



DAL ŞEBEKELERDE EN EKONOMİK GÜZERGAHIN BULUNMASI İÇİN BİR YÖNTEM

AN ALGORITHM FOR ECONOMICALY EFFICIENT LAYOUT BRANCHED PIPELINE SYSTEM

Birol KAYA*

ÖZET / ABSTRACT

Günümüzde mühendislik problemlerinin çözümünde ekonomik çözüm arayışları ön plana çıkmaya başlamış, su dağıtım şebekelerinde de, bu arayışın doğal sonucu olarak optimum dizayn için çözüm yöntemleri ortaya çıkmıştır. Su dağıtım şebekelerinin projelendirilmesinde karşılaşılan sorunlardan birisi optimum güzergahın belirlenmesidir. Özellikle güzergahın oluşturulmasında bir serbestliğin sözkonusu olduğu, basınçlı sulama sistemlerinde en ekonomik güzergahın belirlenmesi önemli olmaktadır. Basınçlı sulama sistemlerinde, herhangi bir yolun seçimi tamamen topoğrafyaya bağlı olduğu için, seçenek oldukça fazladır. En ekonomik güzergahın belirlenmesi amacıyla değişik yöntemler kullanılmakla birlikte, uygulamada genellikle toplam dal uzunluğunu en kısa yapan algoritmalarından yararlanılmaktadır. Ancak dal şebekelerde dal uzunlukları toplamının en kısa olması her zaman en ekonomik yolu göstermemektedir. Bu çalışmada en ekonomik dal şebeke güzergahının belirlenmesi için bir çözüm yöntemi önerilmekte ve önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlarla, uygulamada kullanılan a) En kısa yol algoritmalarından KRUSKAL algoritması çözümü ile elde edilen sonuçlar, b) Başlangıçta uzaklığı en kısa kapsarağaç (FLOYD algoritması kullanılmıştır) ile elde edilen sonuçlar ve c) ZADEH tarafından önerilen ve boru hatlarının en ekonomik şekilde oluşturulması için kullanılan çözümle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır.

Now days in solving engineering problems economical efficiency is a mast. In water distribution systems this concept is used widely. One of the problem in designing water distribution networks is deciding on optimum layout. Specially in pressurized water distribution system, due to it's dependency to aches topography, there are a lot of alternatives. So chosen the economically efficient layout is a problem. There are many approved for defining economically efficient layout, but in general algorithms that minimizes total branched length is widely used. However minimizing the branch lengths is not necessarily indicates the most economical layout. In this study an procedure for finding the most economical layout is given and results from this procedure is compared with a) Shortest path (KRUSKAL algorithm and SOLLIN algorithm), b) Minimized of distances from source to sinks (FLOYD algorithm), c) procedure for minimizing the branch length (optimum layout by ZADEH)

Anahtar Kelimeler / Keywords

Güzergah optimizasyonu, dal boru şebekesi, şebeke analizi, su dağıtım sistemi
Layout optimisation, branched pipeline, network analysis, water distribution system

* Ege Üniv. Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Bölümü 35100 Bornova İzmir-Türkiye

1. GİRİŞ

Özellikle güzergahın belirlenmesinde serbestliğin olduğu su dağıtım şebekelerinde, güzergahın gelişigüzel belirlenmesi yerine en ekonomik çözümlerin araştırılmasında yarar bulunmaktadır. Ancak en ekonomik güzergahın belirlenmesinde maliyetler yalnızca uzunlukla değil debi ile de değişmektedir. Hatlardaki debiler ise seçilen dal şebekeye göre oldukça değişkendir ve başlangıçta bilinmemektedir. Bu nedenle ardışık hesap yöntemleri ile ekonomik analiz yapılabilmektedir. Literatürde şebeke çözümleri için, çok değişik amaçlara yönelik olarak geliştirilen bir çok algoritmalar mevcuttur (Price,1971),(philips vd....,1981). Bu algoritmalar farklı sorunların çözülmesi amacıyla yararlanılabilmektedir. Dal şeklindeki su dağıtım şebekelerinde en ekonomik güzergahın belirlenmesi içinde bu algoritmalarından yararlanılarak çözümler üretilmeye çalışılmaktadır.

2. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. Enkisa Kapsarağaç

Enkisa kapsarağaç çözümü ile, sistemdeki mevcut su dağıtım noktaları ve kaynak noktalarını (düğümüleri) birbirine bağlayan en kısa uzunluklu ağacın belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla farklı çözüm yöntemleri kullanılabilmeyle birlikte aynı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bunlardan ilki SOLLIN algoritmasıdır ve bu algoritmada izlenen çözüm adımları şu şekilde özetlenebilmektedir (4):

- (a)- Başlangıç için bir düğüm seçilir, (Kaynak noktası olabilir)
- (b)- Seçilen düğüme en yakın düğüm bulunarak birleştirilir ve bir dal oluşturulur,
- (c)- Mevcut dala en yakın düğüm bulunur,
- (d)- Bulunan düğüm, dal üzerindeki en yakın olduğu düğüm ile birleştirilir,
- (e)- (c)'ye dönülerek, tüm düğümler birleştirilinceye kadar çözüme devam edilmektedir.

Bir başka algoritma ise KRUSKAL algoritmasıdır. Bu algoritmada izlenen çözüm adımları ise şu şekildedir (4):

- (a)- Olası tüm dalların uzunlukları hesaplanarak, küçükten büyüğe doğru sıralanır,
- (b)- Enküçük ilk iki dal seçilir,
- (c)- Kapalı göz oluşturmayacak şekilde, kalan dallardan enküçüğü seçilir,
- (d)- Şebekeye eklenmemiş düğüm kalmayınca kadar (c)'ye dönülerek işleme devam edilir.

Her iki algoritmayla çözüm sonucundada, elde edilen dal şeklindeki şebeke, kaynaklar ve su dağıtım noktalarını birbirine bağlayan en kısa uzunluklu şebeke olmaktadır.

2.2. Başlangıca Uzaklığı Enkısı Kapsarağaç

Başlangıca uzaklığı enkısı kapsarağaç çözümünde de, her bir su kullanım noktasını, kaynağa birleştiren en kısa yol belirlenerek bu yollardan oluşan bir şebeke elde edilmektedir. Bu amaçla FLOYD algoritmasından yararlanılabilmektedir. FLOYD algoritmasında, kaynak ve su kullanım noktalarından oluşan bir sistemde nokta çiftleri arasındaki en kısa yollar belirlenebilmektedir. Dolayısıyla, tüm su kullanma noktalarını, kaynağa birleştiren en kısa yollar bulunarak, bir dal şebeke oluşturulabilmektedir. Çözüm adımları şu şekilde özetlenebilmektedir (Mandl,1979):

- (a)- Olası tüm dallar ve uzunlukları belirlenmekte, birbirine bağlanmayan noktalar arasındaki uzaklıklar L_{ij} olarak tanımlanmaktadır. i, j, k nokta numaraları olmak üzere L_{ij} uzunluklar matrisi ve P_{ij} i 'den j 'ye giderken uğranılacak ilk noktaları gösteren yol matrisi tanımlanmaktadır. Başlangıçta $P_{ij} = i$ şeklinde oluşturulmakta ve $k=0$ olarak tanımlanmaktadır.
- (b)- k nokta numarası $k = k+1$ şeklinde 1 arttırılmakta, $i \leq k$, $L_{ik} \leq L_{ij} + L_{jk}$ ve $j \leq k$, $L_{jk} \leq L_{ij} + L_{ik}$ olan tüm noktalar için $L_{ij} = \min[L_{ij}, L_{ik} + L_{kj}]$ hesaplanmaktadır. Eğer $L_{ij} > L_{ik} + L_{kj}$ ise $P_{ij} = P_{kj}$ ataması yapılmaktadır.
- (c)- $k < n$ ise 2'ye dönmektedir.

Çözüm sonucunda P_{ij} matrisi i 'den j 'ye giderken ilk uğranılacak noktaları gösteren matris olmaktadır. Örneğin P_{51} 'in değeri 3 ise bunun anlamı 5'den 1'e giderken ilk uğranılacak noktanın 3 noktası olduğu şeklindedir. Bu durumda P_{31} 'değeri 6 ise 3'ten 1'e giderken 6'dan geçilmesi gerektiği, P_{61} 'in değeri 1 ise 6'dan 1'e doğrudan gidilebileceği görülmektedir. Sonuç olarak 5'den 1'e gitmek için 5-3-6-1 gibi bir yol izlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

2.3. En Ekonomik Doğalgaz Boru Hattının Araştırılması (ZADEH, 1973)

Doğalgaz boru hatlarının ekonomik şekilde oluşturulabilmesi için ZADEH (1973) tarafından önerilen yöntemde çözüm adımları şu şekilde özetlenebilmektedir (Zadeh,1973),(Mandl,1979):

- (a)- Tüm noktalar için kritik hat (başlangıca uzaklığı en kısa olan hat) bulunur ve uzaklıklarına göre büyükten küçüğe sıralanır.
- (b)- Şebekeyi oluşturan noktalar kümesine 1 (kaynak numarası) değeri atanır. Başlangıca uzaklığı en fazla olan nokta (k) seçilerek, üzerindeki noktaların numaraları, şebekeyi oluşturan noktalar kümesine eklenir.
- (c)- Başlangıca uzaklığı en fazla olan bir sonraki nokta (l) alınarak, bu noktanın şebekeyi oluşturan noktalardan en yakın olduğu nokta (j) bulunur. $l-j-1$ uzaklığı $k-1$ uzaklığından büyük ise $l-1$ hattı, değilse $l-j-1$ hattı alınarak, bu hattın üzerindeki noktalar, şebekeyi oluşturan noktalar kümesine eklenir.

(d)- (c)'ye dönülerek boşta nokta kalmayınca kadar işlemler sürdürülür.

3. EN EKONOMİK DAL ŞEBEKE İÇİN ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Yukarıda verilen yöntemler, şebekeyi oluşturan dal uzunlukları kullanılarak çözüme ulaşmaya çalışan yöntemlerdir. Ancak bir şebekede maliyeti etkileyen tek faktör uzunluk değildir. Çünkü taşınan su miktarına bağlı olarak boru çaplarının belirlenmesi gerekmekte, dolayısıyla maliyet uzunluğun yanı sıra, boru çapına da bağlı olmaktadır. Önerilen bu çözüm yönteminde, tüm su kullanım noktalarının tek tek şebekeye en ekonomik şekilde nereden bağlanabileceği araştırılarak, en ekonomik şebeke oluşturulmaktadır.

Şebeke üzerindeki bir hatta, boru çapına karar verebilmek için ya boruda oluşacak hız değerine ya da boruda oluşacak toplam kayba karar vermek gerekmektedir. Önerilen çözümde V_o : şebekedeki ortalama hız değeri (m/sn), Q : hattın toplam debisi (m^3/sn) olmak üzere bir hatta kullanılacak çap D (m),

$$D = (4*Q / (V_o * \square))^{1/2}$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. Uygulamada standart boru çapları kullanılmakta ve standart boru çaplarının birim fiyatlarından sözedilebilmektedir. Standart boru çapları ve birim fiyatları için sürekli formda, P boru birim maliyeti (TL/m)'ni göstermek, a , b ve c katsayılar olmak üzere

$$P = a + b * D^c$$

şeklinde bir eğri geçirilebilmektedir. (Altınbilek,1979),(Öztek,1991) Bir hattın maliyeti M (TL) ise, L hattın uzunluğu (m) olmak üzere,

$$M = P * L$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Ancak şebekeye yeni bir su kullanma noktası (düğüm) bağlandığında, yalnızca bu noktayı şebekeye bağlayan hattın değil, aynı zamanda bağlantı noktasından kaynağa kadar tüm hatlardaki toplam debi artacağı için bu debi artışından kaynaklanan maliyet artışında hesaplanması gerekmektedir. Dolayısıyla yeni bir düğümün şebekeye bağlanmasının maliyeti, bağlantı hattının maliyeti ile şebekedeki maliyet artışının toplamı olmaktadır. Yeni bir düğüm şebekeye bağlanırken, bu düğümün bağlanabileceği noktalar için maliyet hesapları yapılarak, en küçük maliyetin olduğu düğümden bağlantısı yapılmaktadır.

Bu çözüm yönteminde, i düğüm numarası, aynı zamanda i düğümüne su getiren hattın numarası, BK : şebekeyi oluşturan düğümler kümesi, $BA\check{G}_i$: i düğümünün bağlandığı düğüm numarası, q_i : i düğümünden çekilen debi, $\square Q_i$: i hattının toplam debisi, TM_i : i noktasının şebekeye bağlanmasının maliyeti olmaktadır. Diğer yöntemlerde olduğu gibi, öncelikle olası dallar belirlendikten sonra, çözüm adımları şu şekilde özetlenebilir:

- (a)- Şebekeyi oluşturmak amacıyla alınan ilk düğüm kaynak noktasıdır. (BK = {1}.)
- (b)- Kaynağa bağlanması olası düğümlerden biri (j) seçilerek kaynağa bağlanır. (BK = {1, j}, $BA\check{G}_j=1$, $\square Q_i=\square Q_i+q_j$)
- (c)- Şebekeyi oluşturan BK kümesindeki düğümlerden herhangi birine bağlanması olası olan noktalardan biri seçilir {k}.
- (d)- Seçilen düğümün şebekeye en ekonomik olarak bağlanabileceği i düğümü bulunur ve seçilen düğüm bu düğümden şebekeye bağlanır.(BK = {1, j, k}, $BA\check{G}_k=i$, $\square Q_i=\square Q_i+q_k$)
- (e)- k düğümünün bağlanabileceği, fakat henüz şebekeye dahil olmadığı için maliyeti hesaplanarak kontrol edilemeyen bir m düğümü varsa bu düğüm için (d) maddesi uygulanır (BK = {1, j, k, m}, $BA\check{G}_m=i$, $\square Q_i=\square Q_i+q_m$) ve yeni düğüm olarak önceki k düğümü alınır ve k düğümü için (d) maddesine dönülür.
- (f)- Henüz şebekeye dahil edilmeyen bir düğüm var ise bu düğüm için (d)'ye dönülür.
- (g)- Şebekedeki tüm düğümler için (d) ve (e) adımları tekrarlanır.
- (h)- (g) adımı sonucunda güzergahta bir değişiklik olup olmadığına bakılır. Eğer bir değişiklik varsa (d) ve (e) adımları tekrarlanır.

4. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Uygulama örneklerinde ortalama akım hızı 0.5, 1, 1.5 ve 2 m/sn alınarak, farklı ortalama hız değerleri seçildiğinde çözümün nasıl değiştiği de incelenmiştir. Standart boru çapına bağlı olarak, birim maliyet değerleri değişmektedir. Maliyet hesaplarında bu kesikli değerler yerine, boru çapı ile maliyet arasındaki ilişkiden yararlanarak, Maliyet - boru çapı sürekli fonksiyonunu kullanmak olasıdır (Altınbilek,1979),(Öztek,1991) Hesaplarda.birim maliyet fonksiyonu, $D(m)$ çapa bağlı olarak

$$P (TL/m) = 55.467 + 683.69 * D(m)^{1.4374}$$

şeklinde alınmıştır (Altınbilek,1979). Önerilen yöntemin dışındaki diğer üç yöntemde uzunluklar esas alınarak çözüm gerçekleştirilmekte, önerilen yöntemdeki ortalama hız değeri ve maliyet fonksiyonu kullanılarak, üç yöntemin maliyet değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

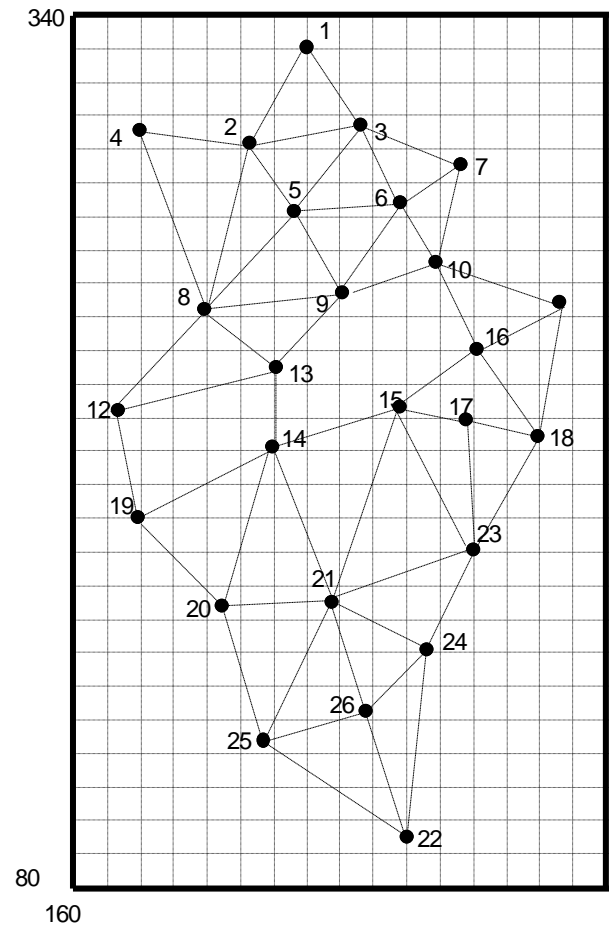
4.1. Uygulama Örneği 1

Şekil 1'de görülen 1 no'lu kaynaktan alınan suyun, ihtiyaç noktalarına dağıtılması gerekmektedir. Kaynak ve ihtiyaç noktalarının koordinatları ile ihtiyaç noktalarında kullanılacak su miktarları ve her bir noktanın suyu iletebileceği varsayılan noktalar Tablo 1'de görülmektedir.

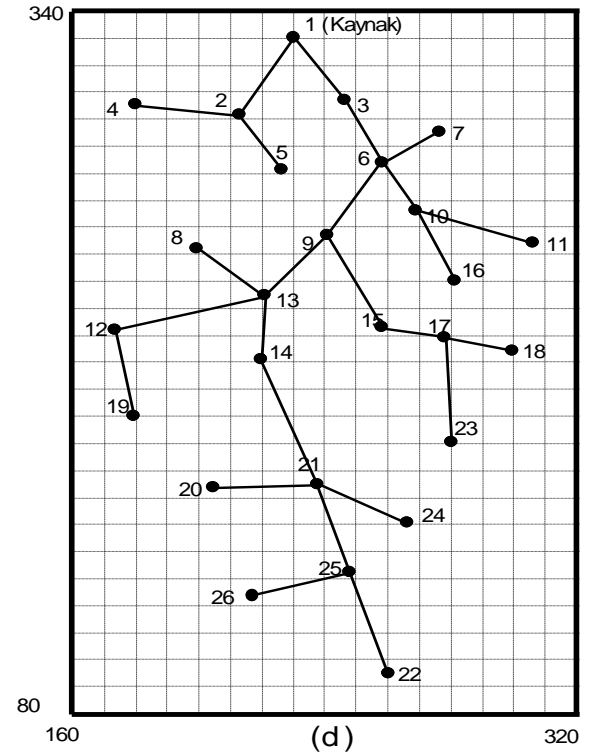
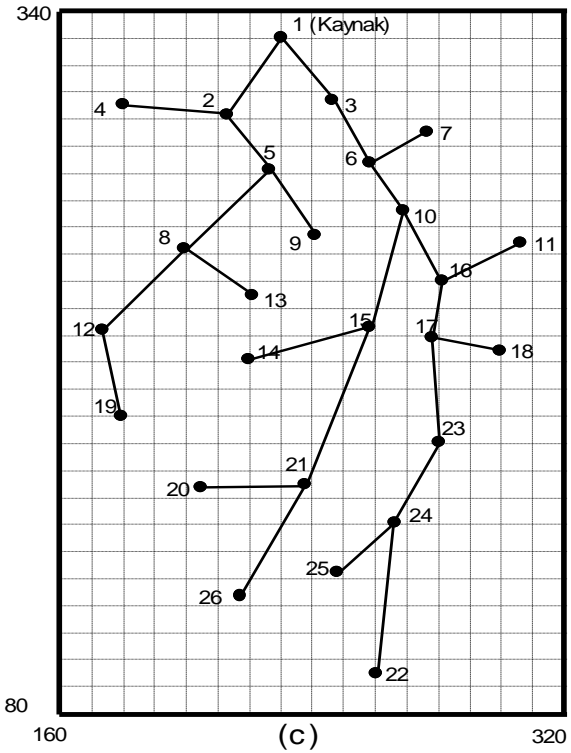
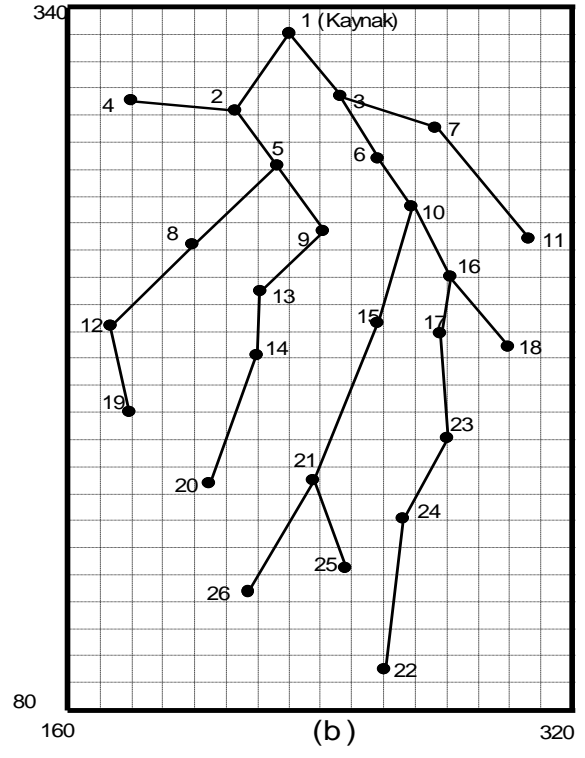
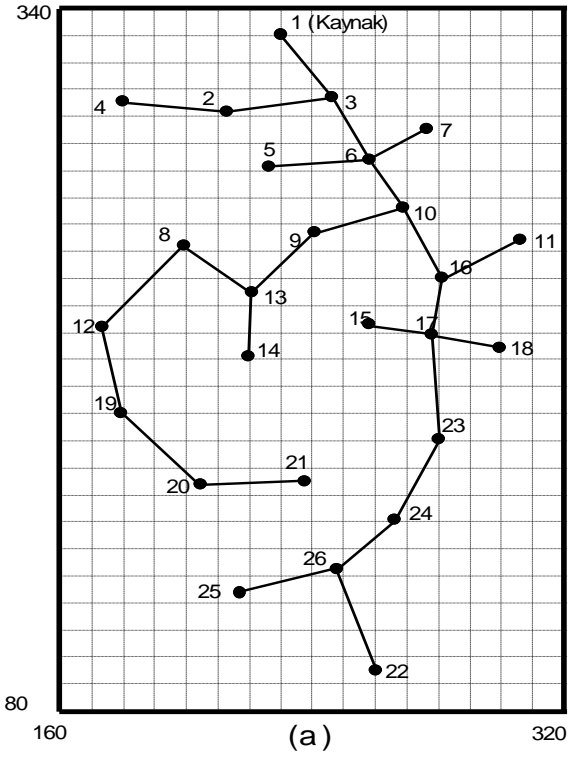
KRUSKAL, FLOYD ve ZADEH çözümleri ile önerilen yöntemin sayısal sonuçları Tablo 2'de, elde edilen güzergahın planda görünüşleri ise Şekil 2'de görülmektedir.

Tablo 1: 1. Uygulama örneği için veriler

Nokta	X	Y	Debi (m ³ /sn)	Suyu iletebileceği noktalar
1	230	330	5.1	2 3
2	213	301	0.3	3 4 5
3	246	307	0.1	2 5 6 7
4	180	305	0.1	5 8
5	226	281	0.2	4 6 8 9
6	258	284	0.4	5 7 9 10
7	277	295	0.15	6 10 11
8	200	252	0.1	9 12 13
9	241	257	0.4	8 10 13 15
10	269	266	0.2	9 11 15 16
11	306	254	0.3	16 18
12	174	222	0.1	13 14 19
13	221	235	0.1	8 12 14
14	220	210	0.5	12 15 20 21
15	258	223	0.2	14 16 17 21
16	282	240	0.05	11 15 17 18
17	278	218	0.1	15 18 21 23
18	300	214	0.1	16 17 23
19	180	190	0.2	14 20
20	205	163	0.2	21 25
21	237	165	0.4	17 20 25 26 24
22	260	95	0.2	
23	280	180	0.1	18 24 21
24	266	150	0.3	26 22
25	218	123	0.1	26 22
26	248	132	0.2	24 25 22



Şekil 1: 1. Uygulama örneği için kaynak, ihtiyaç noktaları ve olası dallar



Şekil 2: 1. Uygulama örneği için çözümler. a) Enkısaca kapsarağaç, b) Başlangıca uzaklığı en kısa kapsarağaç, c) Enekonmik doğalgaz boruhattı çözümü, d)En ekonomik kapsarağaç

Tablo 2. 1. Uygulama örneğinin hesap sonuçları

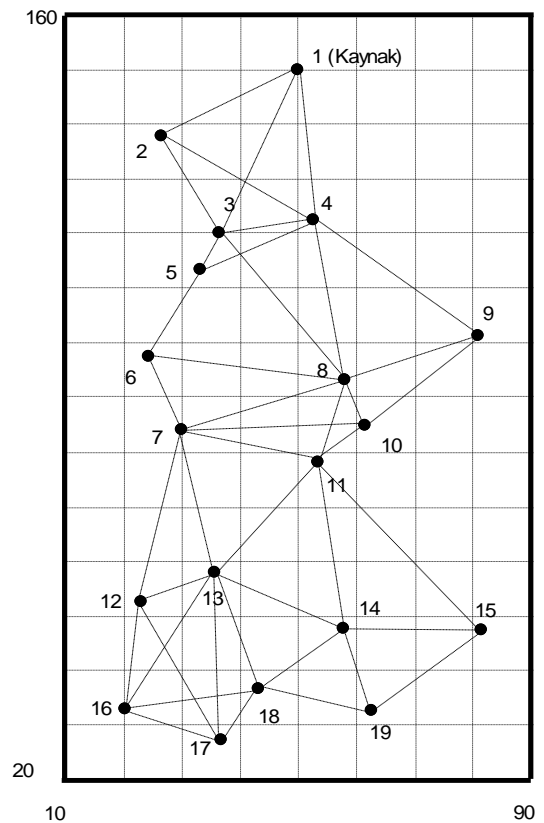
YÖNTEM	Maliyet(10 ⁶ TL)	Toplam uzunluk (m)
KAYA	538.57	787.55
FLOYD	574.25	889.31
ZADEH	565.39	832.15
KRUSKAL	602.30	737.25

4.2. Uygulama Örneği 2

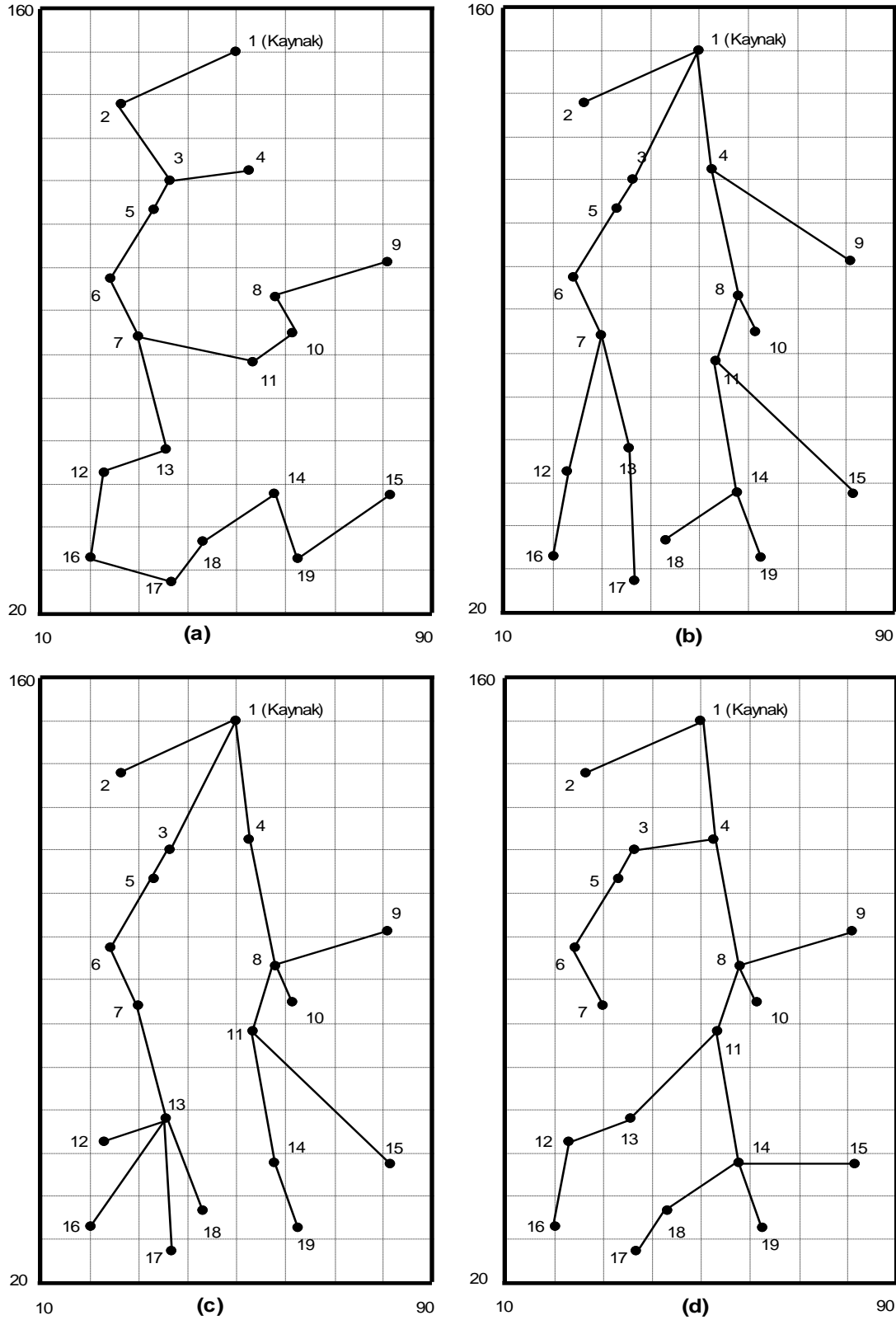
Şekil 3’de görülen 1 no’lu kaynaktan alınan suyun, ihtiyaç noktalarına dağıtılması gerekmektedir (Clement vd...,1979). Kaynak ve ihtiyaç noktalarının koordinatları ile ihtiyaç noktalarında kullanılacak su miktarları ve her bir noktanın suyu iletebileceği varsayılan noktalar Tablo 2’de görülmektedir. CLEMENT ve GALAND (1980)’den alınan bu örnek için verilen çözümde en kısa yol algoritmalarından SOLLIN algoritmasını kullanılmaktadır.

Tablo 3: 2. Uygulama örneği için veriler

Nokta	X	Y	Debi (m ³ /sn)	Suyun iletebileceği noktalar
1	50	150	3.8	2 3 4
2	26	138	0.2	3 4
3	36	120	0.2	4 5 8
4	53	123	0.1	3 5 8 9
5	33	114	0.2	6 8
6	25	97	0.1	7 8
7	30	84	0.1	8 11 12 13
8	57	94	0.1	6 9 10 11
9	81	102	0.1	8 10
10	62	85	0.1	7 8 11
11	54	78	0.1	7 10 13 14 15
12	23	54	0.1	13 16 17
13	35	57	0.1	12 14 16 17 18
14	57	48	0.9	13 15 18 19
15	82	47	0.1	14 19
16	20	34	0.1	12 17 18
17	36	27	0.1	16 18
18	43	36	0.1	14 16 17 19
19	63	33	1.0	14 15 17 18



Şekil 3: 2. Uygulama örneği için kaynak, ihtiyaç noktaları ve olası dallar



Şekil 4: 2. Uygulama örneği çözümleri. a) Enkisa kapsarağaç, b) Başlangıca uzaklığı en kısa kapsarağaç, c) Eneekonomik doğal gaz boruhattı çözümü (Zadeh 1973), d) En ekonomik kapsarağaç

KRUSKAL, FLOYD ve ZADEH çözümleri ile önerilen yöntemin sayısal sonuçları Tablo 4’de, elde edilen güzergahın planda görünüşleri ise Şekil 4’de görülmektedir.

Tablo 4. 2. Sayısal örneğin hesap sonuçları

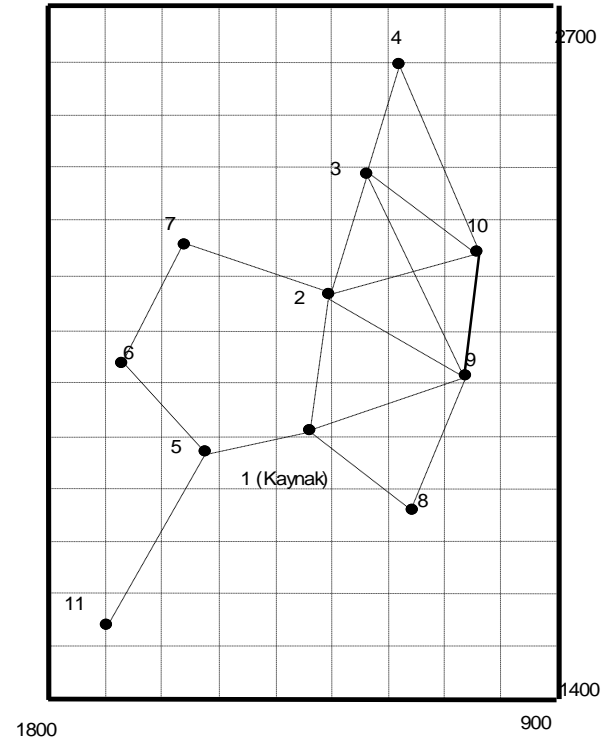
YÖNTEM	Maliyet(10^6 TL)	Toplam uzunluk (m)
KAYA	267.12	353.91
FLOYD	284.41	432.40
ZADEH	285.38	415.53
KRUSKAL	387.67	322.19

4.3. Uygulama Örneği 3

Şekil 1’de görülen 1 no’lu kaynaktan alınan suyun, ihtiyaç noktalarına dağıtılması gerekmektedir. Bu örnek Keban barajından pompajla sulama yapan bir sulama sisteminin bir yedek kanalıdır (3). Kaynak ve ihtiyaç noktalarının koordinatları ile ihtiyaç noktalarında kullanılacak su miktarları ve her bir noktanın suyu iletebileceği varsayılan noktalar Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 5: 3. Uygulama örneği için veriler

Nokta	X	Y	Debi (m^3/sn)	Suyun iletebileceği noktalar
1	1910	1350	10	2 8 9 5
2	2170	1305	1	7 3 9 10
3	2380	1245	1	4 10
4	2595	1180	1	
5	1870	1530	1	11 6
6	2040	1665	1	7
7	2260	1565	1	
8	1760	1155	1	9
9	2010	1065	1	2 3 10
10	2245	1045	1	3 4
11	1545	1695	1	5

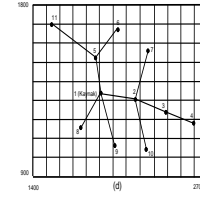
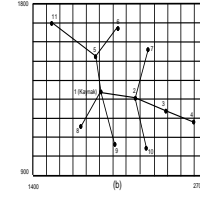
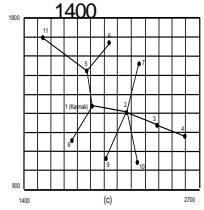
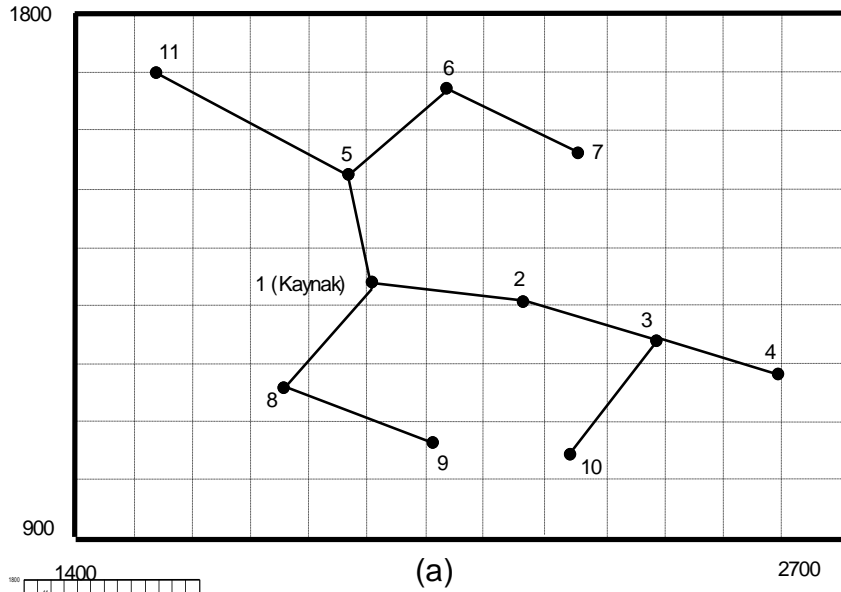


Şekil 5. 3. Uygulama örneği için olası dallar

KRUSKAL, FLOYD ve ZADEH çözümleri ile önerilen yöntemin sayısal sonuçları Tablo 6'da, elde edilen güzergahın planda görünüşleri ise Şekil 6'da görülmektedir.

Tablo 6. 3. Sayısal örneğin hesap sonuçları

YÖNTEM	Maliyet(10 ⁶ TL)	Toplam uzunluk (m)
KAYA	2992.58	2566.63
FLOYD	2992.58	2566.63
ZADEH	3076.31	2553.04
KRUSKAL	3223.34	2467.52



Şekil 6: 3. Uygulama örneği çözümleri. a) En kısa kapsarağaç, b) Başlangıca uzaklığı en kısa kapsarağaç, c) Enekonomik doğalgaz boruhattı çözümü (Zadeh 1973), d) En ekonomik kapsarağaç

5. DEĞİŞİK ORTALAMA HIZ DEĞERLERİ VE MALİYET FONKSİYONLARI İLE ÇÖZÜMLER

Uygulama örneklerinde V_0 ortalama hız değeri 0.5, 1, 1.5 ve 2 m/sn alınarak, ortalama hız değerinin farklı seçilmesi durumlarında şebekenin nasıl oluştuğu da gözlenmiştir. Böylece belirlenen şebekenin, seçilen ortalama hız değerine göre değişip değişmediği belirlenmiştir.

Yukarıdaki çözümlerde maliyet fonksiyonu olarak alınan ifade yerine, farklı cinsteki boruların birim maliyet fonksiyonları farklı olacağından, çözümler bir başka maliyet fonksiyonu ifadesi göre kullanılarak da yinelenmiştir.

Ortalama hız değeri 0.5, 1, 1.5 ve 2 m/sn değerleri olarak alındığında elde edilen şebeke değişmemekte, ancak maliyet değerleri değişmektedir. Bu durumda hesaplanan maliyet değerleri iki farklı maliyet fonksiyonu ele alınarak, 1. Uygulama örneği için Tablo 7’de, 2. Uygulama örneği için Tablo 8’de ve 3. Uygulama örneği için Tablo 9’da görülmektedir.

Tablo 7. 1. Sayısal örneğin değişik ortalama hız değerleri için çözümü

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
KAYA	857	539	413	344	3543	2127	1595	1307
FLOYD	913	574	442	368	3667	2231	1686	1388
ZADEH	901	565	434	362	3658	2211	1666	1368
KRUSKA	965	602	460	382	4005	2393	1792	1466
L								

Tablo 8. 2. Sayısal örneğin değişik ortalama hız değerleri için çözümü

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
KAYA	427	267	205	170	1778	1059	791	647
FLOYD	453	284	219	182	1843	1110	835	685
ZADEH	455	285	219	182	1850	1114	838	687
KRUSKA	626	388	294	243	2665	1565	1161	944
L								

Tablo 9. 3. Sayısal örneğin değişik ortalama hız değerleri için çözümü

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
KAYA	4832	2992	2272	1874	20243	11997	8945	7301
FLOYD	4832	2992	2272	1874	20243	11997	8945	7301
ZADEH	4971	3076	2334	1924	21025	12415	9238	7530
KRUSKAL	5216	3223	2443	2012	22011	12978	9649	7861

6. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Özellikle enkısa kapsarağaç yönteminde olmak üzere, elde edilen çözümlerde mühendislik açısından uygun olmayan çözümler ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda projenin deneyimini kullanarak maliyeti arttırıyor olsada gerekli düzeltmeleri yapması ve uygulanabilir bir çözüm sunması gerekmektedir.

Enkısa kapsarağaç çözümünde herhangi bir noktanın kaynağa olan bağlantısı oldukça uzun bir yol oluşturabilmekte, başlangıca uzaklığı enkısa kapsarağaç çözümünde amaç kaynağa olan uzaklıkları enküçükleme olduğu için bir noktaya gelen suyun mevcut enyakın noktadan alınması yerine kaynağa doğru enyakın noktadan alınması sözkonusu olmakta ve maliyet artmaktadır. Zadeh'in çözümünde ise, başlangıca uzaklığı enkısa kapsarağaç çözümünün dezavantajları bir miktar ortadan kaldırılmakla birlikte yetersiz kalmaktadır.

Örneğin enkısa kapsarağaç yöntemiyle çözüm yapıldığında Şekil 2a'da görüldüğü gibi, 21 noktasına gelen suyun 14-21 gibi bir yolu izlemesi daha ekonomik olabileceken, 13-812-19-20-21 yolunu izlemesi gerekmekte, Şekil 4a'da görüldüğü gibi 9 noktasına gelen suyun belki 3-4-8-9 yolunu izlemesi daha ekonomik olabilecek iken 3-5-6-7-11-10-8-9 yolunu izlemesi gerekmektedir. Başlangıca uzaklığı enkısa kapsarağaç çözümünde ve Zadeh'in çözümünde ise Şekil 4b ve Şekil 4c'de görüldüğü gibi 1 nolu kaynaktan 2, 3 ve 4 noktalarına bağlanan ayrı ayrı dalların oluşturulması gerekmektedir.

Önerilen çözüm yöntemi kullanıldığında, diğer çözüm yöntemlerine göre sağlanan kazançlar 1. Uygulama örneği için Tablo 10'da , 2. Uygulama örneği için Tablo 11 ve 3. Uygulama örneği için ise Tablo 12'de görülmektedir.

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
FLOYD	6.1	6.1	6.6	6.5	3.4	4.7	5.4	5.8
ZADEH	4.9	4.6	4.8	5.0	3.1	3.8	4.3	4.5
KRUSKAL	11.2	10.5	10.2	10.0	11.5	11.1	11.0	10.9

Tablo 10. 1. Sayısal örnekte önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre sağladığı kazanç (%)

Tablo 11. 2. Sayısal örnekte önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre sağladığı kazanç (%)

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
FLOYD	5.7	6.0	6.4	6.6	3.5	4.6	5.3	5.5
ZADEH	6.2	6.3	6.4	6.6	3.9	4.9	5.6	5.8
KRUSKAL	31.8	31.2	30.3	30.0	33.3	32.3	31.9	31.5

Tablo 13. 3. Sayısal örnekte önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre sağladığı kazanç (%)

YÖNTEM	$M=55.467 + 683.69 * d^{1.4374}$				$M=-62.7 + 1898.2 * d + 1022.35 * d^2$			
	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn	0.5m/sn	1 m/sn	1.5m/sn	2 m/sn
FLOYD	0	0	0	0	0	0	0	0
ZADEH	2.8	2.7	2.7	2.6	3.7	3.4	3.2	3.0
KRUSKAL	7.4	7.2	7.0	6.9	8.0	7.6	7.3	7.1

Sistemdeki nokta sayısının azalması durumunda önerilen çözüm ile başlangıca uzaklığı enkısa kapsarağaç çözümlerinin birbirlerine yaklaştığı va hatta aynı sonuçları verdiği görülmektedir.

Her ne kadar bir boru için maliyet uzunlukla doğrusal olarak değişse de, şebekelerde maliyet uzunlukların enküçüklenmesi ile enaza indirgenememektedir. Çünkü burada güzergahın değişmesi ile borulardaki debiler değiştiği için, maliyet aynı zamanda debinin, dolayısıyla çapın bir fonksiyonu olmaktadır. Önerilen çözüm yönteminde şebeke oluşturulurken, değişen debi değerlerine göre maliyetler hesaplanarak, en ekonomik sistem belirlenmeye çalışılmakta, herhangi bir dal değiştirildiğinde maliyet değerleri düzeltilmekte ve sonuçta en ekonomik sistem elde edilmektedir.

7. SONUÇ

Önerilen çözüm yöntemi kullanıldığında ekonomik açıdan en uygun şebeke elde edilebilmektedir. Diğer yöntemlere göre çözüm süresi, iteratif işlemler gerektirmesine rağmen yaklaşık olarak aynı olmaktadır. Olası dalları doğru belirleyerek, gereksiz dalların incelenmesi ortadan kaldırılarak işlem süresini kısaltılabilir.

Çözümde bir ortalama hız değeri alınarak, tüm boruların maliyetleri bu ortalama hız değerine göre hesaplanmaktadır. Değişik ortalama hız değerleri için çözüm yapılarak, seçilen ortalama hız değerinin sonucu etkilemediği görülmüştür. Boru birim maliyeti, çapın bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Boru malzemesine bağlı olarak birim maliyet fonksiyonu değişeceğinden, bir başka maliyet fonksiyonu için çözümler yapıldığında, yine sonuçların değişmediği, aynı güzergahın elde edildiği görülmektedir.

Önerilen çözüm yönteminin, sistemdeki nokta sayısı arttıkça, getirdiği kazancın arttığı görülmektedir. Küçük sistemlerde başlangıca uzaklığı enkısa kapsarağaç çözümü ile aynı sonuçlar elde edilmektedir.

Şebeke belirlendikten sonra, ortalama hız değerleri yerine gerçek hız değerleri kullanılarak, çapların bir eniyileme yöntemiyle birlikte kesin hesapların yapılarak, yeniden belirlenmesi gerekmektedir.

8. KAYNAKLAR

- ALTINBİLEK,D. -“Dalboru Sistemlerinin Dizaynı için Eniyileme Modelleri”, Doçentlik tezi, ODTÜ, 180 s., 1979
- CLEMET,R,GALAND,A. -“Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression”, Paris, Éditions Eyrolles,186 p., 1979
- KAYA,B. -“Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Eniyilenmesi”, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 123 s., 1993
- MANDL,C. - “Applied Network Optimization”, London, Academic Press. Inc., 175 s., 1979
- ÖZTEK,Y. - “İzmir Yöresinde Su İletim (İsale) hatlarında Çelik ve Font boru kullanımının Ekonomik Analizi”, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Diploma Çalışması No: 78. Yön. Prof.Dr. Ünal ÖZİŞ. 51 s., 1991
- PRICE,W.L. - “Graphs and Networks”, London Butterworths, Operational Research Series,108 p., 1971
- PHILIPS,D.T.;DIAZ,A.G. - “Fundamentals of Network Analysis”, Prentice-Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 474 p., 1981
- ZADEH,N. -:Construction of efficient tree networks: the pipeline problem, “Networks” 3, p.1-31., 1973