



:

E-mail: [alghamdi@kaau.edu.sa](mailto:alghamdi@kaau.edu.sa)

%

%

( )

%, %

%,

%,

%,

:

## ABSTRACT

*This contribution summarizes in brief the methods used to estimate leakage in water distribution networks with emphasis on systems that operate intermittently. As a case study, the investigation of leakage from the water distribution network of the Holy City of Makkah is presented. The total length of the water distribution network serving the Holy City of Makkah is about 2400 km and has around 65,515 property connections serving nearly 70% of the inhabited areas. The Holy City water network works intermittently and over 24% of the property connections are un-metered, hence, the pressure*

test method was found to be the best method that can be applied to quantify the leakage. Seven representative areas with areas ranging from 32,000 m<sup>2</sup> to 500,000 m<sup>2</sup>, networks length ranging from 1029 m to 6673 m and property connections ranging from 142 to 236 connections per area were selected for the field investigations. The field investigations revealed that the average operating pressure in the areas ranges from 2.42 to 6.95 bar. It was found that the leakage in studied areas ranges from 6.22 % to 56.24 % with an average value for all the areas of 31.62 %. The old parts of the network experienced high leakage rates ranging from 32.09 % to 56.24 % with an average value of 46.24 %, while the newer areas demonstrated a reasonable range of 6.22 % to 17.58 % with an average value of 12.13 %. It is very evident that the water loss due to leakage in the network is exceptionally high especially in the old parts of the network. Corrective measures are required to lower the leakage to acceptable limits.

) (Unaccounted for Water (UFW))

(Myers, 1998)

Gross leakage)

:

:

-

-

-

-

-

-

-

:( )

:

: .

%

(Lambert, 1998, Myers, 1998)

( / )

/ )

.( /

.( / / / )

.( / / )

.( / / / )

(International Leakage Index)

: .(Lambert, 1998)

/ =

%

% -

(AWWA)

%

:

( )

%. %

( ) :

		(%)	( )
(Sai, 1992)	١٩٨٨	١١,٢	سنغافورة
(Sai, 1992)	١٩٩١	٧,٧	سنغافورة
(Mills, 1990)	١٩٧٣	١٦	باين تاون (جنوب أفريقيا)
(Mills, 1990)	١٩٨٧	٥	باين تاون (جنوب أفريقيا)
(Al-Dhowalia, 1992)	١٩٩١	٣٠,٤	الرياض (المملكة العربية السعودية)
(Myers, 1998)	١٩٩٥	*٣٠	سانتا كروز (بوليفيا)
(Myers, 1998)		*٤٥	عمان (الأردن)
(Al-Dhowalia, 1992)	١٩٨٧	١٢	ميونخ (ألمانيا)
	١٩٩٨	١٦	هيوستن (أمريكا)
(Al-Dhowalia, 1992)	١٩٨٦	١٩	استكهولم (السويد)
Victorian Auditor Report (1997)	-	٧	لوس انجليس (أمريكا)
	-	*١٨	ديترويت (أمريكا)
	-	*١٤	منطقة أعمال شركة انجلين للمياه (المملكة المتحدة)
	-	*٢٣	منطقة أعمال شركة يورك شاير للمياه (المملكة المتحدة)
	١٩٩٦	*١٦	ملبورن (أستراليا)
	١٩٩٦	*٢٢	الولايات الداخلية (أستراليا)

\* الفاقد الإجمالي (يشمل التسربات والفاقد الأخرى)

:

:(Al-Dhowalia, 199)

:(Total Quantity Method)

-

(Victorian Auditor Report, 1997) (UFW)

%

**:(Total or Net Night Flow Rate)**

-

(Lijima, 1991)

/ / %          / / -          %          (   / / )          %  
 / /

(Mills, 1990)

% :          %          %          %          %          %  
 %          %          %          %          %          %

(Al-Dhowalia, 1992)

.% ,          % -          % ,

.(Sai, 1991)

، ' ' ،  
( )  
( )

.%

/  
/  
/ ( ; )

( )

( )

$$\left( \frac{Q_{loss}}{Q_{total}} \right) \times 100 = \text{Loss \%}$$

(Booster Pumps)

$$\left( \frac{Q_{loss}}{Q_{total}} \right) \times 100 = \text{Loss \%}$$

( )  
 ( )  
 ( / )  
 % /  
 ( )  
 ( / )  
 :

% ( )  
 ( )

( )

(Trofatter, 1992, (1994

)

(Transit-Time) -

(



Polysonic, DCT7088

% , ±

/ , ±

. / -

/ ,

/ ,

. / ,

( )

.Stainless Steel

Bourdon Gauge

(Vernier Caliper)

.Ultra Sonic Thickness Gauge

( )

( )

( )

( , ) .

/

/

( )

( )

( )

( )

( )

% ,

% ,

% ,

% ,

(% , )

% ,

جدول رقم (٢): معلومات عن مناطق الدراسة.

تاريخ تنفيذ الشبكة	نوع المنطقة	كثافة التوصيلات (توصيلة/كم <sup>٢</sup> )	كثافة التوصيلات (توصيلة/كم <sup>٢</sup> )	كثافة التوصيلات (توصيلة/كم <sup>٢</sup> )	أطوال الألياف (م)	عدد التوصيلات المنزلية	الارتفاع عن سطح البحر (م)	المساحة التقريبية (م <sup>٢</sup> )	اسم الحي	م
١٤١٤ هـ	حديثة	٢٥	٣٢٨	٦٦٧٣	١٦٤	٢٩٠٠٧-٢٧٩٠٣	٥٠٠٠٠٠		زهرة كدي	١
١٤١٢ هـ	حديثة	٤٧	٧٦١	٥٠٤٨	٢٣٦	٣٠٤-٢٩٨٠٤	٣١٠٠٠٠		العزيرية الشرقية	٢
١٣٩٩ هـ	قديمة عشوائية	٤٠	٦٥١	٣٥٦٣	١٤٢	٢٦٥	٢١٨٠٠٠		الهنادوية	٤
١٣٩٩ هـ	قديمة عشوائية	٥٩	٨٠٠	٢٧٠٦	١٦٠	٣٤٠-٢٨٠	٢٠٠٠٠٠		حجول	٥
١٣٩٨ هـ	قديمة عشوائية	١٥٨	٥٠٩٤	١٠٢٩	١٦٣	٣١٠-٢٨٥	٣٢٠٠٠٠		المسفة	٦
١٤١٠ هـ	حديثة	٢٨	٤٧٧	٥٧٢٦	١٦٢	٣١٠-٢٨٠	٣٤٠٠٠٠٠		التنعيم	٧
١٣٩٩ هـ	قديمة عشوائية	١١٣	٣٧٧٥	١٣٤٠	١٥١	٣٦٥-٣١٠	٤٠٠٠٠٠		اجباد	٨
				٢٠٨٥	١١٧٨		١٦٤٠٠٠٠		الإجمالي	

جدول رقم (٣): ملخص القياسات الميدانية بمناطق الدراسة.

نسبة الفاقد (%)	متوسط كمية المياه الواردة أثناء اختبار الضغط (الفاقد) (ل/ث)	متوسط كمية المياه الواردة خلال التوبة (ل/ث)	الضغط على خط التغذية		اسم الحي	م	
			متوسط	أدنى قيمة (بار)			
٦,٢٢	١,٩٢	٣,٠٨٧	٢,٤٢	٣,٥٢	٠,٦٩	زهرة كدي	١
١٢,٦٠	٥,٦٨	٤٥,٤٥	٢,٤٦	٣,٤	١,٩	العزيرية الشرقية	٢
٣٢,٠٠٩	٧,١٠	٢٢,١٣	٦,٩٥	١,٠٥	٤,٢	الهنادوية	٣
٥٦,٢٤	٨,٥٦	١٥,٢٢	* ٣,٠٨	* ٤,٩	* ٠,٩٠	حجول	٤
٥٠,٧٣	٦,٢٩	١٢,٤	٣,٩٨	٥,٧	٣,٨	المسفة	٥
١٧,٥٨	٤,٢٨	٢٣,٩٨	٤,٦٠	٨,٩	٢,٢	التنعيم	٦
٤٥,٨٩	٣,٩١	٨,٥٢	٦,١٥	٨	١,٣	اجباد	٧
٣١,٦٢			٤,٢٣	٦,٤٢	٢,١٤	المتوسط	

\* هذه القيمة تمثل قراءة عداد الضغط رقم (٢) الواقع داخل الحي حيث أن العداد المركب على خط التغذية سجل قيم ثابتة (١٠٠ بار) وقد تم تركيبه عند مخرج خزان جبل الكعبة الواقع على قمة جبل الكعبة وهو بذلك لا يمثل الضغط الفعلي بالشبكة نظرا لافراق الارتفاع.

(Al-Ghamdi, 1991; Al-Dowalia,1992)

% -

(Al-Dowalia, 1992)

.%

(Gross Leakage)

(% , )

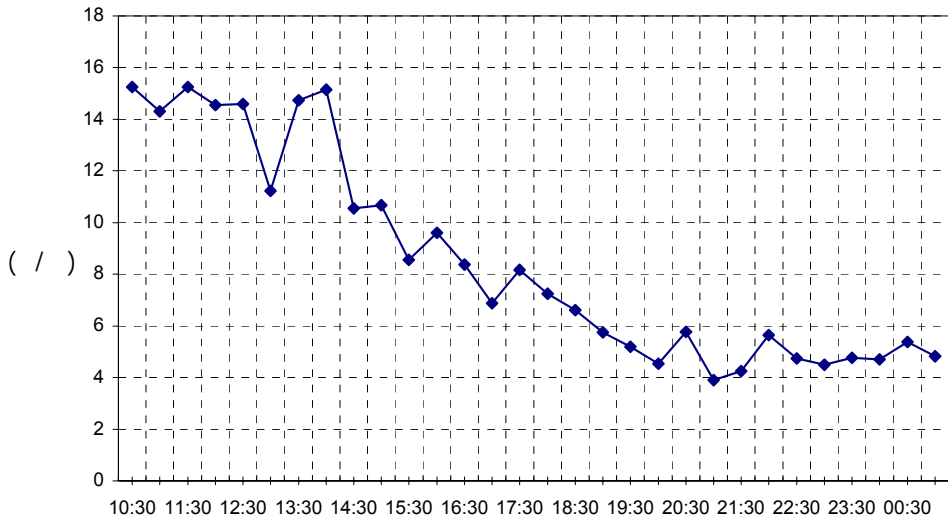
( )

%

. % ,  
% , % ,

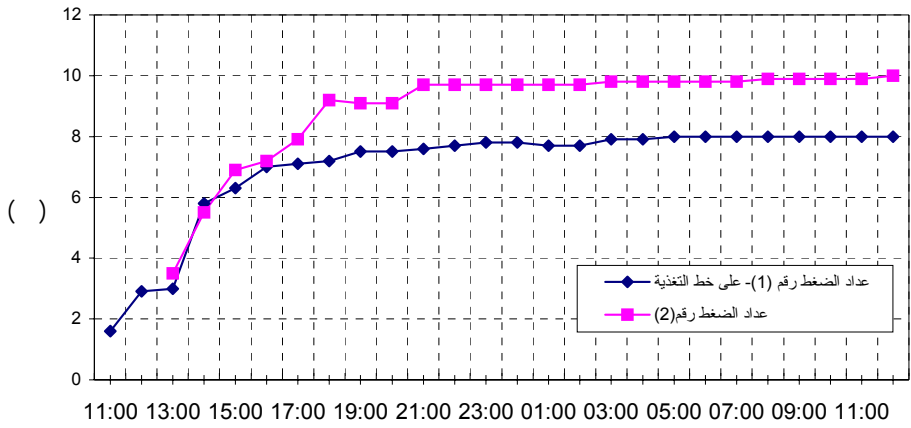
%

% ,

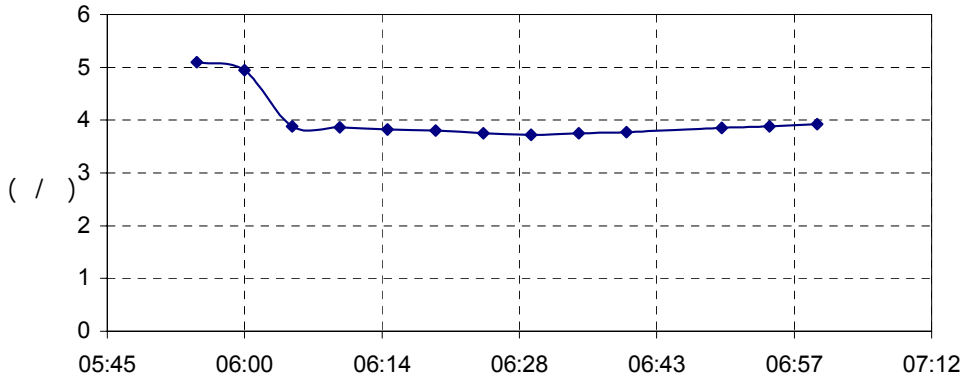


( )

:( )



( ) : ( )



( ) : ( )

% ،

% ،

% ،

% ،

.% ،

:

(District Metering)

(Cybernet )

( )

( Gate Valves )

(Supervisory Control And Data Acquisition-SCADA)"

(Geographical Information System (GIS))

(cybernet)

5. Al-Dhowalia, K.H., 1992, "Assessment of Leakage in the Riyadh Water Distribution Network", Final Report, KACST Project No. AR-10-19.
6. Lambert, Allen, 1998, "A methodology for National and International Comparison of UFW", 11<sup>th</sup> IWSA-ASPAC Regional Conference, pp. 147-152.



7. Lijima, N., 1992, "Management of the Distribution System in Tokyo", Proceedings of the AWWA Annual Conference, Vancouver, B.C, pp.491-507.
8. Mills, R.E., 1990," Leakage Control in a Universally Metered Distribution System: Pinetown Water's Experience", Journal of the Institution of water and Environmental Management, vol. 4, June, pp. 235-241.
9. Myers, A., and A. Lambert, 1998, "Effective Leakage Management, Strategic Planning and Operational Control for Water Distribution Networks Using The Bursts and Background Estimates Concepts", Ministry of Municipalities and Rural Affairs, Saudi Arabia, and The World Bank workshop on Leakage Management, 2<sup>nd</sup> December, Riyadh, Saudi Arabia.
10. Sai, F.C., 1992"Water Distribution System Management in Singapore. Proceedings of American Water Works Association (AWWA) Annual Conference, June 18-22, Vancouver, B. C., pp. 533-552.
11. Trofatter, J., 1992 "Clamp-on Flowmeters Clamp Down On Leakage", Water and Wastewater International, October.
12. Trofatter, J., 1994, "Transit-Time Flowmeters Overcome Earlier Limitations", Water and Wastewater International, June.
13. Victorian Auditor-General's Office, 1997, Report on Ministerial Portfolios, Australia, May, 1997.