

Bài báo khoa học

# Đánh giá hiện trạng và đề xuất các giải pháp kỹ thuật kinh tế giảm thất thoát nước tại Công ty cổ phần cấp nước Tân Hòa (thuộc Sawaco)

Hồ Minh Dũng<sup>1\*</sup>, Trương Tấn Quốc<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM; H\_minhdung@yahoo.com

<sup>2</sup> Công ty cổ phần cấp nước Bến Thành; ksquoc@yahoo.com.vn

\*Tác giả liên hệ: H\_minhdung@yahoo.com; Tel.: +84-903605245

Ban Biên tập nhận bài: 30/10/2024; Ngày phản biện xong: 19/12/2024; Ngày đăng bài: 25/5/2025

**Tóm tắt:** Công tác chống thất thoát nước tại Công ty cổ phần cấp nước Tân Hòa hiện nay vẫn còn mang tính bị động, chưa vận dụng tốt công nghệ cũng như quy trình chống thất thoát nước, chưa phát huy hết khả năng giảm thất thoát nước của đơn vị. Vì vậy, nghiên cứu này thực hiện nhằm mang lại hiệu quả kinh tế, ước tính mức nước thất thoát kinh tế (ELL) để có thể giảm thất thoát nước đến mức mà chi phí giảm thất thoát nước bằng với giá trị của lượng nước tiết kiệm được góp phần bảo vệ nguồn nước và môi trường. Nghiên cứu đã ứng dụng thành công mô hình Epanet để mô phỏng và phân tích thủy lực mạng lưới cấp nước. Kết quả của mô hình là cơ sở để phân tích, đánh giá các yếu tố về lưu lượng, áp lực, cũng như phân tích hiệu quả trong hoạt động kiểm soát rò rỉ mạng lưới cấp nước chủ động, khoanh vùng rò rỉ cho khu vực thí điểm và đưa ra các bài toán để phân tích đánh giá khi áp dụng vào thực tế nhanh chóng phát hiện kiểm soát thủy lực liên tục các nguy cơ rò rỉ trên mạng lưới cấp nước 24/7. Kết quả nghiên cứu này được ứng dụng rộng rãi sẽ giúp cho các đơn vị cấp nước giảm thất thoát nước bền vững một cách hiệu quả.

**Từ khóa:** Giảm thất thoát nước; Nước thất thoát kinh tế (ELL); Công ty cấp nước Tân Hòa.

## 1. Mở đầu

Hiện nay, tỷ lệ thất thoát nước (TTN) tại Công ty cổ phần cấp nước (CPCN) Tân Hòa khoảng 19,5% (năm 2019), tương ứng lượng nước thất thoát khoảng 33.000 m<sup>3</sup>/ngày, tương đương 306 triệu đồng/ngày. Nếu giảm tỷ lệ TTN hàng tháng xuống 12% thì mỗi ngày đơn vị sẽ tiết kiệm được 117 triệu đồng. Vì vậy, việc thực hiện nghiên cứu này là rất cần thiết, mang lại hiệu quả kinh tế nhằm giảm TTN trong hệ thống phân phối nước. TTN là một vấn đề đang rất được quan tâm đối với các công ty cấp nước, nó ảnh hưởng đến hệ thống MLCN, gây thất thoát lượng nước sạch sau xử lý và ảnh hưởng tới chất lượng cũng như số lượng nước sạch tới người dân. Nghiên cứu về rò rỉ trên MLCN ở Việt Nam trong những năm gần đây đã được thực hiện. Nghiên cứu [1] đã đưa ra các giải pháp khác nhau để giảm TTN trên địa bàn Thảo Điền, Quận 2 (TP.HCM), đồng thời tiến hành đánh giá giải pháp thích hợp nhất đối với khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu [2] đã dự báo khả năng rò rỉ trên MLCN bằng một số kỹ thuật học máy cho hệ thống cấp nước Trung An (TP.HCM), kết quả cho thấy mô hình CatBoost cho hiệu quả dự đoán số lượng điểm rò rỉ trên mạng lưới là tốt nhất. Ngoài ra, còn có một số nghiên cứu sử dụng các công cụ để quản lý MLCN [3-5].

Trên thế giới, nhiều nhóm tác giả đã kết hợp nhiều phương pháp để đánh giá hiệu quả các biện pháp nhằm phát hiện điểm rò rỉ, nghiên cứu [6] đã nghiên cứu mối quan hệ giữa hình dạng điểm rò rỉ với lưu lượng và áp lực, tác giả tiến hành thí nghiệm để xác định mối

quan hệ giữa áp lực và lưu lượng rò rỉ. Dựa trên mô phỏng theo thời gian của phần mềm Epanet, nghiên cứu [7] đề xuất một cách thức xây dựng mô hình rò rỉ, tác giả tìm mối liên hệ giữa các yếu tố: nhu cầu dùng nước, lượng nước rò rỉ và hiệu quả của công tác quản lý áp lực. Nghiên cứu [8] tiến hành đánh giá lượng nước thất thoát trên DMA bằng phương pháp bottom-up dựa vào việc phân tích lưu lượng tối thiểu ban đêm, đồng thời kết hợp với mô phỏng thủy lực xác định lượng nước thất thoát [8]. Ngoài ra, còn có các nghiên cứu khác [9–16]

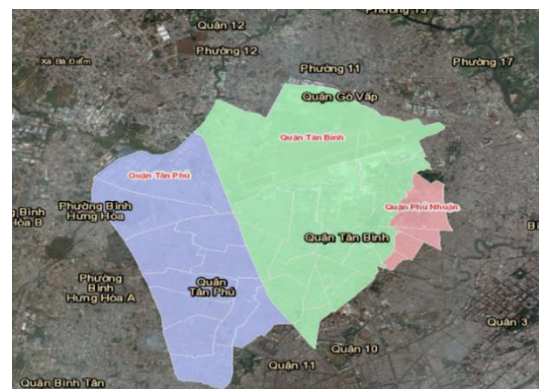
Việc kiểm soát được rò rỉ TTN thường phải có chi phí đầu tư rất lớn nên các công ty cấp nước thường phải cân đối giữa chi phí đầu tư và lợi ích kinh tế mang lại từ việc giảm tỷ lệ TTN. Do đó, việc xác định lượng nước thất thoát kinh tế (ELL) là rất cần thiết. Việc tính toán chỉ số ELL đã được nhiều nghiên cứu thực hiện với các phương pháp khác nhau phụ thuộc chủ yếu vào tỷ lệ sẵn có và chi tiết của dữ liệu kiểm toán nước tại các công ty cấp nước. Nghiên cứu tính toán xác định ELL bắt đầu được thực hiện từ thập niên 1990s. Năm 2005, Lambert và Fantozzi đã phát triển công thức cho tần suất can thiệp kinh tế dựa trên khái niệm tỷ lệ tự nhiên của sự gia tăng rò rỉ không được báo cáo [17]. Trong những năm gần đây, đã có một số nghiên cứu tính toán ELL dựa vào phương pháp chi phí cận biên [18–22]. Tuy nhiên, có một số nghiên cứu xác định giá trị kinh tế nhất cho tổng tổn thất (tổn thất thực và biểu kiến) được gọi là tỷ lệ tổn thất nước kinh tế (ELWL), sử dụng phương pháp tính hiệu quả về chi phí [23, 24]. Một vài nghiên cứu khác đã tính toán tỷ lệ thiệt hại kinh tế rõ ràng (ELAL), nhưng chỉ giới hạn trong việc tính toán tần suất thay thế tối ưu của đồng hồ nước [25].

Hiện nay, hầu hết các công ty đang gặp khó khăn trong việc xác định ELL. Một số công ty đã bắt đầu tính toán sơ bộ chỉ số ELL dựa trên số liệu kiểm toán nước rất hạn chế. Do vậy, kết quả tính toán chưa thực sự sát với giá trị thực tế của các công ty. Qua tổng quan các nghiên cứu cho thấy việc tăng cường đầu tư cải tạo nâng cấp hệ thống cùng với các giải pháp quản lý rò rỉ TTN tại các công ty cấp nước hiện nay để có thể giảm tỷ lệ TTN xuống thấp hơn 12-18%. Tuy nhiên, một điều dễ nhận thấy đó là chi phí đầu tư càng lớn thì lượng tiền thu được từ việc giảm tỷ lệ TTN lại giảm. Do vậy, câu hỏi đặt ra là các công ty cấp nước sẽ chấp nhận ở tỷ lệ hay mức TTN nào mà ở đó chi phí đầu tư giảm TTN đúng bằng giá trị mà lượng nước giảm thất thu đem lại. Việc xác định được ELL có ý nghĩa rất quan trọng đối với công tác quản lý vận hành hiệu quả MLCN, đặc biệt là tránh được những đầu tư không cần thiết cho công tác giảm nước không doanh thu.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Địa bàn Công ty CPCN Tân Hòa quản lý bao gồm: quận Tân Bình (15 phường), quận Tân Phú (10 phường) có tổng diện tích là 38,38 km<sup>2</sup> (Hình 1). Công ty CPCN Tân Hòa đang quản lý và phân phối nước sạch từ nguồn cung cấp từ 04 nhà máy nước (NMN) gồm 03 NMN khai thác nguồn nước mặt (NMN Tân Hiệp, NMN Kênh Đông và NMN BOO Thủ Đức) và NMN ngầm Tân Phú. Tình hình cấp nước tại địa bàn được thể hiện qua các chỉ số:



Hình 1. Bản đồ tổng thể khu vực nghiên cứu.

Tổng chiều dài mạng lưới đường ống cấp 3: 840.421 km; Số lượng đầu nối dịch vụ trong vùng: 147.784 đầu nối; Thời gian cung cấp dịch vụ cấp nước: 24/24 giờ; Lượng nước cung cấp bình quân: 171.066 m<sup>3</sup>/ngày; Lượng nước tiêu thụ bình quân: 131.756 m<sup>3</sup>/ngày; Lượng nước thất thoát bình quân: 39.309 m<sup>3</sup>/ngày; Tỷ lệ thất thoát nước trung bình (NRW): 22,98%.

Hiện nay, công tác quản lý MLCN trên các phần mềm Autocad, GIS, Billing,... nhằm theo dõi đồng hồ khách hàng, tuy nhiên, nhìn chung công cụ quản lý MLCN còn nhiều bất cập, dữ liệu còn thiếu. Để công tác quản lý mạng lưới được tốt cần phải xây dựng hệ thống quản lý thống nhất, chính xác đáp ứng được yêu cầu sử dụng hiện nay. Công tác vận hành mạng lưới đường ống và các công trình thiết bị trên đó được thực hiện bằng cách thường xuyên kiểm tra và sửa chữa theo kế hoạch đã vạch sẵn để phát hiện kịp thời các thiết bị không đáp ứng được điều kiện khai thác bình thường và có biện pháp sửa chữa. Tuy nhiên, công tác vận hành sửa chữa hệ thống MLCN còn nhiều bất cập và hạn chế ảnh hưởng tới chất lượng dịch vụ cấp nước. Thời gian sửa chữa còn chậm gây ra TTN. Nhiều thiết bị có trên mạng lưới ít được vận hành từ đó dẫn đến thời gian sử dụng ngắn và gây hư hỏng trên MLCN.

## 2.2. Cơ sở dữ liệu khu vực nghiên cứu

### 2.2.1. Thông tin dữ liệu về mạng lưới cấp nước

Công ty CPCN Tân Hòa hiện quản lý 92 DMA, tổng số van hiện hữu là 6.956 van, bao gồm nhiều loại van với các chức năng và công dụng khác nhau. Công ty CPCN Tân Hòa đang quản lý số lượng đầu nối khách hàng khá lớn nhưng sản lượng nước tiêu thụ lại không cao do đa số khách hàng vẫn còn sử dụng song song 02 nguồn nước (nước giếng khoan và nước máy). Tổng số giếng khoan trên địa bàn quản lý là 37.767 cái, chiếm 26,12% tổng số đầu nối khách hàng. Số lượng đầu nối có lượng nước tiêu thụ hàng tháng từ 0 đến 4 m<sup>3</sup> là 22.922 đầu nối, chiếm 18,68% tổng số đầu nối [26].

**Bảng 1.** Cơ cấu khách hàng sử dụng nước.

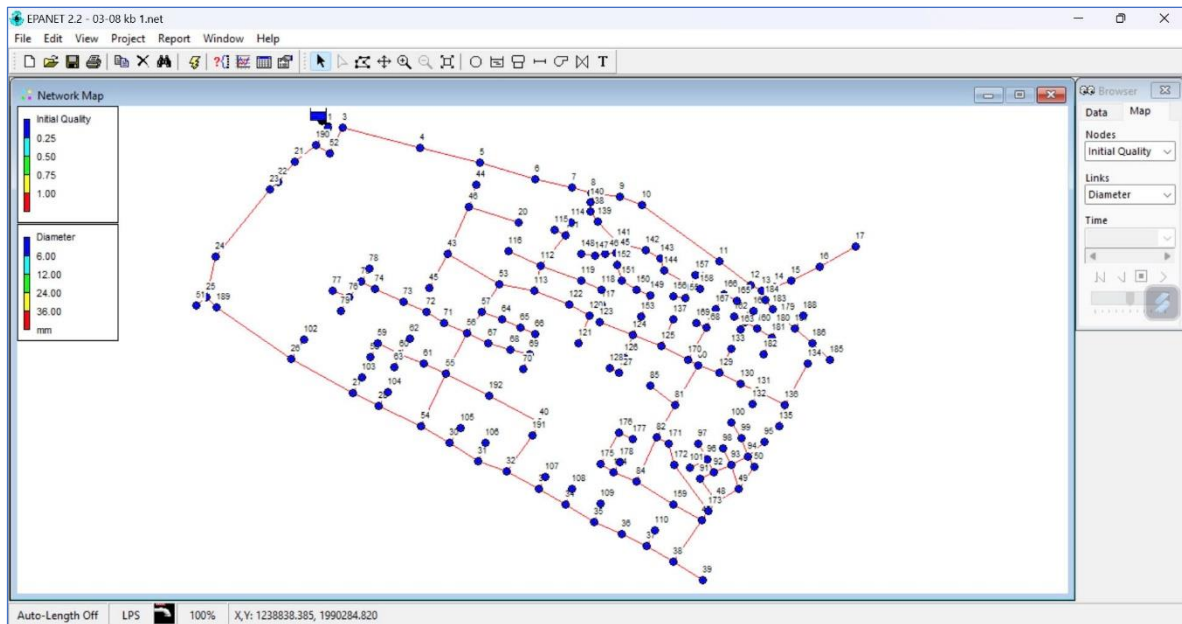
Nội dung	Đơn vị	Sinh hoạt	Hành chính sự nghiệp	Sản xuất	Dịch vụ	Tổng cộng
Sản lượng tiêu thụ	m <sup>3</sup>	3.355.397	322.558	9.693	78.814	3.766.462
Số lượng đầu nối	Đầu nối	142.138	1.341	40	840	144.359
Tỷ trọng theo sản lượng tiêu thụ	%	89,09	8,56	0,26	2,09	100

### 2.2.2. Thông tin dữ liệu về khách hàng

Địa bàn quản lý của công ty rộng, hiện tại đang quản lý 144.359 đồng hồ khách hàng bao gồm nhiều loại đồng hồ nước khác nhau, khách hàng phân bố chủ yếu ở khu vực quận Tân Bình (53,2%) và quận Tân Phú (46,8%). Trong công tác quản lý, khách hàng được chia thành các loại đối tượng sử dụng nước khác nhau bao gồm: đối tượng sử dụng nước cho sinh hoạt, sản xuất, kinh doanh, hành chính sự nghiệp. Trong công tác quản lý dữ liệu thông tin về khách hàng được quản lý theo từng khu vực, mỗi khách hàng sẽ được đánh số danh bộ, với số danh bộ này việc quản lý tốt hơn.

## 2.3. Giới thiệu mô hình thủy lực Epanet

Hiện nay, một số phần mềm dùng cho tính toán thủy lực cho mạng lưới cấp nước đang được sử dụng như: Epanet, WaterCAD, WaterGEMS, H2OMAP Water, ... Trong đó, phần mềm Epanet là một trong những phần mềm mô phỏng thủy lực cho MLCN được sử dụng phổ biến. Epanet là chương trình tính toán MLCN, được phát triển bởi US-EPA, có khả năng mô phỏng thủy lực và chất lượng nước theo thời gian. Epanet mô phỏng mạng lưới cấp nước bao gồm các đoạn ống, các nút, các máy bơm, các van, các bể chứa và đài nước, tính được lưu lượng trên mỗi đoạn ống, áp suất tại các nút, chiều cao nước ở từng bể chứa, đài nước, nồng độ của các chất trên mạng theo thời gian làm việc mô phỏng của mạng lưới. So với các phần mềm khác thì khả năng mô phỏng thủy lực một cách chính xác là điều kiện tiên quyết cho sự mô phỏng rò rỉ, mô phỏng chất lượng nước. Epanet chứa các công cụ phân tích thủy lực rất mạnh: Có thể phân tích được mạng lưới cấp nước không giới hạn về quy mô; Tính toán tổn thất ma sát thủy lực. Epanet cho phép tính tới sự biến đổi lưu lượng, áp lực tại các nút để cân chỉnh mô hình, phát hiện rò rỉ [27].



Hình 2. Giao diện mô hình Epanet.

Các bước xây dựng mô hình: Xây dựng mô hình cơ sở (gồm có: Đường kính, chiều dài, hệ số nhám ban đầu; Gán lưu lượng đồng hồ nước vào lưu lượng nút); Giả định rò rỉ theo áp lực giờ và mỗi nút đều có rò rỉ; Hiệu chỉnh mô hình (Hiệu chỉnh hệ số nhám C) và kiểm định mô hình (Kiểm định mô hình bằng bộ thông số giá trị của ngày khác). Với các thông tin số liệu liên quan đến mô hình sẽ được lấy từ nguồn dữ liệu SCADA.

Mạng lưới đường ống cấp nước: Bao gồm các thông tin về các loại ống cấp nước, chiều dài, năm lắp đặt, sơ đồ mạng lưới, cao trình khu vực, thông tin về các loại tài sản có trên mạng lưới (van, đồng hồ tổng, đồng hồ khách hàng...). Trong đó, yếu tố về các vị trí đầu nối cần phải được cập nhật chính xác, đảm bảo việc mô phỏng dòng chảy đúng so với thực tế.

Bảng cân bằng nước: Xây dựng bảng cân bằng nước để xác định được từng thành phần nước có trong mô hình, phân tích các thành phần như: lượng nước được cấp vào mạng lưới, lượng nước tiêu thụ khách hàng, nước không doanh thu, lượng nước đi ra khỏi mạng lưới (cung cấp cho khu vực khác).

Bảng 2. Bảng cân bằng nước theo khu vực.

STT	Ký hiệu khu vực	Sản lượng đồng hồ tổng (m <sup>3</sup> /h)	Sản lượng đồng hồ khách hàng (m <sup>3</sup> /h)	Lượng nước thất thoát (m <sup>3</sup> /h)	Tỷ lệ thất thoát nước (%)
1	th1004	77,83	54,90	22,93	29,46
2	th1005	68,33	61,34	6,99	10,23
3	th1006	71,85	70,58	1,27	1,76
4	th1008	370,65	230,53	140,12	37,80
5	th1010	183,05	177,20	5,85	3,19
6	th1011	62,21	57,47	4,74	7,62
7	th1013	186,87	148,61	38,26	20,47
8	th1014	1.331,42	1141,81	189,60	14,24
9	th1015	41,87	30,83	11,04	26,37
10	th1018	589,43	453,26	136,18	23,10
11	th1019	409,10	366,84	42,26	10,33
12	th1021	386,46	284,83	101,63	26,30
13	th1024	94,74	79,74	15,00	15,83
14	th1025	106,79	100,02	6,76	6,33
15	th1026	57,57	55,61	1,96	3,40
16	th1027	566,22	412,18	154,03	27,20
17	th1028	755,97	608,92	147,06	19,45

STT	Ký hiệu khu vực	Sản lượng đồng hồ tổng (m <sup>3</sup> /h)	Sản lượng đồng hồ khách hàng (m <sup>3</sup> /h)	Lượng nước thất thoát (m <sup>3</sup> /h)	Tỷ lệ thất thoát nước (%)
18	th1029	54,17	21,59	32,58	60,15
19	th1030_0901	168,88	146,09	22,78	13,49
20	th1031	278,29	159,94	118,34	42,53
21	th1032	46,71	40,23	6,47	13,86
22	th1033_0201	85,25	61,14	24,11	28,28
23	th1034_0906	92,00	88,27	3,73	4,06
24	pt2018	43,16	42,85	0,31	0,71
25	th4002	688,50	515,01	173,49	25,20
26	th4004	311,92	217,63	94,29	30,23
27	th4005	231,17	163,09	68,08	29,45

Xây dựng hệ số sử dụng nước: Dựa vào thiết bị ghi nhận dữ liệu được lắp đặt cho từng khu vực, từ đó sẽ có các thông tin về thời gian, lưu lượng, áp lực nước. Sau khi có các dữ liệu tiến hành xây dựng hệ số sử dụng nước cho từng khu vực khác nhau.

Xây dựng hệ số rò rỉ: Trên từng khu vực trong mạng lưới cấp nước đều có tỷ lệ TTN khác nhau và áp lực nước cũng thay đổi theo từng khu vực. Từ những dữ liệu về lưu lượng nước thất thoát và áp lực khu vực sẽ xây dựng hệ số rò rỉ cho từng vùng.

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: Các thông số sử dụng để hiệu chỉnh kiểm định mô hình là áp lực và lưu lượng trên các tuyến ống truyền dẫn chính được ghi nhận trên hệ thống SCADA của SAWACO và Công ty CPCN Tân Hòa. Cụ thể, khi lưu lượng hay độ nhám trong đường ống càng lớn, thì tổn thất áp lực sẽ càng cao. Chỉ số sử dụng đánh giá kết quả kiểm định mô hình là hệ số tương quan R<sup>2</sup>.

2.4. Xác định lượng nước/ tỷ lệ nước thất thoát kinh tế (ELL) tại DMA 03-08

Phương pháp tổng chi phí để tính toán ELL đối với các mức tổn thất vật chất khác nhau, chi phí hàng năm về lượng nước bị mất được cộng với tổng chi phí kiểm soát rò rỉ chủ động để có được đường cong tổng chi phí. Điểm thấp nhất trên đường tổng chi phí được coi là ELL ngắn hạn. Phương pháp tổng chi phí này sẽ được sử dụng để tính toán ELWL. Chi phí TTN hàng năm và chi phí hàng năm để giảm TTN được yêu cầu để tính tổng chi phí. Chi phí nước thất thoát hàng năm được tính từ lượng nước thất thoát (không chỉ lượng nước thất thoát thực tế). Trong khi đó, chi phí được sử dụng hàng năm để giảm TTN, cụ thể là chi phí kiểm soát TTN, bao gồm chi phí đầu tư và chi phí vận hành và bảo trì hàng năm. Ba đường cong (chi phí nước bị mất, chi phí kiểm soát TTN và tổng chi phí) được vẽ trong biểu đồ với chi phí là trục Y và lượng nước thất thoát là trục X. Lượng nước thất thoát khi tổng chi phí ở mức tối thiểu được xác định bằng ELL.

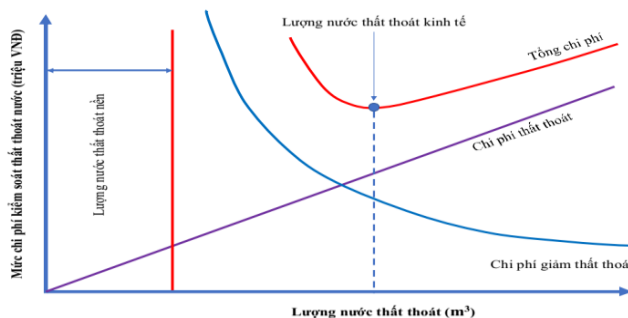
Tỉ lệ TTN kinh tế được tính theo phương pháp hàm tổng chi phí (C):

$$C = C_1 + C_2 \quad (1)$$

Trong đó C<sub>1</sub> là hàm chi phí nước thất thoát (hàm số bậc nhất): Đơn giá mua sỉ x Lượng nước thất thoát theo thời gian; C<sub>2</sub> là hàm chi phí đầu tư giảm TTN (hàm số bậc 2): Xây dựng dựa trên phương pháp hồi quy tuyến tính qua mối quan hệ giữa chi phí đầu tư và lượng nước thất thoát [7].

Đồ thị các hàm chi phí giảm TTN: C<sub>1</sub>: y = a<sub>1</sub>x + b<sub>1</sub>

Trong đó a<sub>1</sub> là giá mua bán sỉ nước sạch (đ/m<sup>3</sup>); b<sub>1</sub> là lượng nước thất thoát vô hình + UBL, với: UBL = [(20 × L<sub>m</sub>) + (1.25 × N<sub>c</sub>)] × (AZNP/50)<sup>1.5</sup> (2)



Hình 3. Sơ đồ xác định mức nước thất thoát kinh tế [22]

UBL (*Unavoidable Background Losses/* Thất thoát nền không thể tránh khỏi),  $L_m$  là chiều dài đường ống (km);  $N_c$  là số đầu nối ống dịch vụ; AZNP là áp lực trung bình ban đêm của khu vực tính toán ( $mH_2O$ ).

Lượng nước thất thoát vô hình = lượng nước thất thoát - lượng nước thất thoát hữu hình  
 Lượng nước thất thoát hữu hình:

$$Q_{Li} = Q_{L0} \times \left( \frac{H_i}{H_0} \right)^n \quad (3)$$

Trong đó  $Q_{Li}$  là lượng nước rò rỉ tại giờ  $i$ ;  $H_i$  là áp lực nước tại giờ  $i$ ;  $H_0$  là áp lực nước trung bình;  $C_2: y = a_2x^2 + b_2x + c$  xây dựng dựa trên phương pháp hồi quy tuyến tính qua mối quan hệ giữa chi phí đầu tư và lượng nước thất thoát, trong đó, chi phí đầu tư bao gồm: chi phí dò tìm, sửa chữa điểm bể và chi phí duy trì kim hãm [8].

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá hiện trạng và nguyên nhân gây ra thất thoát nước tại khu vực nghiên cứu

Trong những năm qua, công tác giảm TTN tại Công ty CPCN Tân Hòa luôn được quan tâm và chú trọng. Các giải pháp giảm TTN đã được đưa ra và áp dụng thực tiễn, tiến hành thay thế cải tạo nâng cấp MLCN. Tuy tỷ lệ TTN có giảm theo từng năm nhưng nhìn chung tỷ lệ giảm chậm và đang ở mức cao, đòi hỏi phải có các giải pháp cần thiết để đưa tỷ lệ TTN xuống thấp hơn, đảm bảo yêu cầu về áp lực, lưu lượng, chất lượng cấp nước tới khách hàng. Có nhiều nguyên nhân gây ra TTN hiện nay, trong đó có một số nguyên nhân chính gây ra TTN như: Đặc thù hệ thống MLCN vẫn còn tồn tại nhiều chủng loại ống và phụ tùng có vật liệu, tiêu chuẩn khác nhau. Hệ thống cấp nước chưa thật đồng bộ, còn tình trạng mất cân đối giữa nguồn và mạng lưới tiếp nhận. Trong khi đó, chất lượng thi công các công trình cấp nước còn hạn chế, không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Trình độ tay nghề công nhân thi công còn thấp, gây nên tình trạng một số tuyến ống sau khi đưa vào vận hành sử dụng đã gặp sự cố, thời gian sử dụng không đúng so với thiết kế. Ngoài ra, việc thi công các công trình hạ tầng kỹ thuật khác làm tác động đến đường ống cấp nước, gây ra sự cố hư hỏng, xì bể ống ... góp phần làm tăng lượng nước thất thoát. Tải trọng động do các phương tiện lưu thông trên đường tác động lên đường ống đã góp phần gây nên sự cố bể ống làm tăng thất thoát hữu hình; Tình trạng đầu nối bất hợp pháp, can thiệp vào đồng hồ nước và gian lận trong sử dụng nước của một bộ phận khách hàng diễn biến phức tạp và ngày càng tinh vi hơn đã góp phần không nhỏ làm gia tăng lượng nước thất thoát; Việc đưa các nhà máy nước mới vào hoạt động và biện pháp tăng áp lực đường ống đã cải thiện được tình hình lưu lượng, gia tăng áp lực ở nhiều khu vực nhưng cũng làm gia tăng lượng nước thất thoát do tăng xì bể ống.

#### 3.2. Các giải pháp giảm thất thoát nước

##### 3.2.1. Thiết lập khu vực cấp nước DMA để kiểm soát lượng nước

DMA là một khu vực đã được cô lập khỏi MLCN tổng thể bằng cách đóng các van biên và thường chỉ có từ 1-2 nguồn vào. DMA được thiết lập để đo đếm lượng nước vào khu vực, phần nước chênh lệch giữa lượng nước vào và lượng nước tiêu thụ được xem là lượng nước thất thoát. Khu vực DMA được kiểm soát từ 1 đến 2 đồng hồ tổng, đồng hồ tổng sẽ ghi nhận các thông tin về nguồn nước cung cấp vào DMA. Tùy vào từng khu vực để xác định giới hạn số đồng hồ khách hàng trong mỗi DMA (thường trong mỗi DMA có số đồng hồ khách hàng từ 1.000 đến 3.000 đồng hồ).

##### 3.2.2. Các giải pháp phát hiện rò rỉ

Điểm rò rỉ trên MLCN được chia làm hai loại là điểm bể nổi và điểm bể ngầm. Hai phương pháp áp dụng cho công tác dò tìm rò rỉ là thủ công và sử dụng các thiết bị máy móc

để dò các điểm bể. Phương pháp thủ công là việc các nhân viên thường xuyên kiểm tra hệ thống mạng lưới bằng mắt thường, các tuyến ống được kiểm tra luân phiên. Trong quá trình kiểm tra phát hiện các vị trí bất thường thì tiến hành khắc phục. Ngoài ra, còn sử dụng các thiết bị nghe âm thanh đơn giản (thanh nghe cơ); Phương pháp sử dụng máy móc là việc sử dụng các thiết bị để ghi nhận âm thanh điểm bể hay rò rỉ tồn tại trên hệ thống mạng lưới, nhiều thiết bị phục vụ cho công tác dò tìm rò rỉ hiện nay khá đa dạng về mặt chủng loại cũng như cách sử dụng nhưng để phục vụ tốt cho công tác dò tìm rò rỉ chủ động trong khu vực DMA. Một số thiết bị cơ bản như: Thiết bị khoanh vùng điểm rò rỉ, thiết bị tiên định vị điểm rò rỉ, thiết bị khuếch đại âm thanh để định vị chính xác điểm rò rỉ và thanh nghe điện tử.

### 3.2.3. Công tác sửa chữa rò rỉ

Sau khi có kết quả từ quá trình dò tìm điểm bể thì sẽ chuyển danh sách đi xin phép đơn vị quản lý đường bộ để được thi công, đối với các trường hợp bể có xi nước lên mặt đường thì đơn vị sửa chữa sẽ được thực hiện mà không cần phải xin phép. Trong quá trình thi công sửa chữa luôn có bộ phận giám sát hiện trường, bộ phận này chịu trách nhiệm về chất lượng công trình sau sửa chữa, an toàn vệ sinh môi trường. Sau khi công tác sửa chữa điểm bể được hoàn thành thì thông tin về điểm bể sẽ được cập nhật và được quản lý vào trung tâm thông tin của mạng lưới để theo dõi.

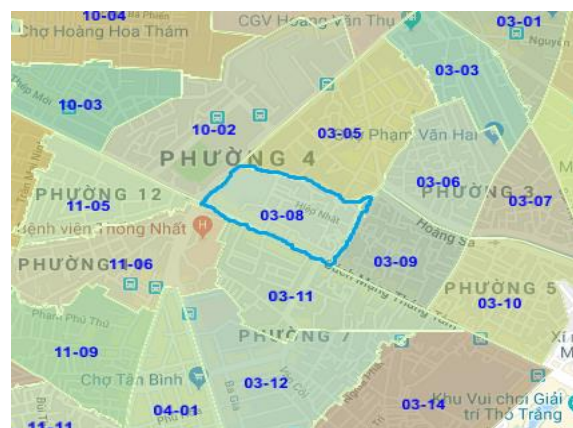
### 3.2.4. Phân tích đánh giá các giải pháp giảm TTN

Một trong những yếu tố ảnh hưởng lớn tới tỷ lệ TTN chính là việc áp dụng các phương pháp giảm TTN, việc giám sát MLCN, sử dụng các thiết bị máy móc, nâng cao công tác quản lý. Phương pháp phân vùng tách mạng thiết lập các khu vực cấp nước DMA, bước đầu đã mang lại hiệu quả tích cực trong công tác quản lý mạng lưới cũng như xác định được những khu vực có tỷ lệ TTN cao. Từ đó, việc giảm TTN sẽ được tập trung vào các DMA có tỷ lệ cao. Phương pháp phát hiện các điểm rò rỉ bằng phương pháp thủ công được áp dụng thường xuyên. Đây là phương án chủ yếu được áp dụng bằng kinh nghiệm để đánh giá các điểm rò rỉ, do đó độ chính xác khi tìm kiếm các điểm rò rỉ là chưa cao. Do đó, giải pháp này chỉ nên được áp dụng khi mạng lưới có tỷ lệ TTN cao. Phương pháp áp dụng bằng các thiết bị dò bể chuyên dụng đã mang lại nhiều hiệu quả tích cực, với việc áp dụng các thiết bị máy móc tiên tiến thì độ chính xác khi dò tìm điểm bể sẽ được nâng cao, đảm bảo việc giảm TTN sẽ hiệu quả. Để có được kết quả tốt đòi hỏi phải có đội ngũ nhân viên được đào tạo bài bản, có kỹ năng. Tuy nhiên, với địa bàn quản lý rộng, MLCN được vận hành lâu năm còn nhiều tuyến ống cũ, đội ngũ nhân viên chuyên môn còn hạn chế, thì việc áp dụng các phương pháp trên còn nhiều bất cập. Do đó, cần có giải pháp tốt hơn để mang lại hiệu quả cao trong công tác quản lý vận hành MLCN.

## 3.3. Áp dụng các phương pháp giảm thất thoát nước vào khu vực thí điểm

### 3.3.1. Giới thiệu khu vực thí điểm DMA 03-08

Khu vực nghiên cứu nằm ở phường 4, Quận Tân Bình thuộc địa bàn quản lý của Công ty CPCN Tân Hòa. Tính đến tháng 6/2019, khu vực đạt tỷ lệ 100% hộ dân được cấp nước sạch. Số lượng đồng hồ nước là 1.018, sản lượng tiêu thụ trung bình của một đồng hồ là 0,93 m<sup>3</sup>/ngày. Tỷ lệ TTN kỳ 9/2019 là 38,9% với lượng nước thất thoát 18,090 m<sup>3</sup>/tháng. Thời gian cung cấp dịch vụ cấp nước liên tục 24/7. Khu vực nghiên cứu gồm 1 đồng hồ tổng có tích hợp data logger để theo dõi lưu lượng và áp lực theo giờ.



**Hình 4.** Vị trí khu vực DMA 03–08.

### 3.3.2. Áp dụng các phương pháp giảm thất thoát nước vô hình

Thất thoát thương mại bao gồm lượng nước được tiêu thụ và sử dụng nhưng không được thanh toán đúng do hệ thống quản lý hay do người sử dụng. Trong nhiều trường hợp, nước chảy qua đồng hồ nhưng chỉ số ghi lại không đúng. Một lợi ích quan trọng trong việc giảm thất thoát thương mại là thực hiện một cách nhanh chóng và hiệu quả với chi phí tương đối thấp. Các giải pháp được đưa ra để giảm thất thoát nước vô hình:

Xây dựng dữ liệu cơ sở cho từng DMA: Có được đầy đủ dữ liệu cơ sở của DMA, luôn cập nhật và đồng nhất là điều rất quan trọng trong việc xác định khả năng của thất thoát thương mại. Nên tiến hành thường xuyên các bước: Đảm bảo các họa đồ được cập nhật đầy đủ trên bản vẽ và trên GIS để thể hiện tất cả các đầu nối. Những bản vẽ này phải ghi rõ địa chỉ và số khách hàng của từng hộ và từng đồng hồ, cũng như vị trí tương ứng; Đảm bảo thông tin khách hàng trong hệ thống hoá đơn của DMA được cập nhật đầy đủ và tối thiểu phải bao gồm những mục sau: tên, địa chỉ, số doanh bộ, số đồng hồ, loại khách hàng, cỡ đồng hồ, cấp đồng hồ, ngày gắn đồng hồ và sản lượng hàng tháng và mã đọc số của 12 tháng trước; Kiểm tra sự đồng nhất giữa bản vẽ kỹ thuật và thông tin khách hàng trong hệ thống hoá đơn. Kiểm tra khi có bất kỳ sự khác biệt nào giữa thông tin về kỹ thuật và thương mại.

Phân tích dữ liệu hóa đơn khách hàng trong DMA 03-08: Với dữ liệu cơ sở cần thực hiện nhiều loại phân tích để hiểu rõ về DMA và các khách hàng cần tập trung nhằm xác định thất thoát thương mại. Những dữ liệu phân tích bao gồm: Số lượng và tỷ lệ từng loại khách hàng; Khách hàng có sản lượng tiêu thụ cao, vì một lỗi nhỏ về sai số đồng hồ có thể dẫn đến lượng thất thu đáng kể; Khách hàng có sản lượng tiêu thụ thấp, nếu sản lượng khách hàng thường xuyên hay có nhiều tháng thấp hơn mức này thì cần tìm hiểu nguyên do; Khách hàng có sản lượng tiêu thụ bằng không, những trường hợp này cần phải liệt kê ra và kiểm tra; Khách hàng có sản lượng tiêu thụ thay đổi đáng kể, đặc biệt là giảm nhiều, cần tìm hiểu tại sao vì đây có thể là do đồng hồ chạy không đúng hay gian lận nước; Khách hàng có mã đọc số khác thường so với định mức có thể hiểu rằng nhân viên đọc số không theo dõi, kiểm tra đồng hồ khách hàng. Trong trường hợp lưu lượng trung bình theo giờ thấp hơn lưu lượng tham chiếu tối thiểu thì đồng hồ đó đọc thấp hơn lượng tiêu thụ. Công ty cấp nước cần xem xét hạ cỡ đồng hồ theo sự lựa chọn của khách hàng và lượng tiêu thụ dự đoán trong tương lai.

Khảo sát khách hàng: Tiến hành khảo sát khách hàng trong DMA. Kiểm tra tất cả địa chỉ, tòa nhà, khách hàng đã được chọn ra trong DMA: Kiểm tra từng đồng hồ để xem cách lắp đặt và tình trạng đồng hồ; Nhân viên đọc số nên xác nhận kiểm tra xem có giếng hay không, hoặc hỏi những nhà dân xung quanh xem khách hàng này đã ở đó được bao lâu; Lập danh sách tất cả những tòa nhà có mức tiêu thụ cao theo công năng sử dụng, nếu có sản lượng thấp hoặc những bất thường khác cần kiểm tra những khách hàng này; Lập danh sách tất cả những địa chỉ không có đồng hồ và tất cả khách hàng có sử dụng giếng; Cập nhật vào dữ liệu cơ sở hoá đơn tất cả những lỗi đã xác nhận trong quá trình khảo sát. Kết quả của cuộc khảo sát được cập nhật lên họa đồ GIS/AutoCAD.

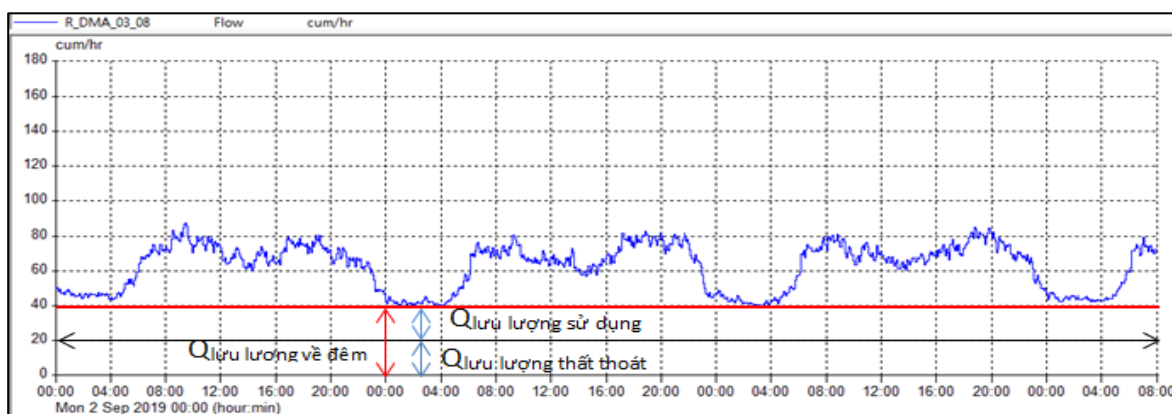
**Bảng 3.** Kết quả khảo sát loại khách hàng.

DMA 03-08	Tổng khách hàng	Loại khách hàng				
		Sinh hoạt	Kinh doanh	HCSN	DVSX	SH+khác
Khảo sát	1018	663	339	3	14	13
Tỷ lệ (%)	100 %	65,1	33,3	0,29	1,38	1,28

### 3.3.3. Áp dụng các phương pháp giảm thất thoát nước hữu hình

Bố trí đồng hồ đo nước ở đầu và cuối mỗi đoạn ống để kiểm soát thất thoát, tính toán thủy lực vận tốc phải thỏa mãn vận tốc kinh tế  $v = 0,5-1,5$  m/s. Để xác định được rò rỉ đang diễn ra ở đâu trên mạng phân phối cần phải thông thạo các loại rò rỉ và nắm được ảnh hưởng của rò rỉ theo thời gian với lượng nước thất thoát cơ học.





**Hình 5.** Biểu đồ tiêu thụ nước DMA 03-08.

Quản lý rò rỉ chủ động: là giải pháp theo dõi TTN nhanh bằng cách xây dựng các hệ thống data logger trên toàn bộ DMA. Khi có hệ thống data logger việc theo dõi áp lực, lưu lượng sẽ được liên tục cập nhật và ổn định. Khi trên mạng lưới có các vấn đề áp lực, lưu lượng hệ thống sẽ ghi nhận và cảnh báo tới người dùng, từ đó có tác động cụ thể để giảm tỷ lệ TTN.

Kiểm tra lưu lượng về đêm: Khi thực hiện kiểm tra lưu lượng về đêm mỗi khu vực khoanh vùng sẽ có số liệu lưu lượng về đêm, các số liệu được ghi nhận tại đồng hồ tổng hoặc dữ liệu từ data logger. Sau khi đã xác định các khu vực có khả năng rò rỉ cao tiến hành sử dụng các thiết bị dò bề (như tương quan âm, khuếch đại âm, ...) để dò tìm các điểm rò rỉ. Ngoài ra, thời gian thực hiện cần dựa vào số liệu ghi nhận lưu lượng về đêm từ data logger, khoảng thời gian thích hợp là thời điểm lưu lượng tiêu thụ thấp nhất (từ 1 giờ đến 4 giờ 30 sáng).

Quản lý áp lực: Việc giảm áp lực nước sẽ làm giảm nước rò rỉ, qua đó cũng tiết kiệm được nguồn tài nguyên và chi phí sản xuất nước. Để đánh giá sự phù hợp của việc quản lý áp lực trong hệ thống, tiến hành thực hiện các nhiệm vụ sau: Xác định vùng cần thiết, đặc điểm và lượng khách hàng; Xác định loại khách hàng và các hạn chế thông qua việc phân tích yêu cầu; Tập hợp các dữ liệu về lưu lượng và áp lực (tại điểm vào, áp lực trung bình và điểm quan trọng); Phân tích lợi ích và tính khả thi; Chọn lựa van giảm áp, thiết bị và chế độ điều khiển để có kết quả mong muốn; Phân tích chi phí và lợi ích. Có nhiều cách để giảm áp lực nước trên mạng lưới, bao gồm thay đổi chế độ vận hành bơm hay đặt các điểm phá áp. Tuy nhiên, phương pháp được sử dụng nhiều và kinh tế nhất chính là đặt van giảm áp tự động. Van giảm áp sẽ duy trì áp lực sau nó bất kể áp lực trước nó hay sự biến thiên của lưu lượng. Van giảm áp được lắp đặt trong DMA, sau vị trí đồng hồ tổng, và phải đảm bảo chiều dài lắp đặt tránh tạo dòng chảy rối ảnh hưởng đến đồng hồ tổng.

Sửa chữa nhanh chóng và chất lượng: Thời gian kéo dài của một điểm rò rỉ sẽ ảnh hưởng đến tổng lượng nước thất thoát cơ học, do đó việc sửa chữa nên hoàn thành càng sớm càng tốt ngay khi điểm rò rỉ được tìm thấy. Chất lượng của việc sửa chữa cũng làm ảnh hưởng lớn cho dù điểm rò rỉ đã được sửa chữa.

Chương trình quản lý tài sản: là điều thiết yếu cho quản lý tài chính lâu dài và là phương thức để xử lý rò rỉ có hiệu quả kinh tế. Nó yêu cầu sự ưu tiên và quyết định trong việc sửa chữa, thay thế, cải tạo hay di dời những tài sản. Việc thực hiện đồng thời với chương trình quản lý áp lực sẽ cải thiện quá trình vận hành và bảo dưỡng. Đặc biệt liên quan đến việc phát triển chiến lược giảm NRW là tuổi thọ của đường ống và thực hiện các quyết định để thay thế hay phục hồi hạ tầng MLCN. Điều này đòi hỏi hiểu biết về điều kiện làm việc và tuổi thọ của tài sản. Ngoài ra, chương trình dò tìm chủ động cũng sẽ nhận ra các đường ống trên mạng xảy ra liên tục bể ống hay sửa chữa. Khi các chương trình hành động nêu trên không làm giảm thất thoát, người quản lý nên thực hiện chương trình đánh giá các điều kiện để quyết định xem nên thay thế ống hay là vẫn tiếp tục sửa chữa.

Sau khi có kết quả khảo sát khách hàng về khu vực DMA 03-08, tiến hành phân tích số liệu thu thập được. Trong đó, các trường hợp về đồng hồ đứt chì, chỉ số không ổn định tiến hành lập danh sách bám chì và thay đồng hồ mới. Các trường hợp có định mức thay đổi sẽ cấp đổi định mức mới, tiến hành phân loại khách hàng và cung cấp giá biểu hợp lý cho từng khách hàng, tránh thất thu cho công ty. Khi tiến hành kiểm tra lưu lượng tối thiểu về đêm đối với các khu vực nghi ngờ có TTN, tiến hành ưu tiên dò bể các khu vực có tiêu thụ về đêm cao. Kết quả dò bể phân tích ở bảng 4.

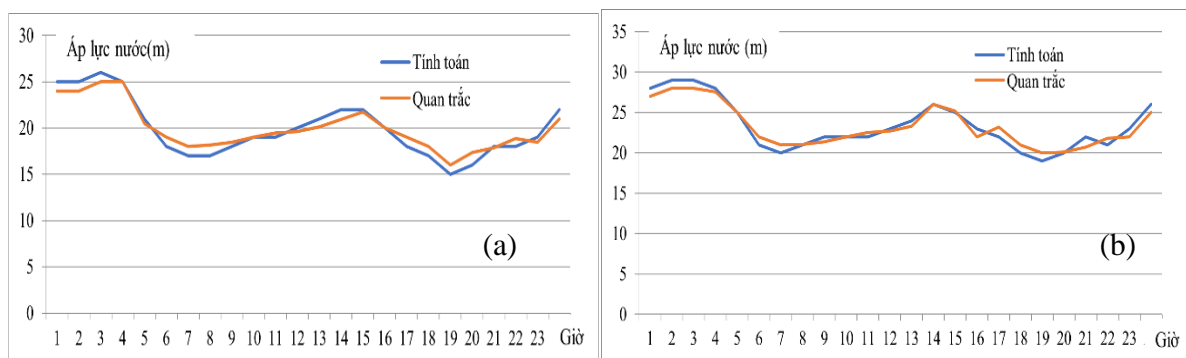
**Bảng 4.** Bảng phân tích số liệu điểm bể.

STT	Ngày sửa chữa	Nguyên nhân	Đường kính ống	Hình thức phát hiện	Khu vực phát hiện
1	9/10/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV2
2	9/10/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV2
3	9/10/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV2
4	9/10/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV1
5	04/11/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV1
6	04/11/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV5
7	04/11/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV5
8	04/11/2019	Tét, gãy ống dịch vụ	25	Bể ngầm	KV3

Trước thời điểm chưa áp dụng các phương pháp kỹ thuật thì tỷ lệ TTN khu vực ở kỳ 9/2019 là 38,9% với lượng nước thất thoát trên 10.090 m<sup>3</sup>/tháng. Sau khi tiến hành phân tích đánh giá khu vực, sử dụng phương pháp kiểm tra lưu lượng về đêm và thực hiện các bước dò bể đã thu được một số kết quả: Trong khoảng thời gian dò bể hai ngày đã phát hiện được tổng cộng 8 điểm bể trên ống D25mm thuộc các khu vực ưu tiên. Sau khi tính toán lượng nước thất thoát đã giảm còn 3,120 m<sup>3</sup>/tháng và tương ứng tỷ lệ TTN mới là 9,7%. Như vậy, việc áp dụng các phương pháp kỹ thuật và sử dụng giải pháp kiểm tra lưu lượng về đêm đã mang lại kết quả tích cực trong công tác giảm TTN.

**3.4. Xây dựng mô hình Epanet cho khu vực DMA 03-08 với tỷ lệ thất thoát nước mới**

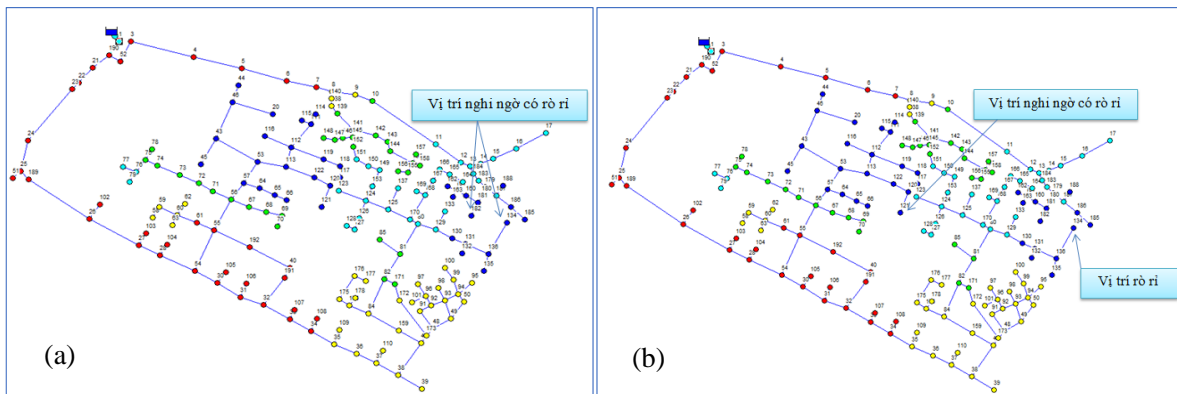
Sau khi áp dụng các giải pháp giảm TTN, tỷ lệ TTN khu vực DMA 03-08 đã giảm còn 9,7%, với tỷ lệ thất thoát này ta có bộ số liệu mới về áp lực và lưu lượng đầu nguồn cấp vào mạng lưới. Số liệu lấy từ dữ liệu hóa đơn kỳ 12/2019 của Công ty CPCN Tân Hòa, được gán vào nút theo phương pháp nút nào gần đồng hồ nước nhất thì lưu lượng của đồng hồ nước sẽ được gán vào nút đó. Tổng lượng nước tiêu thụ trong khu vực trong 24 giờ sau khi gán vào nút bằng 947 m<sup>3</sup>/ngày. Gán lưu lượng rò rỉ vào nút với giả định tại mỗi nút đều có một lượng rò rỉ nào đó, lượng rò rỉ này được xác định bằng cách lấy lượng TTN của toàn khu vực giờ tương ứng chia cho tổng số nút của mạng lưới. Tại mỗi nút sẽ tồn tại 2 hệ số Pattern, 1 hệ số dành cho sinh hoạt và 1 hệ số dành cho rò rỉ. Kết quả kiểm định tương đối tốt với R<sup>2</sup> = 0,95 (tại TCH 1) và R<sup>2</sup> = 0,93 (tại TCH 2), nên ta sẽ sử dụng mô hình này để tối ưu hóa tìm rò rỉ (Hình 6a, 6b).



**Hình 6.** (a) So sánh áp lực mô hình tính toán và quan trắc tại TCH 1 sau 24h; (b) So sánh áp lực mô hình tính toán và quan trắc tại TCH 2 sau 24h.

3.5. Bài toán dò tìm rò rỉ

Bài toán dò tìm rò rỉ thực chất là bài toán tối ưu MLCN bằng cách phân bổ thêm hệ số K để tối ưu giá trị áp lực và lưu lượng mạng lưới sao cho bằng giá trị quan trắc. Ở kịch bản 1 (tối ưu theo hiện trạng mạng lưới - Hình 7a) mô hình phát hiện 2 điểm rò rỉ có khả năng tại đoạn ống trên có xảy ra rò rỉ; Ở kịch bản 2 (tối ưu khi giả thiết có rò rỉ trên mạng lưới - Hình 7b) sau khi giả thiết có rò rỉ trên nút sau đó xuất dữ liệu và đưa vào mô hình để kiểm tra thì phát hiện 2 điểm rò rỉ. Một trong 2 vị trí mô hình xác định đúng với vị trí có rò rỉ ban đầu, ở vị trí còn lại đoạn ống trên có khả năng xảy ra rò rỉ. Việc lắp đặt các thiết bị theo dõi dữ liệu là điều kiện cần thiết để cung cấp dữ liệu áp lực và lưu lượng cho mạng lưới. Có thể lắp đặt thêm một số thiết bị quan trắc các vị trí trong các tuyến hẻm bên trong mạng lưới để các giá trị áp lực được cân chỉnh phân bố đều mạng lưới hơn. Số liệu tại một thời điểm để phân tích các điểm rò rỉ có khả năng xảy ra vào thời điểm đó, do vậy để có thể dự báo cũng như đánh giá rò rỉ cần phải liên tục cập nhật các bộ thông số dữ liệu mới cho mô hình.



Hình 7. (a) Vị trí nghi ngờ có điểm rò rỉ (theo kịch bản 1); (b) Vị trí nghi ngờ có điểm rò rỉ (theo kịch bản 2).

3.6. Xác định lượng nước/ tỷ lệ thất thoát nước kinh tế (ELL) tại DMA 03-08

Bảng 5. Dữ liệu phục vụ cho tính toán ELL tại DMA 03-08.

Nội dung	Đơn vị	Giá trị
Số đầu nối có đồng hồ	đồng hồ	1018
Số lượng đầu nối không có đồng hồ đo đếm	đồng hồ	02
Chiều dài ống phân phối	km	7,500
Chiều dài ống nhánh	km	1,96
Áp lực trung bình	m	10,373
Áp lực trung bình ban đêm	m	14,167
Sản lượng nguồn vào	m <sup>3</sup> /ngày	658
Sản lượng tiêu thụ	m <sup>3</sup> /ngày	551
Lượng nước thất thoát	m <sup>3</sup> /ngày	107
Tỉ lệ TTN	%	16,26

Từ những dữ liệu trên ta tính toán được giá trị UBL:  $UBL = 2,12 \text{ m}^3/\text{ngày}$ .

Bảng 6. Bảng tính thất thoát hữu hình cập nhật theo ngày.

Thời gian	Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)	Q rò rỉ ống	Thời gian	Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)	Q rò rỉ ống
0:00	19,90	14,13	3,820	12:00	35,30	9,83	2,764
1:00	14,80	14,13	3,820	13:00	33,40	12,33	3,384
2:00	11,80	14,17	3,830	14:00	24,30	10,83	3,014
3:00	12,10	14,00	3,790	15:00	22,70	8,29	2,374
4:00	12,80	12,25	3,364	16:00	32,00	8,71	2,480
5:00	16,50	10,04	2,817	17:00	35,80	8,42	2,406
6:00	29,60	6,83	1,997	18:00	45,10	8,75	2,491
7:00	29,80	6,92	2,019	19:00	44,70	9,08	2,575

Thời gian	Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)	Q rò rỉ ống	Thời gian	Q (m <sup>3</sup> /h)	H (m)	Q rò rỉ ống
8:00	32,10	8,13	2,331	20:00	41,10	10,67	2,973
9:00	34,90	9,21	2,607	21:00	34,20	10,25	2,869
10:00	33,80	8,71	2,480	22:00	33,70	11,88	3,272
11:00	34,80	8,58	2,448	23:00	26,50	12,83	3,506

Với các dữ liệu và giá trị tính toán như trên, dựa vào phương pháp đồ thị ta tìm được mối quan hệ giữa Q và H như sau:  $y = 1,1623 \times 0,893$ ;  $R^2 = 0,9414 \rightarrow n = 0,893$ .

Xác định giá trị hàm (C1): chi phí hao tổn do thất thoát nước DMA 03-08.

**Bảng 7.** Chi phí dò tìm, sửa chữa điểm rò rỉ và kết quả tính toán ELL trên DMA 03-08.

Nội dung	Đơn vị tính	Giá trị
Đơn giá mua sỉ nước sạch	đồng/m <sup>3</sup>	6.504,45
Lượng nước thất thoát hữu hình	m <sup>3</sup> /năm	25.343
Lượng nước thất thoát	m <sup>3</sup> /năm	39.062
Lượng nước thất thoát vô hình +UBL	m <sup>3</sup> /năm	13.720
Q rò rỉ 1 điểm rò rỉ	m <sup>3</sup> /h	2,07
Số lượng điểm rò rỉ	điểm	1
Chi phí sửa chữa	đồng/điểm	5.000.000
Chi phí dò tìm	đồng/điểm	880.000
Chi phí duy trì Q thất thoát hiện tại	đồng/năm	70.560.000
Lượng nước thất thoát hữu hình kinh tế	m <sup>3</sup> /năm	24.683
Lượng nước thất thoát kinh tế	m <sup>3</sup> /ngày	105
Tỉ lệ TTN kinh tế	%	16,03

Lượng nước thất thoát rò rỉ vô hình chiếm khoảng 1,69% và lượng thất thoát nước nền khoảng 13.720 m<sup>3</sup>/năm chiếm 0,45% tổng lượng nước tiêu thụ. Để duy trì mức rò rỉ kinh tế (ELL) khoảng 16,03% như trên thì hàng năm cần tiến hành khảo sát trên 70% tuyến ống của mạng lưới với chi phí khoảng 70,56 triệu đồng/năm. Cần lưu ý rằng, mức thất thoát nước kinh tế là một đại lượng biến động theo thời gian phụ thuộc vào điểm cân bằng giữa chi phí đầu tư giảm thất thoát nước và thu nhập tăng thêm từ lượng nước thất thoát nước thu được. Do vậy, kết quả tính toán ở trên đây chỉ là thông số tham khảo cho đơn vị quản lý vận hành ở một thời điểm nhất định. Việc cập nhật các số liệu tính toán cần thiết về mạng lưới, chi phí đầu tư sửa chữa nâng cấp mạng lưới và kiểm toán nước cần phải được thực hiện thường xuyên để tính toán dự báo cập nhật mức độ thất thoát nước theo từng năm và từng giai đoạn.

Ngoài ra, khi so sánh với kết quả nghiên cứu [22] thực hiện tại MLCN Gia Định (năm 2020) cho thấy ELL là 15% trong khi tỷ lệ thất thoát nước là 16,79%. Điều này cho thấy rằng việc giảm thất thoát nước ở MLCN Gia Định gần đạt tới mức ELL. Trong khi đó, mức giảm thất thoát nước ở MLCN Tân Hòa cân bằng mức ELL. Với nghiên cứu ở thành phố Malang, Indonesia thì mức ELL là 21,76% vào năm 2016 [23]. Điều này phản ánh sự khác biệt về đặc điểm hạ tầng mạng lưới và mô hình quản lý TTN ở các thành phố thuộc các quốc gia khác nhau.

Đề xuất các giải pháp kỹ thuật kinh tế giảm TTN tại Công ty CPCN Tân Hòa:

- Rút ngắn thời gian và tăng hiệu quả trong việc giám sát, quản lý và xử lý rò rỉ trên mạng lưới cấp nước bằng kỹ thuật học máy đã được ứng dụng nhiều trong những năm qua tại các nước trên thế giới và đem lại những hiệu quả hết sức tích cực.

- Xây dựng phần mềm chủ động cảnh báo có rò rỉ trên MLCN tích hợp với các đồng hồ tổng DMA, khi có được các thông tin cảnh báo thì việc đưa ra các giải pháp sẽ nhanh chóng và kịp thời.

- Mô hình thủy lực được theo dõi và chạy biến động theo thời gian thực kịp thời cập nhật đánh giá xác định ngay lập tức các rủi ro lưu lượng áp lực trên mạng lưới cảnh báo thực thi xử lý nhanh các sự cố xì bê trên MLCN.

- Tính toán thất thoát kinh tế ELL để nhanh chóng thay đổi các tuyến ống cũ mục nát nhằm tăng khả năng hồi phục thay thế vật liệu tuyến ống cấp nước trên mạng lưới bền vững cho các thất thoát nước vô hình và hữu hình thay đổi liên tục theo thời gian và không gian (trong các mùa của các năm).

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá được hiện trạng công tác giảm TTN tại Công ty CPCN Tân Hòa, xác định nguyên nhân gây ra TTN tại khu vực nghiên cứu; Đánh giá các giải pháp giảm TTN đang được áp dụng; Đề xuất các giải pháp phù hợp giảm TTN. Nghiên cứu đã ứng dụng thành công phần mềm Epanet để mô phỏng và phân tích thủy lực mạng lưới cấp nước. Kết quả của mô hình là cơ sở để phân tích, đánh giá các yếu tố về lưu lượng, áp lực, cũng như phân tích hiệu quả trong quản lý MLCN, khoanh vùng rò rỉ cho khu vực thí điểm và đưa ra các bài toán để phân tích đánh giá khi áp dụng vào thực tế nhanh chóng phát hiện kiểm soát thủy lực liên tục các nguy cơ rò rỉ trên mạng lưới cấp nước 24/7; Rút ngắn thời gian và tăng hiệu quả trong việc giám sát, quản lý và xử lý rò rỉ trên MLCN. Tuy đã có kết quả tích cực trong công tác giảm TTN nhưng để áp dụng cho toàn địa bàn đòi hỏi phải thu thập đầy đủ các số liệu cơ sở, đồng thời phải có những thay đổi trong cách quản lý mới có thể đưa tỷ lệ TTN xuống thấp. Ngoài ra, nghiên cứu chỉ thực hiện trong một khu dân cư mà nhu cầu dùng nước chỉ phục vụ sinh hoạt nên chưa đánh giá được toàn bộ bức tranh về nhu cầu dùng nước, điều này có thể ảnh hưởng đến việc xác định hệ số sử dụng nước. Vì vậy, cần có những nghiên cứu ở quy mô rộng hơn để hoàn thiện và phát triển mô hình thủy lực nhằm phục vụ cho việc giảm rò rỉ được hiệu quả hơn; Xây dựng phần mềm chủ động cảnh báo có rò rỉ trên MLCN tích hợp với các đồng hồ tổng DMA, khi có được các thông tin cảnh báo thì việc đưa ra các giải pháp sẽ nhanh chóng và kịp thời; Tính toán ELL để nhanh chóng thay đổi các tuyến ống cũ nhằm khả năng hồi phục thay thế vật liệu tuyến ống cấp nước trên mạng lưới bền vững cho các TTN vô hình và hữu hình thay đổi liên tục.

**Đóng góp của tác giả:** Tổng hợp, viết bản thảo, hoàn chỉnh bản thảo: H.M.D.; Thu thập số liệu, tính toán, mô phỏng: T.T.Q.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ nhiệm vụ thường xuyên theo chức năng mã số TX2025-24-01.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. Tuấn, V.A. Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật - công nghệ nhằm chống thất thoát nước cho hệ thống cung cấp nước sạch TP.HCM. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ* **2013**, *16*, 49–53.
2. Tuấn, N.H.; Anh, T.Đ.; Ngọc, T.A.; Linh, H.D. Dự báo khả năng rò rỉ trên mạng lưới cấp nước bằng một số kỹ thuật học máy: nghiên cứu điển hình cho hệ thống cấp nước Trung An - Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khoa Học Kỹ Thuật Thủy Lợi và Môi Trường* **2022**, *78*, 44–52.
3. Dục, L.V. Tích hợp công nghệ thông tin địa lý và mô hình toán thủy lực - HYDGIS để quản lý một mạng lưới cấp nước thành phố lớn. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ* **2008**, *5(11)*, 1–10.
4. Dung, N.T.N.; Hiền, N.V.; Công, N.T.; Bằng, P.H. Ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý hệ thống cấp nước đô thị thông minh tại Việt Nam. *Tạp chí Xây dựng*, **2022**, *2*, 114–116.
5. Hùng, L.V.; Chi, T.T.; Linh, P.T. Đề xuất giải pháp giảm thiểu lượng nước thất thoát cho mạng lưới cấp nước thành phố Bắc Giang. *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường* **2019**, *28*.

6. Giugni, F.D.P.a.M. Leakages and pressure relation: An experimental research. *Drink Water Eng. Sci.* **2012**, 5, 59–65.
7. Shan Wu, L.Y.; Zhou, C.; Zhang, J. Leakage modeling and leakage control analysis by pressure management in water supply system of DMA. Trenchless Technology, 2013.
8. Covas, D.; Jacob, A.; Ramos, H. Bottom-up analysis for assessing water losses: A case study. Proceeding of the 8<sup>th</sup> Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium 2006. 2007, pp. 34.
9. Zajkowski, A.; Wysocki, Ł.; Tuz, P.; Bartkowska, I.; Kruszyński, W. Use of hydraulic model in real water loss reduction and water distribution network operational cost lowering. *Ekonomia i Środowisko - Economics Environ.* **2022**, 81(2), 186–202.
10. Taha AL–Washalia.; Sharma, S.; Lupoja, R.; Fadhil AL–Nozaily.; Mansour Haidera.; Maria Kennedy. Assessment of water losses in distribution networks: Methods, applications, uncertainties, and implications in intermittent supply. *Resour. Conserv. Recycl.* **2020**, 152, 104515.
11. Luis Romero–Ben, D.A.; Blesa, J.; Cembrano, G.; Puig, V.; Duviella, E. Leak detection and localization in water distribution networks: Review and perspective. *Ann. Rev. Control* **2023**, 55, 392–419.
12. Burak Kizilöz, M.E.B.; Gazioğlu, Ş.A.; Şişman, E. Prediction of non-revenue water ratio in water distribution systems. *Sigma J. Eng. Nat. Sci.* **2024**, 42(3), 653–666.
13. Ociepa, E. Analysis and assessment of water losses reduction effectiveness using examples of selected water distribution systems. *Desalin. Water Treat.* **2021**, 211, 196–209.
14. Jang, D. A parameter classification system for nonrevenue water management in water distribution networks. *Adv. Civ. Eng.* **2018**, 3841979, 1–10.
15. Karnaningroem, M.S.A.N. Evaluation of Water Losses: Study Case in Intan Banjar Water Supply Company. Proceeding of the 1<sup>st</sup> International Conference on Business and Management of Technology (IConBMT), 2019.
16. Kanakoudis, V.; S.T.; Demetriou, G. Applying an integrated methodology toward non-revenue water reduction: the case of Nicosia. *Cyprus. Desalin. Water Treat.* **2016**, 57, 11447–11461.
17. Lambert, A.O.; Fantozzi, M. Recent advances in calculating economic intervention frequency for active leakage control, and implications for calculation of economic leakage levels. Proceeding of the WA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance. Rethymno, Greece, 2005, pp. 1–8.
18. Pearson, D. Standard definitions for water losses. Donnelly, A. Editor, IWA Publishing, 2019.
19. Islam, M.S.; Babel, M.S. Economic analysis of leakage in the bangkok water distribution system. *J. Water Resour. Plann. Manage.* **2013**, 139(2), 209–216.
20. Firat, M.; Ateş, A.; Yılmaz, S.; Özdemir, Ö. Economic analysis and economic leakage level in water loss management and paths for future evaluation: A review. *Civ. Eng. Infrastruct. J.* **2022**, 52(2), 195–209.
21. Muñoz–Trochez, C.; Smout, I.; Colombia, S.K. Economic level of leakage (ELL) calculation with limited data: An application in Zaragoza. Proceeding of the 35<sup>th</sup> WEDC International Conference. Loughborough, UK, 2011.
22. An, T.Đ.; Hoà, P.T.D. Nghiên cứu xác định lượng nước thất thoát kinh tế trong hệ thống cấp nước đô thị: áp dụng tính toán cho mạng lưới cấp nước Gia Định, Thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khoa Học Kỹ Thuật Thủy Lợi và Môi Trường* **2022**, 81, 18–25.

23. Heryanto, T.; Sharma, S.K.; Daniel, D.; Kennedy, M. Estimating the economic level of water losses (ELWL) in the water distribution system of the City of Malang, Indonesia. *Sustainability* **2021**, *13*(12), 6604.
24. Yilmaz, S.; Firat, M.; Ateş, A.; Ö. Özdemir. Analyzing the economic water loss level with a discrete stochastic optimization algorithm by considering budget constraints. *Water Infrastruct. Ecosyst. Soc.* **2022**, *71*(7), 835–848.
25. Arregui, F.J.; Cobacho, R.; Soriano, J.; Jimenez-Redal, R. Calculation proposal for the economic level of apparent losses (ELAL) in a water supply system. *Water* **2018**, *10*, 1809.
26. Công ty cổ phần cấp nước Tân Hòa. Báo cáo tỷ lệ thất thoát nước năm 2020 của Công ty cổ phần cấp nước Tân Hòa. 2020.
27. Safitri, A.; Wahyudi, S.I.; Soedarsono. Simulation of pipe networks using EPANET to optimize water supply: A case study for Arjawinangun area, Indonesia. *Arch. Hydro-Eng. Environ. Mech.* **2023**, *70*, 17–28.

## **Assessing the current situation and proposing economic technical solutions to reduce water loss at Tan hoa water supply Joint Stock company (belong to Sawaco)**

**Ho Minh Dung<sup>1\*</sup>, Truong Tan Quoc<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Institute for Environment and Resources, VNU-HCMC; H\_minhdung@yahoo.com

<sup>2</sup> Ben Thanh Water Supply Joint Stock Company; ksquoc@yahoo.com.vn

**Abstract:** The current water loss reduction work at Tan Hoa Water Supply Company is still passive, not applying well the technology as well as the water loss reduction process, not fully promoting the unit's ability to reduce water loss. Therefore, this study is conducted to bring economic efficiency, estimate the Economic Level of Leakage (ELL) level to reduce water loss to the level where the cost of reducing water loss is equal to the value of the amount of water saved, contributing to protecting water resources and the environment. The study has successfully applied Epanet model to control water supply network hydraulics to simulate and analyze the hydraulics of the water supply network. The results of the model are the basis for analyzing and evaluating factors on flow, pressure, as well as analyzing the effectiveness of the active water supply network leakage control of the water supply network management, zoning leakage for the case study area and providing problems for analysis and evaluation when applied in practice to quickly detect continuous hydraulic control of leakage risks on the 24/7 water supply network. The result of this research is widely applied and will help reduce clean water loss in other water supply companies to effectively and sustainably reduce water loss.

**Keywords:** Reduce water loss; Economic Level of Leakage (ELL); Tan Hoa water supply Co.