenius Environmental Bulletin, Vol.10, No.4, 392-395.
32. NEMLİOĞLU, S., 2002, Marine Outfall Lifetime Improvement by Changing Port Type of Diffuser Pipe in the Black Sea, Fresenius Environmental Bulletin, Vol.11, No. 9b, 647-651.
33. CHARLTON, J.A., DAVİES, P.A. and BETHUNE, G.H.M., Sea Water Intrusion and Purging in Multi-Port Sea Outfalls, Proc. Instn Civ. Engrs, Part2, 1987, Mar., 263-274
34. CHARLTON, J.A., The Venturi as a Saline Intrusion Control for Sea Outfalls, Proc. Instn Civ. Engrs, Part2, 1985, 79, Dec., 697-704
35. WİLKİNSON, D.L., Avoidance of Seawater Intrusion Into Ports of Ocean Outfalls, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.114, No.2, February, 1988
36. BURROWS, R., ALİ, K.H.M., DAVİES, P.A., WOSE, A.E., Studies of Saltwater Purging From a Model Sea Outfall Diffuser, Proc. Instn Civ. Engrs, 1996, 118, June, 77-87
37. LEE, J. H. W., KARANDİKAR, J., and HORTON, P. R., Hydraulics of "Duckbill" Elastomer Check Valves, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 124, No. 4, April, 1998

38. GUO, Z., and SHARP, J. J., Numerical Model For Sea Outfall Hydraulic, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 122, No. 2, February, 1996.
39. ECONOMOPOULOU, M. A., and ECONOMOPOULOS, A. P., Rapid Saizing and Performance Evaluation of Submarine Outfalls with Line Diffusers, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 124, No. 2, February, 1998
40. TOPACIK, D., EROĞLU, V., Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları, İ.T.Ü. Matbaası, 1998, İstanbul.
41. MARTZ, G. (1980) Siedlungswasserbau Teil 2 , Kanalisation, WIT 18.
42. MUSLU, Y., Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları, Teknik Kitaplar Yayınevi, 1985, İstanbul

