

パレスチナ自治区
パレスチナ水利庁
ジェニン市役所

パレスチナ
ジェニン市水道事業実施能力強化
プロジェクト

プロジェクト業務完了報告書
(別冊資料編)

2022年10月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TEC インターナショナル
株式会社パデコ

環境
JR
22-113

別冊資料編リスト

1. 無収水管理に関するマニュアル、ガイドライン、計画

- 1.1 NRW Management Manual (Comprehensive Version) - English version
- 1.2 Cost-benefit Analysis of NRW Management Works - English version
- 1.3 DMA & Roll-out Plan of NRW Reduction - English version

2. PPWM に関する調査報告書、計画

- 2.1 ジェニン市における顧客メーター更新に係る事例研究報告書（PPWM ケーススタディ）
- 2.2 Prepaid Water Meter Installation Plan for Entire City of Jenin
- 2.3 PPWM ケーススタディ

別冊資料 1

無収水管理に関するマニュアル、ガイドライン、
計画

別冊資料 1.1

NRW Management Manual (Comprehensive Version) – English Version



PALESTINIAN WATER AUTHORITY
THE PROJECT FOR STRENGTHENING THE CAPACITY OF WATER SERVICE MANAGEMENT IN
JENIN MUNICIPALITY



NON-REVENUE WATER MANAGEMENT MANUAL

Oct 2021

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)
TEC INTERNATIONAL CO., LTD.
PADECO CO., LTD.

Table of Content

1	INTRODUCTION.....	1
2	INTRODUCTION TO WATER BALANCE AND NRW	2
2.1	IWA Standard Water Balance and its Components.....	2
2.2	Definition of NRW	3
2.3	Examples of IWA Standard Water Balance components from Jenin.....	3
2.4	Definition of Terms Related to Standard IWA Water Balance	4
3	STANDARD NRW COUNTERMEASURES	7
3.1	Real Loss Reduction.....	7
3.2	Apparent Loss Reduction	9
4	PRACTICAL APPROACH OF NRW MANAGEMENT.....	11
5	SELECTION OF DISTRICT METERED AREAS	12
5.1	DMA Selection Criteria	12
5.2	Preliminary Survey to Identify Areas	13
5.3	Finalization of DMA Selection.....	16
5.4	Scheduling & Planning.....	17
6	UPDATING CUSTOMER DATABASE AND PIPE NETWORK.....	19
6.1	Customer Database Survey (CDS)	19
6.2	Pipe Network Updating	25
7	PRESSURE MEASUREMENT.....	29
7.1	Preparation Works.....	29
7.2	Install Loggers	29
7.3	Download and Analyze Data	29
8	PREPARATION OF DMA.....	31
8.1	Detail Investigation and Updating of DMA Boundary.....	31
8.2	Preparation of Schematic Drawing and Estimating the Required Number of Valves, Flowmeters etc	31
8.3	Preparation of Detail Drawing.....	32
8.4	Design of Chambers & Preparation of BOQ.....	33
8.5	Procurement of Bulk Meters, Valves, and Fittings	34
8.6	Construction Scheduling.....	34
9	DMA CONSTRUCTION WORKS	35
9.1	Install Bulk Meters and Valves.....	35

9.2	Implement Pipe Rearrangement Work If Required	35
9.3	Prepare Tapping Points for Pressure Measurement	35
9.4	Construct Chambers	35
9.5	Install Flow/Pressure Data Loggers (Optional)	36
10	CALCULATION OF NRW & WATER BALANCE COMPONENTS	37
10.1	Method of NRW Calculation	37
10.2	Calculation of SIV for Jenin	37
10.3	Calculating SIV for Individual DMAs	40
10.4	Calculating Billed Authorized Consumption	42
10.5	Finding Accuracy of Customer Meters	44
10.6	Finding ‘Unbilled Authorized Consumption’	48
10.7	Calculating Water Losses	48
10.8	Splitting Water Losses into Real and Apparent Losses	48
10.9	Measure MNF, Pressures, and Estimate Leakage Level	50
11	PLANNING AND IMPLEMENTING NRW COUNTERMEASURES	51
11.1	Leak Detection	51
11.2	Leak Repair	51
11.3	Implement Measure Against Utility Tank Overflow	51
11.4	Illegal Connection Detection and Rectification	51
11.5	Detecting And Replacing Faulty Customer Meters	51
11.6	Install Meters on Unmetered Connection	51
11.7	Check Accuracy of Production Meters And Replace Defective Meters	51
12	LEAKAGE DETECTION	55
12.1	Introduction	55
12.2	Visual Survey for Surface Leakage	55
12.3	Acoustic (Sounding) Survey to Detect Underground Leakage	56
13	STEP-TESTING AND STOP-COCK METHODS	62
13.1	Step-Testing	62
13.2	Stop-Cock Method	68
13.3	Case Study of Step-Testing, Stop-Cock Methods and Intensive Survey done in 24-hr Supply Area of PA1	71
13.4	Combination of Stop-Cock and Sounding Survey	80
14	PRESSURE MANAGEMENT	83

14.1	Pressure-leakage relationship	83
14.2	Common Methods of Pressure Management.....	85
15	LEAK REPAIR WORKS	86
15.1	Preparation.....	86
15.2	Repair Work.....	86
15.3	Reporting and Mapping Works.....	86
16	WATER SUPPLY IMPROVEMENT IN PILOT AREAS.....	88
16.1	Potential Improvement Measures	88
16.2	Hydraulic Modelling.....	88
16.3	Implement The Plan.....	89
17	CUSTOMER METER REPLACEMENT AND ILLEGAL USE COUNTERMEASURES 90	
17.1	Identifying Meters to be Replaced.....	90
17.2	PPWM Procurement and Installation (Applicable to the Case of Jenin)	90
17.3	Take Measures to Rectify Illegal Uses	91
17.4	Zero Consumption Meter Checking	92
18	EVALUATION OF NRW REDUCTION MEASURES	93
18.1	Continue Monitoring NRW on Monthly Basis.....	93
18.2	Cost-Benefit Analysis of NRW Activities	93
18.3	Calculate benefits	95
18.4	Calculate cost-benefit ratio	95
19	PERFORMANCE INDICATORS (KPIS) RELATED TO NRW	96
19.1	Performance Indicators for NRW	97
19.2	Example of KPIs related to NRW for Jenin City and Pilot Areas	101
19.3	Collection and Compilation of Data Related to NRW	103
20	HEALTH AND SAFETY PRECAUTION	114
20.1	Safety During Night Work.....	114
20.2	Safeguards During Construction of Chambers and Leak Repair Work.....	114
20.3	Safeguards During Working Inside Chambers	115

List of Tables

Table 2-1: IWA Standard Water Balance.....	2
Table 2-2: Pilot Area 1 Water Balance for Dec. 2018 as an example	3

Table 5-1: Summary table for initial screening for DMA	15
Table 5-2: Summary table for selection of DMAs	16
Table 6-1: Recommended Data Items to be Collected During CDS	22
Table 10-1: Case example of SIV calculation of Jenin for year 2020.....	39
Table 10-2: Example of adjustment of bulk meter reading to match with the days in a month	41
Table 10-3: Example calculation for adjusting meter reading lag time	43
Table 10-4: Result of customer meter accuracy test in PA1	46
Table 11-1: Detail of source meters checked	53
Table 11-2: Aggregate error of five meters having error beyond permissible range.....	53
Table 11-3: Cost-benefit analysis of source meter testing and replacement	54
Table 13-1: Number of connections in each block.....	66
Table 13-2: Example calculation showing reduction in flow rate after closing each block	67
Table 13-3: Example comparison of customer number and flow reduction.....	68
Table 13-4: Results of step-test in PA1	73
Table 19-1: Performance Indicators for Non-revenue Water and Water Losses	97
Table 19-2: Selected Performance Indicators for Some Japanese Water Utilities (Year 2005)	101
Table 19-3: KPIs related to NRW (1/2).....	102
Table 19-4: KPIs related to NRW (2/2).....	102
Table 19-5: KPIs related to Billing and Customer Services.....	103

List of Figures

Figure 3-1: The four basic methods of managing Real Losses (IWA).....	7
Figure 3-2: The four components of an active Apparent Loss management program (IWA)....	9
Figure 4-1: Practical approach of NRW management by DMA approach.....	11
Figure 5-1: Surveyed and selected Pilot Areas.....	14
Figure 6-1: Preparing polygons of each building.....	19
Figure 6-2: Customer database survey form	23
Figure 6-3: Excel screen capture of CDS data	25
Figure 6-4: Example of GIS map of updated pipe network	27
Figure 7-1: Pressure profiles at selected four locations in PA1	30
Figure 8-1: Pipe network schematic of PA1 for DMA design	32
Figure 8-2: Design drawing showing arrangement of valve and meter	33
Figure 10-1: Configuration of DMAs and sub-DMAs and calculation method of SIV for each in PA1	40
Figure 10-2: Screenshot of data logger at Sabah Al Khir PS.....	42
Figure 10-3: Result of existing customer meters accuracy test.....	48
Figure 12-1: Selected area for survey (left) and zoomed in map of the area	58
Figure 12-2: Showing the activities under Step (1) ‘Area-Wise Approach’	59

Figure 12-3: Line-Wise Survey Using Ground Microphone.....	60
Figure 13-1: Flow step-testing blocks.....	64
Figure 13-2: Example plot of Time versus Inflow for Step-testing	67
Figure 13-3: Example layout of area tested by stop-cock method (above) and result.....	71
Figure 13-4: Layout of Step-Testing blocks showing valves and customer numbers.....	72
Figure 13-5: Flow profile of Test 1	74
Figure 13-6: Flow profile of Test 2 (conducted during night time)	74
Figure 13-7: Inflow to Sub-area 1 during Stop-cock method survey	75
Figure 13-8: Result of flow step-testing on 5th August 2019	76
Figure 13-9: Result of flow step-testing on 18 th Nov 2019	77
Figure 13-10: Result of stop-cock method in block 1 conducted on 24 th Nov 2019.....	77
Figure 13-11: Sectioning of Block 1	78
Figure 13-12: Result of step test after finding and closing the problematic house connection on 24 th Nov 2019.....	79
Figure 13-13: Inflow to 24-hr area before and after closing the connection	80
Figure 13-14: Result of stop-cock test and sounding survey conducted in a part of PA1.....	81
Figure 14-1: Pressure-Leakage Relationship for Various Conditions of N ₁	84
Figure 15-1: Leak repairing points of Jenin in Nov-Dec 2019 and Jan 2020	87
Figure 18-1: Outline of method for calculating benefit-cost ratio of NRW activities	94
Figure 20-1: Uniform designed and used in this project (left), night time work (middle and right)	114
Figure 20-2: Barricade prepared and used in the project as a safety measure.....	114

List of Annexes

Annex 1- Quick Reference Manual for On-site Accuracy Test of Existing Domestic Meters

Annex 2: Calculation Methods of NRW & Estimation of Real Loss from MNF

Annex 3: PDD Based Hydraulic Modeling and Improvement Measures in PA1

Please refer to the **Annexes in CD** for the following manuals which are provided as the digital versions only.

Annex 1.9 NRW Management Manual (Basic version)

1.9.1 English version

1.9.2 Arabic version

Annex 1.10 Equipment Usage Manual (Standard version)

1.10.1 English version

1.10.2 Arabic version

Annex 1.11 Equipment Usage Manual (Simplified version for Technicians) – Arabic version

List of Abbreviation / Acronym

AL:	Apparent Losses
ALC:	Active Leakage Control
AZP:	Average Zonal Point
CDS:	Customer Database Survey
DBD:	Demand Based Discharge
DN:	Nominal Diameter
DMA:	District Metered Area
GIS:	Geographic Information System
GPS:	Global Positioning System
IWA:	International Water Association
JET:	JICA Expert Team
JICA:	Japan International Cooperation Agency
JM:	Jenin Municipality
KPI:	Key Performance Indicator
LPCD:	Liter Per Capita Per Day
MCM:	Million Cubic Meter
NRW:	Non-Revenue Water
PA:	Pilot Area
PDD:	Pressure Dependent Discharge
PPWM:	Pre-Paid Water Meter
RL:	Real Losses
SDG:	Sustainable Development Goal
SIV:	System Input Volume
UFM:	Ultrasonic Flowmeter
WBWD:	West Bank Water Department

1 PREFACE

Providing safe and reliable drinking water to all by 2030 is SDG No. 6 set by UN. While the water resources are limited, the water demand is increasing due to various factors including population growth and increased life standards of people. On the other hand, huge quantity of treated water is being lost in transmission and distribution system due to leakage and other reasons. The difference between supplied water volume and billed volume is known as non-revenue water (NRW). The problem of high NRW is especially severe in low and middle-income countries.

Jenin municipality (JM), as most other parts of the State of Palestine, depends on precious groundwater as its water source. JM produces about one-third of its current daily supply volume by the wells owned by it and purchases the rest from bulk water providers from within and outside the municipality by paying a premium price. Every drop of this water is precious, costing money to JM. Despite such a situation, more than half of the supplied water in Jenin is lost somewhere in the distribution system and does not generate any revenue. As per project records, Jenin lost 1.879 MCM in 2018, and 2.037 MCM in 2019 as NRW, resulting in NRW ratio of 59.6% and 60.1% respectively, in those years. The 2.037 MCM lost in 2019 could have supplied water to 42,940 people throughout the year at 130 LPCD.

The reasons for such a high NRW in Jenin are many, but the most important are: lack of technical and managerial capacity to deal with NRW, lack of awareness about the seriousness and consequences of high NRW, and weak financial position of JM.

In the above context, through this technical cooperation project, JICA provided support to JM to strengthen its capacity of water service management. The most important objectives of this project are to improve technical and managerial capacity of JM to manage NRW and increase revenue collection.

This manual is prepared with the aim to help JM and other Palestinian water utilities in planning and implementing NRW management activities. It follows the principles of international best practices on NRW management, but it has been prepared mainly based on the lessons learned from the field works conducted in Jenin. This manual is intended for senior level staff such as water engineers and managers. A simplified version of the manual has also been prepared for the use of general technical staff involved in NRW management.

2 INTRODUCTION TO WATER BALANCE AND NRW

Understanding water balance is the first crucial step in NRW Management. In simple terms, water balance shows how much water was produced, how much was supplied, how much reached the customers, and where the rest went. This also indicates where the major problems lie.

2.1 IWA Standard Water Balance and its Components

The IWA Standard Water Balance (Table 2-1) shows the international best practice of water balance. It lists and defines various components of water balance including non-revenue water (NRW).

Table 2-1: IWA Standard Water Balance

(1) System Input Volume (SIV) حجم المياه الداخلة لشبكة	(2) Authorized Consumption ونى	(2-1) Billed Authorized Consumption القياسي للمستهلك	(2-1-1) Billed Metered Consumption استهلاك القياس المقاس	Revenue Water المياه المدفوعة
			(2-1-2) Billed Unmetered Consumption استهلاك القياس غير المقاس	
		(2-2) Unbilled Authorized Consumption ونى وغير القياسي	(2-2-1) Unbilled Metered Consumption استهلاك غير القياس المقاس	Non-Revenue Water (NRW) المفقود من المياه
			(2-2-2) Unbilled Unmetered Consumption استهلاك غير القياس غير المقاس	
	(3) Water Losses فقدان المياه	(3-1) Apparent (Commercial) Losses الفواقد ذات جاريه	(3-1-1) Unauthorized Consumption يول القارونى	Non-Revenue Water (NRW) المفقود من المياه
			(3-1-2) Customer Metering Inaccuracies عدم دقة عداد المستهلك	
(3-2) Real (Physical) Losses الفواقد الحقيقية التي تحدث في الخطوط		(3-2-1) Leakage on Transmission and/or Distribution Mains التسرب في خطوط النقل والتوزيع	Non-Revenue Water (NRW) المفقود من المياه	
	(3-2-2) Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks تسرب وقيضان خزانات مرافق المياه			
	(3-2-3) Leakage on Service Connections up to point of Customer Metering تسرب في الوصل نزلياً من نقطة ال عداد المستهلك			

2.2 Definition of NRW

NRW is defined as the difference between system input volume and billed authorized consumption. In other words, NRW is the difference between volume of water supplied and volume of water billed.

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{NON-REVENUE} \\ \text{WATER} \\ \text{(NRW)} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{WATER} \\ \text{SUPPLIED} \\ \text{(System input} \\ \text{Volume)} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{REVENUE WATER} \\ \text{(Billed Consumed} \\ \text{Water)} \end{array}}$$

NRW includes any water which is authorized to use (such as firefighting) but not billed. This component is known as 'Unbilled Authorized Consumption' in Standard IWA Water Balance.

2.3 Examples of IWA Standard Water Balance components from Jenin

The following is an example of water balance (for Pilot Area 1, Nov 2018) components in IWA water balance format. In this table all components of water balance have been identified individually except the leakage on mains and service connections (components 3-2-1 and 3-2-3 respectively) which are grouped together.

Table 2-2: Pilot Area 1 Water Balance for Dec. 2018 as an example

(1) System Input Volume (SIV)	(2) Authorized Consumption (AC)	(2-1) Billed Author.Cons. (BAC)	(2-1-1) Billed Metered (BMC)		Revenue Water (RW)
		المصروح للمفوتر	11,193 m ³	39.7%	المياه المدجلب عليها
	بالمصروح	11,193 m ³	(2-1-2) Billed Unmetered (BUC)		11,193 m ³
	=	39.74%	0 m ³	0.00%	39.7%
	11,193 m ³	(2-2) Unbilled Author.Cons. (UAC)	(2-2-1) Unbilled Metered (UMC)		Non-Revenue Water (NRW)
39.7%	المصروح به غير المفوتر	0 m ³	0.00%		
	0 m ³	(2-2-2) Unbilled Unmetered (UUC)			
		0.00%	0 m ³	0.00%	
كمية المدخل في النظام لحظي		(3-1) Apparent Losses (AL) Or Commercial Losses	(3-1-1) Unauthorized Consumption (UC)		المياه اوغري المدحاسب عليها
			6,469 m ³	22.97%	

= 28,165 m ³	(3) Water Losses (WL) الفاقد الكلي	الفاقد للتحجاري (الظاهري) 7,488 m ³ 26.59%	(3-1-2) Metering Inaccuracies (MI) 1,019 m ³ 3.62%	= 16,972 m ³
	= 16,972 m ³ 60.3%	(3-2) Real Losses (RL) Or Physical Losses	(3-2-1) Leakage on Transmission and/or Distribution Mains 9,470 m ³ 33.62%	60.3%
		الفاقد الحقيقي (بسررب) 9,484 m ³ 33.67%	(3-2-2) Leakage and Overflows at Utility's Storage Tanks 14 m ³ 0.05%	
			(3-2-3) Leakage on Service Connections up to Point of Customer Metering (Combined with 3-2-1 above)	

Identifying all components of water balance accurately is very important but it needs considerable efforts. The methods of their calculation have been explained in detail in the coming sections.

2.4 Definition of Terms Related to Standard IWA Water Balance

System Input Volume

The system input volume is the total volume of treated water, from all sources of water including municipality's own wells, private wells contracted by the municipality, and imported from outside the municipality.

Authorised Consumption

The volume of metered and/or unmetered water taken by registered customers or organizations authorized to use water. Authorised consumption may include items such as water taken for firefighting, fire training exercises, flushing of mains and sewers, street cleaning, watering of municipal gardens, public fountains, amongst others. These may be billed or unbilled, metered or unmetered.

Water Losses

The difference between system input volume and authorised consumption.

Billed Metered Consumption

All metered consumption which is also billed.

Billed Unmetered Consumption

All billed consumption which is calculated based on estimates or norms but is not metered.

Revenue Water

The volume of water for which income is obtained. This is the sum of billed metered and billed unmetered consumption.

Unbilled Authorised Consumption

Unbilled authorised consumption are those components of authorised consumption which comprise legitimate usage, but which are not billed and therefore do not produce revenue.

Unbilled Metered Consumption

Unbilled metered consumption is metered consumption which is, for any reason, unbilled. This may, for example, include metered consumption by the utility itself or water provided to institutions free of charge.

Unbilled Unmetered Consumption

Unbilled unmetered consumption is any kind of authorised consumption which is neither billed nor metered. This component typically includes items such as firefighting, flushing of mains and sewers, street cleaning, amongst others.

Non-Revenue Water (NRW)

Non-revenue water are those components of system input volume which are not billed and do not produce revenue, i.e. not revenue water. It is equal to unbilled authorised consumption plus Real Losses and Apparent Losses.

Apparent Losses (AL)

Apparent Losses include all types of inaccuracies associated with customer metering as well as data handling errors, such as meter reading and billing, plus unauthorised consumption from theft or illegal use.

Unauthorised Consumption

Unauthorised consumption is any unauthorised use of water. This may include water illegally withdrawn from hydrants, for example, for unauthorised construction purposes, illegal connections, bypasses to consumption meters or meter tampering.

Illegal Connection

A connection which has been installed onto a main or another service pipe without the permission or authority of the municipality.

Data Handling and Billing Errors

The volume of true consumption which is not recorded on the billing system due to billing or data handling errors. These could include transcription errors, consumption on premises that have not been registered on the billing system due to internal procedural errors, premises incorrectly flagged on the billing system (e.g. flagged as demolished but still live), etc.

Customer Metering Inaccuracies

The volume by which meters under-record the true volume consumed by customers.

Real Losses (RL)

Real Losses are water volumes lost through all types of leaks, bursts and overflows.

Leakage and Overflows from Utility Storage Tanks

Water lost from leaking storage tank structures (service reservoirs) or overflows from such tanks caused by operational or technical problems, for example, a failed level control mechanism or leaking tank joints.

Leakage on Service Connections up to the Point of Customer Metering

Water lost from leaks and breaks of service pipes from and including the tapping point up to the customer meter.

Leakage on Transmission and/or Distribution Mains

Water lost from leaks and breaks on transmission and distribution pipelines and appurtenances.

3 STANDARD NRW COUNTERMEASURES

Managing NRW involves addressing underlying causes. Preparing an accurate water balance is the starting point. It shows where the major problem is. Then suitable strategy should be applied to address the cause of the problem.

As NRW consists of Real and Apparent Losses, management of NRW includes managing these components. Reducing Apparent Losses is nearly always cost-effective and offers fast payback. The activities are technically easy to carry out, but politically difficult, because it often requires taking a strong stance against fraudulent practices of utility staff and the (small) portion of the population benefiting from the status quo.

On the other side, reduction of Real Losses through leakage control can be expensive, requires significant technical know-how, and must be carried out extensively to bring results. Economic balance between the costs of leakage control and the benefits that leakage control generates should always be considered.

3.1 Real Loss Reduction

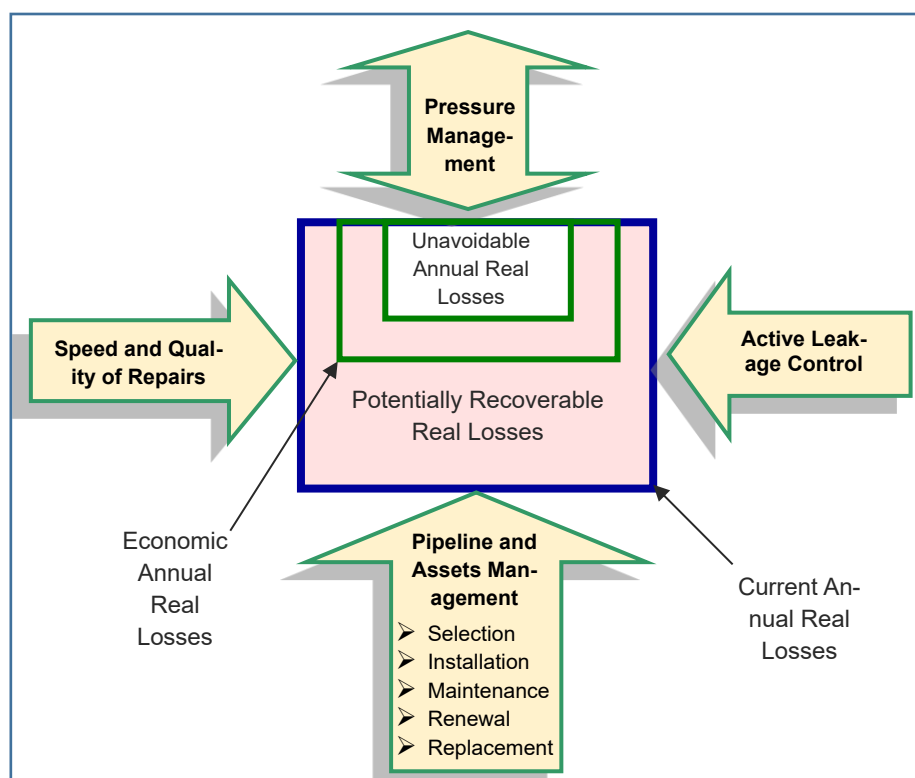


Figure 3-1: The four basic methods of managing Real Losses (IWA)

As shown in Figure 3-1 the methods of managing Real Losses can be lumped into 4 groups; (i) speed and quality of repairs, (ii) pipe line and asset management, (iii) active leakage control, and (iv) pressure management. They are briefly outlined hereafter.

Speed and quality of repairs. Repairing leaks in a timely and efficient manner following a set work standard and using quality materials is essential in order to reduce NRW. A bad quality repair invites more leaks either from the same place or in its vicinity because of the disturbance to the surrounding ground and bedding caused by both the initial failure and its subsequent repair.

Pipeline and assets management. Proper selection, installation, maintenance, renewal, and replacement of pipe and other assets come under this component. The main goal of this component is to manage network rehabilitation in an economical manner to reduce the need for corrective maintenance.

Active leakage control. The frequency at which new bursts and leaks occur depends upon the overall condition of the infrastructure and how well the pressure is managed. Dependent upon the specific ground type, there will always be some proportion of leaks and bursts that do not appear on the surface, i.e. non-visible leaks, and these need to be detected. Active Leakage Control (ALC) is a proactive strategy to reduce water loss by the detection of non-visible leaks using trained engineers and technicians using specialized equipment followed by the prompt repair of leaks. Alternatively, we can say that active leakage control is practiced when competent persons (company staff or hired) are deployed to find leaks, which have not been reported, by customers or other means. The main methods of ALC are regular survey and leakage monitoring.

Regular survey – This is a method of starting at one of the distribution systems and proceeding to the other using one of the following techniques:

- ✧ Listening for leaks on pipe work and fittings
- ✧ Reading metered flows into temporarily-zoned areas to identify high-volume night flows
- ✧ Using clusters of noise loggers (leak localizing)

Leakage monitoring – This is flow monitoring into zones or districts metered areas (DMAs) to measure leakage and to prioritize leak detection activities.

Pressure management. Pressure management for leakage control is the practice of managing system pressures to the optimum levels of service ensuring sufficient and efficient supply to legitimate uses and customers, while reducing unnecessary or excess pressures and eliminating transients, which cause the distribution system leak unnecessarily. Pressure management reduces the frequency of new breaks as well as the flow rates from all breaks and background losses.

3.2 Apparent Loss Reduction

Figure 3-2 shows four components of an active apparent loss management program.

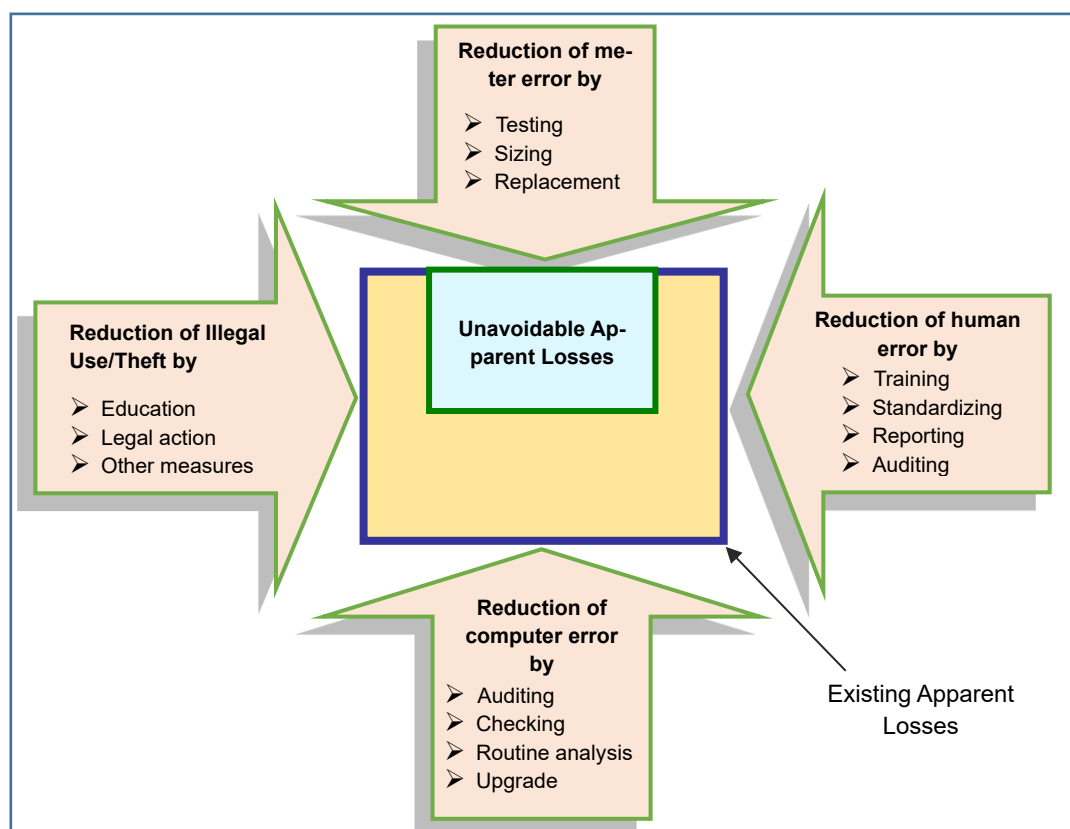


Figure 3-2: The four components of an active Apparent Loss management program (IWA)

Reduction of meter error. Both production and customer meters should be in proper working condition with their errors within defined tolerance margin. For this, the meters should be of good quality, and be installed and maintained properly. The meter accuracy should be checked from time to time and calibrated when necessary. The meters should be replaced after a certain age or throughput.

Improving meter reading and billing. A significant portion of Apparent losses comes from mistakes in the meter reading and billing chains, not only because of poor technology, outdated customer database, and data-handling errors in the office but also because of fraudulent practices on the part of water utility staff.

Illegal and unknown connections. Illegal connections/unregistered connections pose the biggest problem to water utilities in the developing world and perhaps contribute to the biggest loss of revenue (consumption not paid) and production cost (due to wastage) incurred by the utility. Contrary to common belief, a large portion of water stolen from public utilities does not come from poor, marginal urban areas, but rather from large industrial customers and those with political clout and enough resources to bribe utility

staff and management. Allowing illegal connections and such fraudulent behaviour is unfair for those in the population who do pay their bills, especially the poor, and works against promoting a culture of good governance.

Illegal and unknown connection issues need focused efforts. The main ingredients required for addressing and controlling this problem, are the following:

- ✧ An independent property database with a link between the connections database and the property database,
- ✧ An effective debt management policy especially in terms of disconnections, making illegal connections difficult,
- ✧ Appropriate systems and procedures in the organisation to handle illegal connections once they are found,
- ✧ Monitor disconnected lines, and
- ✧ Monitor inactive connections, connections with zero consumption.

Wrong billing due to inadequate billing procedures. Wrong billing has a direct effect on revenue. Customers often refuse to pay any amount if they receive wrong bills and eventually faith in the system is lost cultivating a non-payment culture by the customers. Furthermore, many customers remain happily unbilled. Wrong billing is a result of wrong data and poor billing procedures.

Meter Reading Problems. Meter reading problems contribute to wrong bills and often lost revenues.

Fraudulent practices. There are three major sources of fraudulent practices in Commercial Operations, usually carried out through cashiers, financial officers authorised to give credits and meter readers - all resulting in lost revenues. A good billing system with appropriate procedures could stop such practices. Receipting sessions could be crash-proof; automatically suspending a session on interference, whilst strict access and audit control could monitor financial transactions.

4 PRACTICAL APPROACH OF NRW MANAGEMENT

The practical approach of NRW reduction by District Metered Area (DMA) involves the following major steps:

- (1) Design of DMAs and updating of customer and pipe network information,
- (2) Construction of DMA, on-site measurement of pressure and flow,
- (3) Calculation of NRW,
- (4) On-site survey for surface leakage, illegal connections, meter accuracy test,
- (5) Underground leak detection survey, step-test, stop-cock test,
- (6) Repairing of leaks, replacement of customer meter, rectification of illegal connections,
- (7) Checking effectiveness, re-calculating NRW,
- (8) If the NRW comes down to acceptable level, moving to another DMA or another group of DMAs, if the NRW is still above acceptable level, repeating the tasks from step (4) onward.

This is graphically illustrated in Figure 4-1.

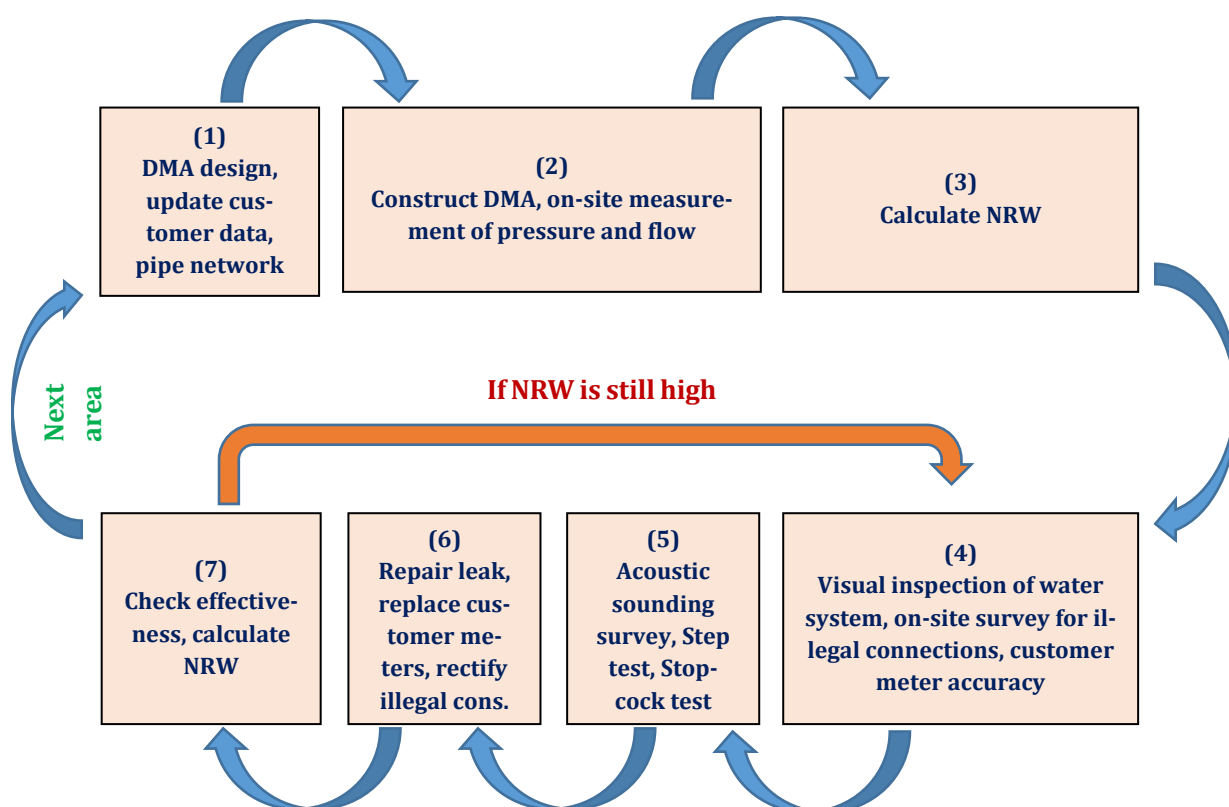


Figure 4-1: Practical approach of NRW management by DMA approach

The succeeding part of this manual deals with the above steps.

5 SELECTION OF DISTRICT METERED AREAS

A District Metered Area is a section of the distribution network which is hydraulically isolated by closed sluice valves except the points of entry and exit where the flows are measured by permanently installed flowmeters. Some DMAs may have multiple points of entry and exits or may not have any point of exit.

By establishing District Metered Area the following benefits will be obtained:

- Larger area is divided into smaller areas which makes leakage management easier,
- Calculation of NRW becomes easier, more accurate,
- NRW reduction works can be prioritized, DMAs having higher NRW could be given higher priority,
- MNF can be monitored continuously, and any pipe burst, or unusual consumption can be quickly noticed. This is not applicable in case of intermittent system such as that of Jenin.

But establishing and maintaining DMAs cost money.

Key features of DMA design and operation with special attention to suit the condition of Jenin are given in the following section.

5.1 DMA Selection Criteria

The followings should be considered:

- Size (geographical area and number of customer connections)
- Variation in ground level
- Pressure requirements
- Number of valves to be closed
- Suitability of place to install district meter(s)
- Use of existing flow meters or valves if there are any
- Consideration to present supply zones

The keys to good DMA design are:

- Minimum variation in ground level across the DMA
- Easily identified boundaries that are robust
- Limit the number of closed boundary valves
- Limit the number of flow meters
- Optimize pressure to maintain customer standards of service and to reduce leakage

Size of DMAs:

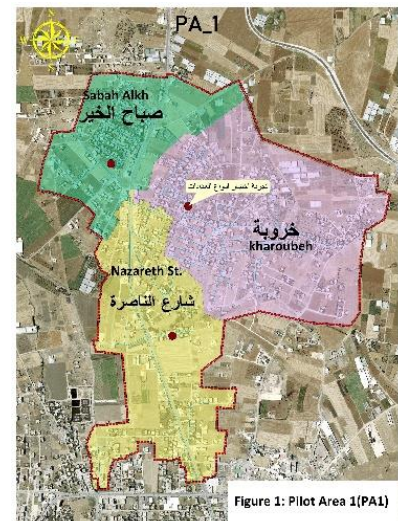
IWA recommended DMA size is from 500 to 2500 properties and 6-10 km pipe network length. The number of properties will be on higher side in densely populated areas and on lower side in sparsely populated areas. Smaller DMAs have several advantages over bigger ones, but they cost more to setup and maintain. Size of DMAs (pilot areas) in Jenin during this project varied from about 400 to 900 properties.

Consideration to present supply zones:

If there are already established supply zones they can be taken as starting points for creation of new DMAs. Depending upon the local situation and sizes of such zones DMAs can be designed by including one or more zones. In such instances the size of the DMA depends upon the size of the existing zones and the number of zones included into one DMA.

The above-mentioned criteria are applicable in general when the whole supply system is divided into DMAs. When a few DMAs have to be selected and established as pilot areas then the following additional criteria should also be considered:

- Pipe network is easy to separate,
- The amount of water used at night is small,
- Water supply method inside the PA can be changed without causing much inconvenience to the customers (For example, change supply schedule or supply duration in order to measure MNF),
- Water supply change in the PA does not affect other areas,
- The pipe network drawing is well maintained,
- Possible to do nighttime work on leakage survey (security concern),
- Training for reduction measures can be done. The effect of reducing non-revenue water is expected to be high.



5.2 Preliminary Survey to Identify Areas

- a. Collect available drawings and information of pipeline and other items from related department (water department in case of Jenin). The items should include:
 - pipe network,
 - valves,
 - pumping stations,
 - wells,
 - existing supply blocks,

- administrative boundary,
 - customer points, etc
- b. Tentatively mark potential areas on the drawings considering the criteria listed above.
- c. Conduct site survey moving around the proposed boundary and judge if that area is suitable or not. Some modification to the boundary may be required sometimes.

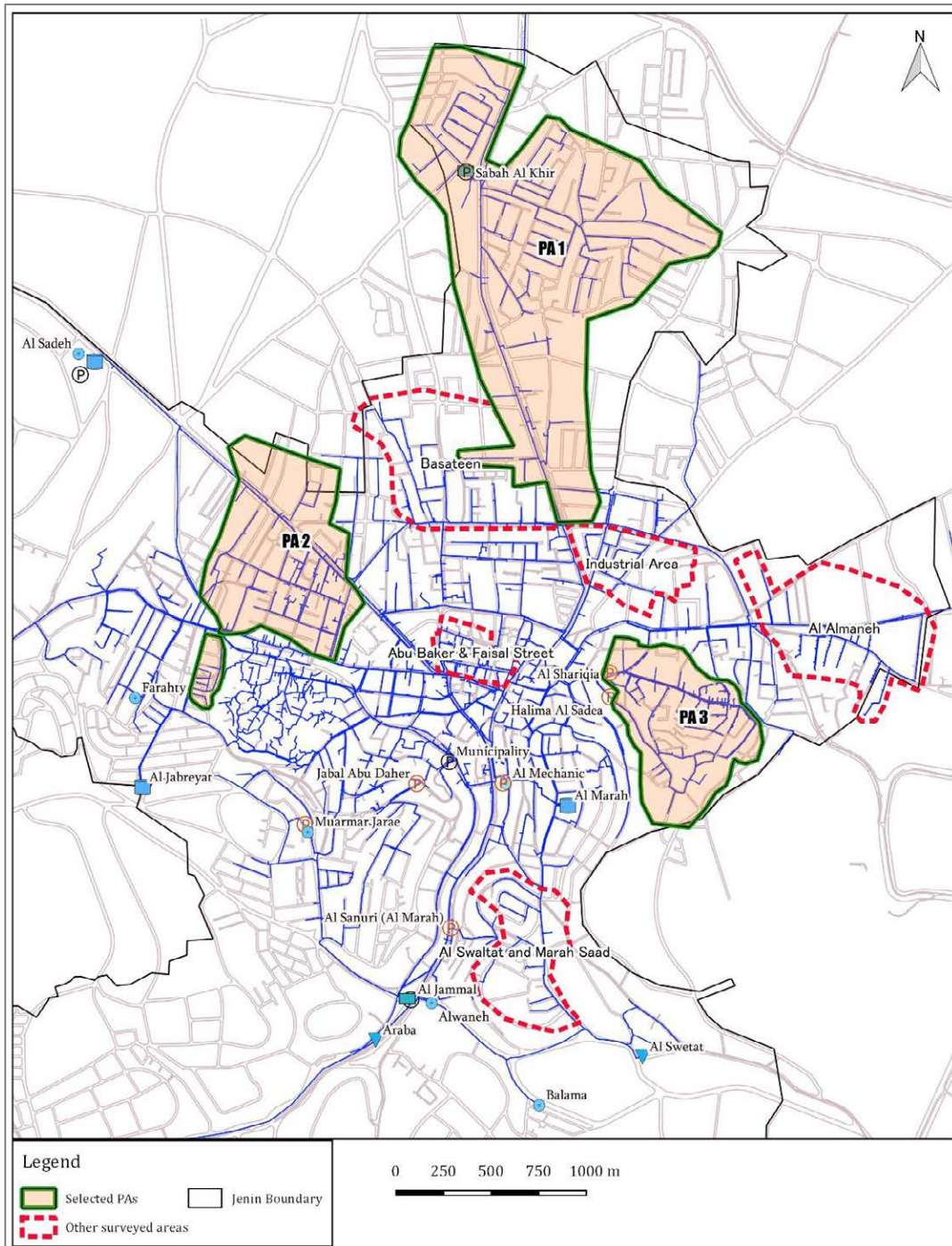


Figure 5-1: Surveyed and selected Pilot Areas

For example, Figure 5-1 shows the potential areas proposed for PAs from which three were finally selected.

The following pictures show some instances of preliminary survey work at site.



- d. Prepare a summary table of features including approximate area, number of customer connections, length of pipe network, supply timings, water source etc., then estimate number and size of valves, bulk meters, customer numbers etc. A sample is shown below.

Table 5-1: Summary table for initial screening for DMA

DMA No.	Name of Area	Area (m ²)	Customer (Nos.)	Length of Pipe Network (m)	Water Source
1	DMA 1_1 (Sabah Al Khir)	367,907	168	3,880	Mekorot water via Al Jalameh Connection and Sabah Al Khir PS
	DMA 1_2 (Kharoubeh)	696,814	238	6,637	
	DMA 1_3 (Al Nasreh St.)	752,032	183	5,347	
	Sub-total	1,816,753	589	15,864	
2	DMA 2_1 (New Camp)	47,053	99	875	Al Saadeh Well via Al Jabreyat Reservoir
	DMA 2_2 (Al Zahraa)	651,566	367	10,174	
	Sub-total	698,619	466	11,049	
3	DMA 3_1 (Sharqiya 1)	302,021	268	6,730	Al Saadeh Well + Al Mechanic Well via Al Marah Reservoir
	DMA 3_2 (Sharqiya 2)	199,866	93	2,181	
	Sub-total	501,887	361	8,911	
4	Abu Baker & Faisal Street	99,413	300	2,781	?

DMA No.	Name of Area	Area (m ²)	Customer (Nos.)	Length of Pipe Network (m)	Water Source
5	Al Alwaneh	500,214	102	5,380	?
6	Industrial Area	197,731	134	2,110	Al Marah reservoir
7	Al Swetat and Marah Saad	305,585	111	2,591	Al Swetat connection (Mekorot water)
8	Basateen	502,452	172	5,011	Same as PA1

5.3 Finalization of DMA Selection

Table 5-2: Summary table for selection of DMAs

DMA	Crossing pipe size (Inch)	Bulk Meter size (Inch)	Valve size (Inch)	Chamber	Remarks
DMA-1 Sabah Al Kheir, Kharoub, and Al Nazareth Street					
Source (Inlet to tanks)	8	8	8	Not required	Existing meter not working, to be replaced
Inlet to PA (Outlet of PS)	6	6	6	Required	Outlet of BPS, near BPS
Outlet of PA (Diamond circle)	6	6	6	Required	Outlet goes to Al Basateen
Small branch to Sabah Al Kheir area	2	2	2	Required	24-hrs supply
Sub-area 1 (Sabah Al Kheir)	6	6	6	Existing	Existing meter not working, to be replaced
Sub-area 2 (Kharoubeh)	4	4	6	Existing	
Sub-total		6	6	3	
DMA-2 New Camp and Al Zahraa					
Sub-area 1 (New Camp)	6	6	6	Required	
Sub-area 2					
Separate line to Al Zahraa	2	2	2	Required	
Main inlet near New Camp	6	6	6	Required	
Inlet (1) near Camp gate	4	4	4	Required	To branch road to Az Zahara
Inlet (2) near Camp gate	6	6	6	Existing may be used	On main road
Sub-total		5	5	4	
DMA-3 Al Sharqeah and Haleemah Al Sa'dia					
Inlet	6	6	6	1	Near AlaSadi well on the road
Near junction of Al Sharqeah and Haleemah Al Sa'diah			2		For modification of connection
For measurement of production from Al Sadi well		3	3	Not required	
Sub-total		2	3	1	
Total		13	14	8	

From among those proposed, select the required number of area considering all the relevant features such as size, customer numbers, supply source, pipe network length etc. If

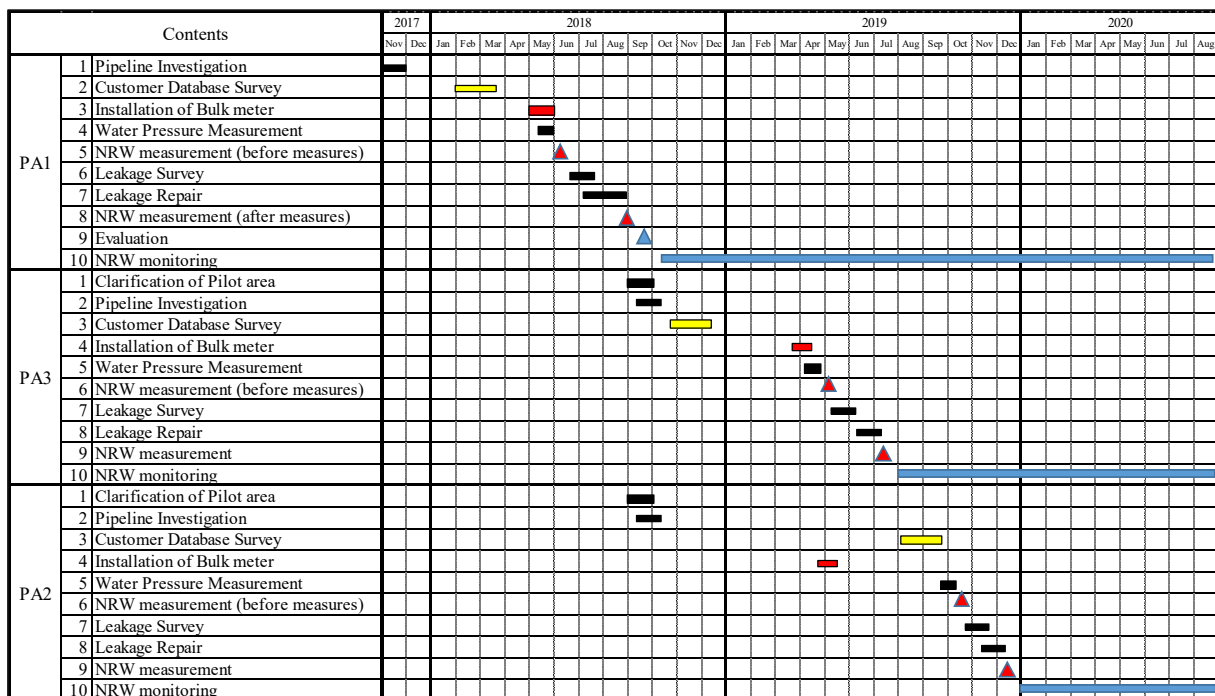
necessary, repeat the site survey. In the present project the following three areas were selected.

- ❖ PA1(DMA1): Sabah Alkheir + Kharoubeh + Nazaereth Street
- ❖ PA2 (DMA2): Alzahra + New camp
- ❖ PA3 (DMA3): Alsarkia + Haleema Alsa'dia

5.4 Scheduling & Planning

In this stage the schedule and plan for the NRW activities should be established.

Following is an example of schedule established for NRW activities in three pilot areas of the project (top figure) and additional DMAs prepared by JM (bottom figure):



Contents	2020												2021											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Al-Jenan	1																							
	2																							
	3																							
	3																							
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							
10																								
Al-Basateen North	1																							
	2																							
	3																							
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							
	10																							
	11																							
Al-Basateen South	1																							
	2																							
	3																							
	4																							
	5																							
	6																							
	7																							
	8																							
	9																							
	10																							
	11																							

The plan should also include the resources required to carry out the activities.

6 UPDATING CUSTOMER DATABASE AND PIPE NETWORK

NRW countermeasures require detailed network and customer information. If those data are not already available, it is necessary to prepare them. For Jenin pipe network maps down to 50 mm pipe size and customer meter points were prepared during an earlier study (Diagnostic Study) completed in 2016. It is necessary to update these maps/data by field survey as these are very important for NRW management.

6.1 Customer Database Survey (CDS)

6.1.1 Preparation works

In addition to the importance of the CDS to the NRW calculation it is also necessary for the customer management and the O&M for water department.

The preparation works for the CDS activities includes:

- ✧ Confirmation of the DMA boundary by understanding the water pipeline network,
- ✧ Obtaining high resolution basemap of the area (through line ministry or other route)



Figure 6-1: Preparing polygons of each building

- ❖ Creating the building polygons by digitizing them by GIS software (or they may be requested from the engineering department if available). See next example of the prepared part of PA1 polygons in Jenin Municipality.
- ❖ Geocoding (giving address) for the digitized buildings in the target area. It will be very useful if the municipality has an official geocoding for the buildings that may be used in the CDS work. For the households which are already connected to the municipality water network their house connection ID (HC_ID) can be used to recognize the building but the polygon coding will be more general and useful to recognize both subscribers and nonsubscribers.

Next map is an example of the used coding in the pilot project in Jenin:



The basemap may be not up-to-date and some new buildings may be missing on it. In such a case, indicate such new constructed building by adding its polygon on the GIS map. See below.



6.1.2 Office & site work

a) Preparing the GIS maps

- ✧ Print the DMA area map which includes the digitized polygons at a scale sufficiently clear to mark the meter point and house connection route,
 - ✧ The map should be good enough to be understood by the CDS team leader on site.
- See the next map as an example of prepared map for Sabah Al Khir area.



b) Preparing the required format for data collection at site

The CDS format shall contain all required technical and social data from site. The following data are usually important and need to be collected.

Table 6-1: Recommended Data Items to be Collected During CDS

S.N.	Data Items	S.N.	Data Items
1	House number, address	9	Roof tanks
2	Owner's name		- Number
3	If the house has municipal water connection or not		- Total capacity
4	Customer's name (if different from owner)	10	Ground tanks
5	Customer number (house connection ID)		- Number
6	No. of persons in the family		- Total capacity
7	Water use category (domestic, commercial, institution etc)	11	Any other sources of water
8	Meter Information	12	Any sign of unauthorized water use
	- S. No.		
	- Type		
	- Diameter		
	- Visible problem in water meter; position, unreadable, not firmly fixed etc		
	- Connector size		

The form used in Jenin pilot areas is shown below.

Customer Database Survey— Surveyor N(اسم الباحث): _____

Date: _____ التاريخ

Pilot Area 2:	Locality Name(اسم الحي): _____		
House NO(المحل رقم البيت):		Owner's Name(اسم المالك):	
House Status(حالة المنزل/المحل):	1. Registered(مشارك) <input type="checkbox"/>	2. Not Registered(غير مشارك) <input type="checkbox"/>	
Family size(عدد الأفراد):		Storage tank number & total capacity(عدد الخزانات :):	المساحة m ² : _____
If the house owner answer "YES or Registered", please fill up below. في حال انه مشترك اكمل:			
HC_ID_No(رقم المشترك):		Water Meter NO. (رقم العداد):	
Reg. Category(التصنيف):	1. Domestic(منزلي) 2. Commercial(تجاري) 3. Institution(مؤسسة) 4. Agriculture(زراعي)		

Registered(customer) مشارك	Visible problem in water meter مشكلة ظاهرة في العداد	Illegal connection(وصلة غير قانونية)	
		Not horizontal(غير افقي)	
		Unreadable(قراءة العداد صعبة)	
		Not accessible(بصعب/لا يمكن الوصول للعداد)	
Not_Registered(Not_customer) غير مشارك		Illegal connection(وصلة غير قانونية)	
		Gets water from(مصدر الماء من)	NM(من عداد الجار)
		Gets water from(مصدر الماء من)	Private well(PW)(من بئر جوفي خاص)
		Own private reservoir(خاص لديه بئر/خزان خاص (PR))	
		Buys from vender (PT)(يشترى تنكات)	

ملاحظات Comments: If you discover something, please write down below.

Figure 6-2: Customer database survey form

c) Preparing the CDS teams

- ✧ The CDS team shall be not less than 3 persons; one for filling the CDS report, the second one is to direct the team with the map drawing and the third one will assist to record the technical data about the domestic meter and the house connection.
- ✧ The office data entry and analysis team: this team will collect the site reports day by day and the collected data should be computerized and archived.

d) Data analysis:

- ✧ At this stage of work the captioned CDS data is ready to be analyzed and the technical data related to the house connection can be transferred to the domestic meter shapefile, and the other social data can be stored in the polygon shapefile then to be categorized upon requirement.

Following is an example of categorizing the building polygons according to the subscription status; whether they are subscribers (connected with municipal water network) or nonsubscribers (not connected with municipal water network).



6.1.3 Compiling and summarizing the survey data

Compile the collected data in spreadsheet program (such as MS Excel). Sample of compiled data is shown below.

There should be a unique identifier for each row (surveyed household). This should be same in GIS and Excel so that the Excel data base can be easily linked to GIS when required.

The image shows an Excel spreadsheet with a grid of data. A red arrow points to a column labeled 'unique column' in the header. The spreadsheet contains columns for 'NO', 'APPLICANT NAME', 'Building Number', 'Sub_number', 'DATE_Surv eyed', 'REGION', 'Family size(person)', 'Storage size(m3)', 'Domestic/commer cial/Industrial/Agri cultural/Governem ental', 'Registered/Not Registered', 'HC_ID', 'WATER METER', 'PIPE M ATERIAL (PE,GS)', 'HC DIAM ETER (in)', 'Horizontal/Not Horizontal', and 'Further_Source of water (NW, Private well(PW), Private Reservoir(PR), Bug Tanks(BT))'. The data rows list various applicants and their associated water service details.

Figure 6-3: Excel screen capture of CDS data

6.2 Pipe Network Updating

Map of pipe network with correct alignment and pipe information is essential for many NRW reduction activities; namely leak detection, network maintenance, and hydraulic modeling.

Revision and updating of existing GIS layers of water network pipeline, pipe fittings, and related facilities can be achieved through multiple methods; updating from existing softcopy and hardcopy drawings, maintenance records, field inspections and trial pit excavations, hearing from field staff, by conducting pipe location surveys and so on.

In case of Jenin pilot areas, pipe network down to 50 mm was updated by field survey with pipe locator and high accuracy GPS machine. For smaller pipes and house connections pipe routes were marked approximately on GIS map from visual survey.

The following section outlines the method of pipe network update using pipe locator and GPS machine. This is possible when the pipe material is metallic. In case of plastic pipes locating buried pipes is complicated.

6.2.1 Preparation of map of existing pipe network

This map is used as a starting point for update.

- ❖ Print out map (scale 1:500 or 1:1000) showing roads, landmarks, buildings, pipe network, valves, and as many details as possible
- ❖ Prepare GPS
- ❖ Prepare pipe locator
- ❖ Prepare marking color spray

- ✧ Prepare two teams; one to locate pipe and another to record GPS coordinates of pipe and valves

6.2.2 Confirmation of pipe alignment (route) and valves location at site

- ✧ This is done with high accuracy GPS machine
- ✧ The pipe locator team; take reference of printed map, start locating pipe from one side of the area
- ✧ Locate buried valve similarly
- ✧ Mark the locations of pipe and buried valves with spray color
- ✧ The GPS team; take GPS coordinates at valves, pipe junctions, bends, road crossings, etc

6.2.3 Preparation of AutoCAD pipeline network

- ✧ Download the GPS data from GPS machine after coming back to office
- ✧ From the recorded GPS data prepare pipe network map
- ✧ This will generally be in AutoCAD format, but depending on the type of machine it may be recorded directly in some GIS formats

6.2.4 Digitizing from AutoCAD pipeline network to GIS

- ✧ If the GPS machine does not have the facility to directly convert the record to GIS format, then digitize the AutoCAD format network in to GIS.
- ✧ Take reference for diameter, age, depth etc from existing drawings, if any. If no drawing exists, then determine by hearing survey with field staff.
- ✧ In some cases, it may be necessary to dig test pits to confirm alignment, size, and depth of pipe. If required, dig the test pits and confirm.

The network map should preferably contain the following items and their attributes:

- ✧ *Pipe*: material, diameter, installed year, type of use (transmission, distribution, etc.)
- ✧ *Fitting*: type, diameter, installed year
- ✧ *Appurtenances* (valves, washouts, air valves): diameter, installed year, condition (working or not)
- ✧ *Wells*: identification number (well No.), supply station, production rate, construction year
- ✧ *Pumping station*: identification number, number of pumps and their capacities, supply station, construction year, operating schedule
- ✧ *Reservoir*: identification number, type, dimensions, storage capacity, elevation of low and high water levels, construction year, supply area
- ✧ *Booster station*: identification number, number of pumps and their Q-H-P characteristics, construction year, operating schedule
- ✧ *Pressure break tank*: size, construction year
- ✧ *Pressure reducing valve*: type, size, installed year, pressure settings, condition

- ❖ Bulk meter: size, type, condition, installed year
- ❖ Washout valve: size, type, installed year
- ❖ Air valve: size, type, installed year
- ❖ Fire hydrant: type

The following figure shows GIS of updated pipenetwork in PA2.

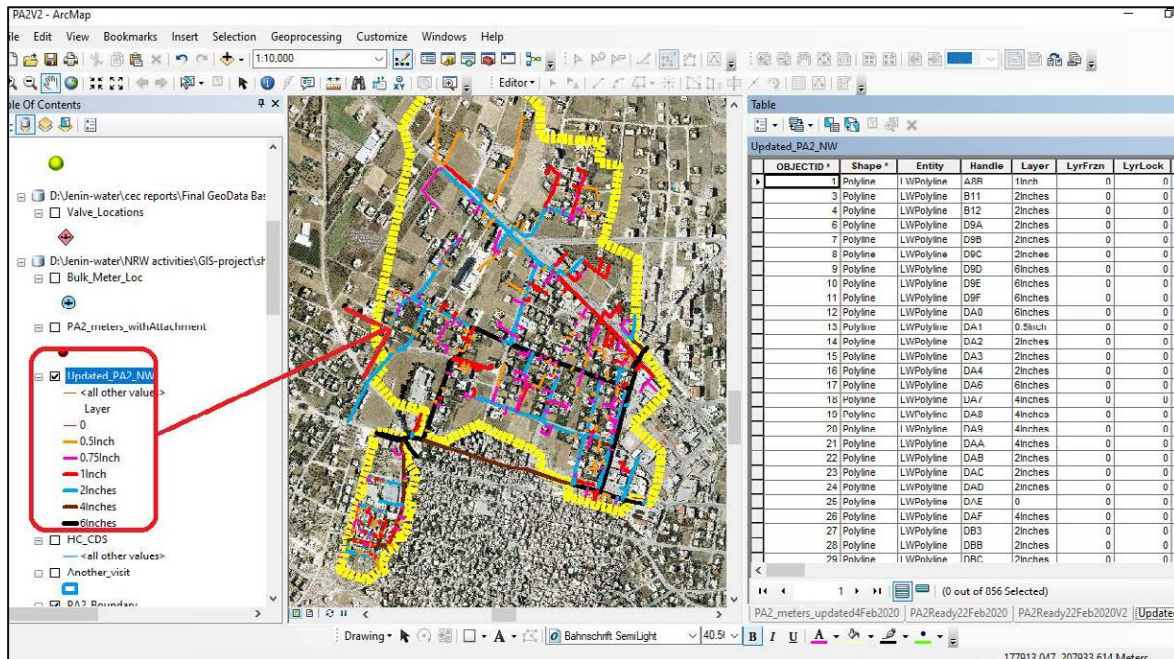


Figure 6-4: Example of GIS map of updated pipe network

6.2.5 Consideration for hydraulic analysis

Availability of high accuracy GIS network maps makes network model preparation work easy and fast. In order to make the GIS maps useful for model preparation certain methods should be followed while preparing the maps.

To make the updated pipe network maps useful for hydraulic analysis prepare the map according to the following steps:

- ❖ Create nodes at all the junctions and end points of links,
- ❖ Create links (such as pipes) by connecting the nodes. Activate and use snapping option to snap the links with nodes,
- ❖ Pipes are drawn as links and fittings are drawn as nodes,
- ❖ In GIS, valves and pumps are drawn as nodes. But these are required to be drawn as links in EPANET. This requirement should be considered while preparing GIS map if the map is intended for use in modelling with EPANET. However, some other modeling programs such as WaterGEMS can use valves and pumps as nodes,

- ✧ Check if the network prepared by other is properly snapped by zooming in to the maximum extent possible (say 1:1). Even unsnapped objects look like snapped when viewed at larger scales (such as 1:10,000 or so) but when zoomed in they might not have been snapped. To avoid this problem, activate snapping environment and use snapping tools while working in AutoCAD or GIS.

7 PRESSURE MEASUREMENT

Pressure measurement is conducted to understand the supply situation and to know if the available pressure is within the desired range. It shows from what time to what time water reaches the area and at what pressure.

7.1 Preparation Works

7.1.1 Select candidate locations and prepare tapping points

- Depending upon the available number of pressure loggers select the locations
- The locations should be spread all over the area
- The locations should be at expected highest, lowest, and average pressure points
- Making new tappings may not be feasible in many cases. In such cases can be measured at the nearest house connection
- Insert a Tee in the house connection, two side of the Tee for house connection and one side for pressure logger
- Prepare connectors and hoses

7.1.2 Prepare and program pressure loggers

- Install software of the logger in working computer
- Program the logger
- Make logging interval of about 15 minutes
- Make total duration of about one week (it should cover at least one full supply cycle)
- The loggers can be programmed to start logging immediately after programming or from a pre-decided date and time. If you are ready for installation immediately after programming, set the program to start logging immediately after programming. Otherwise set to start when you expect the loggers will be installed
- Note which logger is installed at which location

7.2 Install Loggers

- Connect the loggers to prepared tapping points with the connector
- Make sure there is no water leakage
- If the loggers are installed when there is no water supply, then check when water supply starts
- Cover the loggers with some box etc to protect them from environment and vandalism

7.3 Download and Analyze Data

- After completion of logging period, disconnect the logger and close the tapping point by a plug or valve
- Connect the loggers to the computer and download the pressure data
- Export/save data in the MS Excel format.

- Export the chart in image format for quick viewing.
- Prepare graphs of your liking from the data downloaded in MS Excel format.
- Analyse data to find out maximum, minimum, and average values etc as per requirement

The following figure shows pressure profiles at 4 locations in PA1.

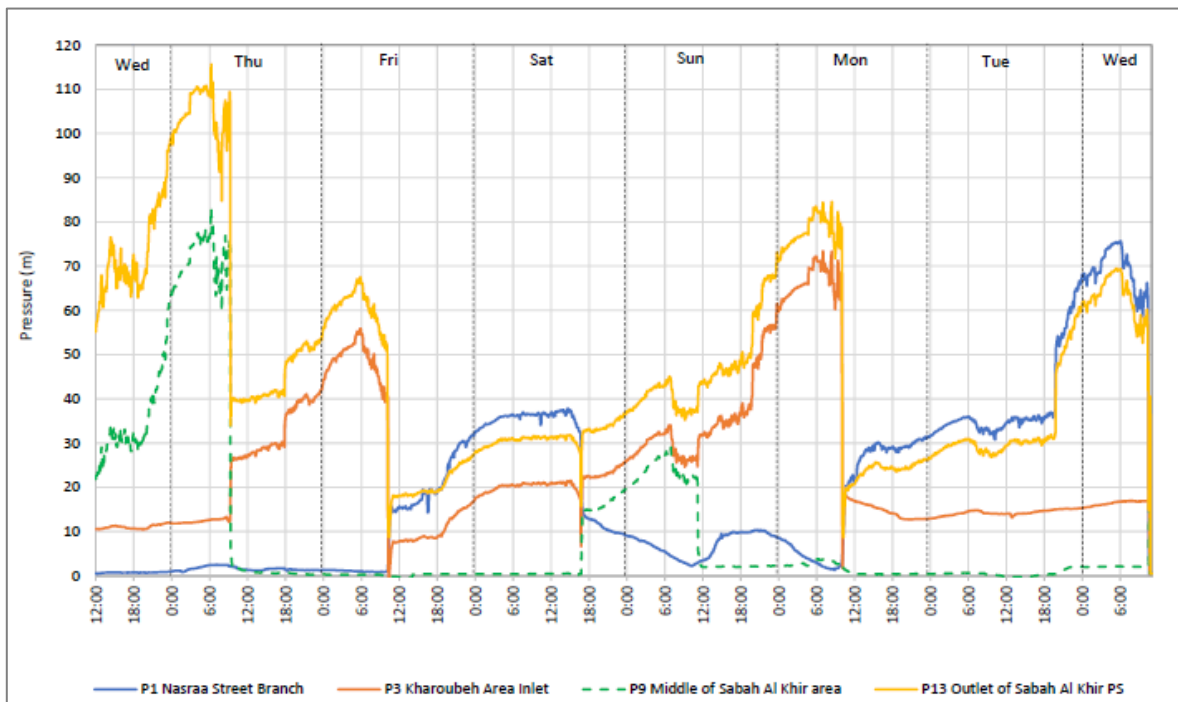


Figure 7-1: Pressure profiles at selected four locations in PA1

8 PREPARATION OF DMA

This work can be taken in parallel with previous two tasks; CDS & pipe network update and pressure measurement.

8.1 Detail Investigation and Updating of DMA Boundary

Its main purpose is to:

- Confirm the boundary,
- Estimate the required size and number of valves, bulk meters, fittings, and data loggers, and
- Estimate the required number of chambers to house bulk meters and valves

With updated network map in hand, walk along the proposed boundary and investigate all suspicious locations where there might be a possibility of any pipe crossing the proposed boundary. This can be checked easily in case of intermittent supply system like that of Jenin if the proposed area and its adjoining area have different supply schedules. In areas of continuous supply or if the adjoining areas have supply on the same timing in intermittent system, then further investigation by pressure measurement on both sides of proposed boundary is required.

8.2 Preparation of Schematic Drawing and Estimating the Required Number of Valves, Flowmeters etc

Once the boundary is confirmed, prepare schematic drawing showing details of bulk meter, valves, chambers, and so on. An example of the schematic drawing is shown below.

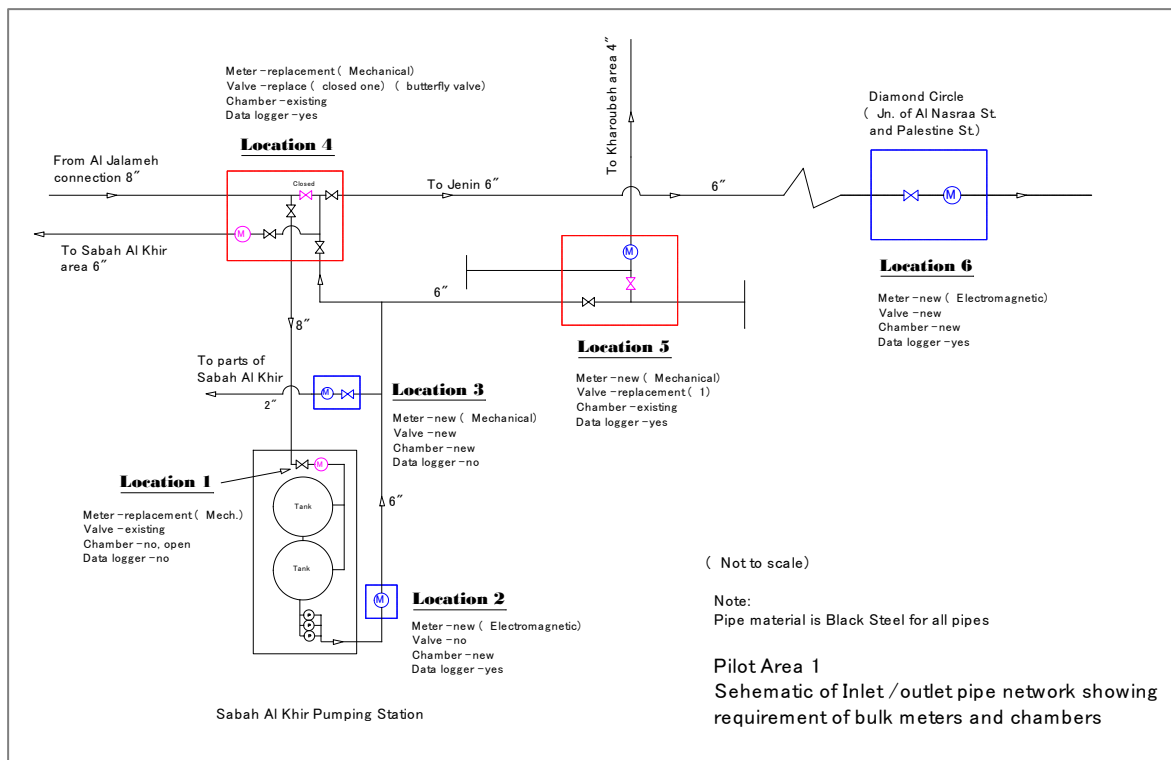


Figure 8-1: Pipe network schematic of PA1 for DMA design

From the schematic, find out how many and what size of valves, meters, and fittings are required.

It is recommended to reduce the number of bulk meters required to measure in and out flow to and from a DMA as much as possible. The more the number of bulk meter, the more is the chance of metering problem. This is mainly done by installing isolation valves in the boundary with adjoining area. But in some cases it may not be possible to do so because the isolated area may not have any other water source. In such cases, bulk meters should be installed on the boundary. If there is any probability of flow reversal, then flow meters which can measure flow on both directions (such as ultrasonic or electromagnetic type) should be considered.

Thus, do not forget to count the valves required for isolation, if any, in preparing the BOQ.

8.3 Preparation of Detail Drawing

At each location, prepare detailed drawings showing how the valves, meters, and fittings will be arranged. It will also help to fix the size of chamber.

Bulk meters generally require straight pipe sections both at upstream and downstream. The exact length depends upon the type of meter. This requirement sometimes results into long chamber dimension.

If the chamber size becomes too long when both the meter and valve are installed in the same chamber, then consider two separate chambers; one for bulk meter and another for valve. For the valve, only a valve box may be enough in some cases.

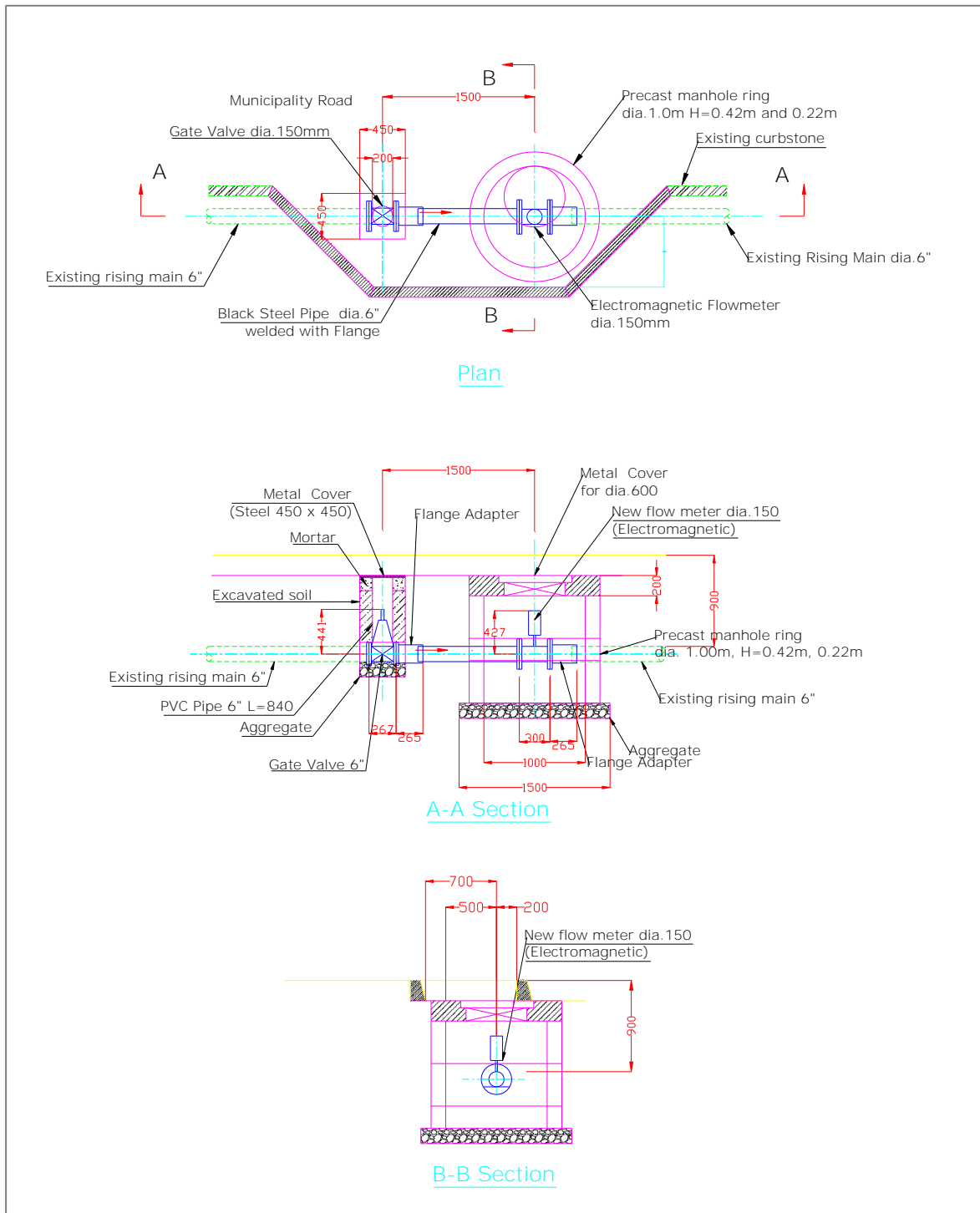


Figure 8-2: Design drawing showing arrangement of valve and meter

8.4 Design of Chambers & Preparation of BOQ

From the above step the size of chamber required will be known. Considering applicable standard, design the chambers. And then prepare the bill of quantities, separately for chambers and other items including valves, bulk meters, fittings, and data loggers.

8.5 Procurement of Bulk Meters, Valves, and Fittings

Follow prescribed procurement process of your organization and procure required materials. In the same time also procure leak repair materials suitable to the type of pipe in your area.

8.6 Construction Scheduling

Prepare a construction schedule considering;

- ✧ Time required for procurement of meters, valves, and fittings, and their expected delivery date,
- ✧ Time required for road cutting permission, digging and installation of the equipment, and construction of chambers,
- ✧ Availability of required skilled manpower and essential tools (such as excavator, welding machine, and their operators).

9 DMA CONSTRUCTION WORKS

Start construction works as per planned construction schedule.

9.1 Install Bulk Meters and Valves

- ✧ For new installation, meters and valves should be installed first and then chamber should be constructed later
- ✧ If the meter is to be installed in an existing chamber where there is no valve, then take precaution against potential flooding of chamber during installation of valve
- ✧ The valve should be installed first at the upstream side of bulk meter
- ✧ Before beginning pipe cutting, water should be stopped on the line. Drain the line by opening nearby washout if available
- ✧ The valve may be installed in the same chamber as the bulk meter or in a separate location on upstream side of the meter
- ✧ Follow valve manufacturer's requirement of straight pipe sections before and after the meter
- ✧ Check and make sure there is no leak from any joint after the installation

9.2 Implement Pipe Rearrangement Work If Required

- ✧ Cut and connect pipe with other sections if such rearrangement is required in any DMA
- ✧ Welding is practiced for pipe connection in Jenin as the pipes are black steel pipes
- ✧ Use couplings/ flanged adaptors where required

9.3 Prepare Tapping Points for Pressure Measurement

- ✧ Prepare a 1/2" tapping point near the bulk meter
- ✧ Install a ball valve and close the tapping branch. This will be required to connect pressure logger

9.4 Construct Chambers

- ✧ After finishing installation of valve, flow meter, and tapping point, construct the chamber
- ✧ RCC chamber is recommended as far as possible
- ✧ Pre-cast manholes can also be used if pipe size is small, say 100 or 150 mm
- ✧ Take precaution against rain water intrusion, elevate chamber cover slightly from the ground level

Intrusion of ground water or rainwater into the chamber and flooding the bulk meters and data loggers is a big problem. Making chambers waterproof is challenging as their covers need to be opened frequently for meter reading and/or inspection of meter etc inside the chamber. Constructing a drainage pit in the chamber for easy draining of accumulated water by pumping and raising the base level of meter by about 50 cm from the chamber floor are potential measures to prevent flooding of bulk meters.

9.5 Install Flow/Pressure Data Loggers (Optional)

The current trend is to install flow and pressure data loggers and read these values remotely. This makes reading easy and also helps in remote monitoring of the water supply system. If this option is selected;

- ✧ Procure data loggers which are compatible with the flowmeters. Procurement of the loggers together with the flowmeter in the same procurement package is advisable,
- ✧ Include installation and initial training of the loggers in the procurement package,
- ✧ Procure data hosting services of the logger/meter providers.

10 CALCULATION OF NRW & WATER BALANCE COMPONENTS

Calculation of NRW is relatively simple, it needs just two parameters; system input volume (SIV) and billed authorized consumption (BAC). But splitting NRW into various components of water balance requires considerable efforts. This section outlines the methods of calculating NRW and other components of water balance.

10.1 Method of NRW Calculation

NRW is calculated by the following formula:

$$\text{NRW} = \text{WATER SUPPLIED (SIV)} - \text{WATER BILLED (Billed Authorized Consumption)}$$

As seen from above, to calculate NRW, it is necessary to measure SIV and BAC. For calculation of NRW for the whole city, SIV will be equal to the sum of all internal productions and import from outside, if any. At a DMA scale, SIV is measured from the bulk meters at inlet and outlets of the DMA.

NRW ratio is calculated from the following formula:

$$\text{NRW \%} = \frac{\text{NRW Volume (m}^3\text{)}}{\text{Water Supplied Volume (m}^3\text{)}} \times 100$$

- ✧ SIV is measured by production meters or bulk meters
- ✧ BAC is calculated from the reading of consumer meters

10.2 Calculation of SIV for Jenin

All the sources of water supply by JM (as of Feb 2021) are listed in Table 10-1. These can be divided into three types; municipality-owned wells (S.N. 1-3), private wells within the municipality (S.N. 4-13), and water imported from outside (S.N. 14-16).



Steps for SIV calculations are:

- ✧ Make sure meters are installed in all sources and confirm every month the meters are working,
- ✧ Replace/repair as soon as possible if any meter is found to be not working,
- ✧ Confirm there are working meters at water transfer points for water imported from outside,
- ✧ Conduct meter readings every two-week (if possible) or at least every month,
- ✧ If meter reading is not possible at some locations, such as water transfer points from Makorot which is handled by WBWD, or from private wells, then calculate monthly quantity from the official invoices,
- ✧ If any meter is found to be not working in any month, make estimate from similar period in previous years when the meter was working,
- ✧ When the reading dates on the WBWD bills are not exactly for one month, make adjustment for the month (calculate daily average for the duration and multiply it by the number of days in the month). It is also explained in Section 10.4.
- ✧ Add the quantities from all the sources, this is the monthly system input volume (SIV) for the entire city. As an example, SIVs for Jenin for 2020 are shown in Table 10-1 below.

Table 10-1: Case example of SIV calculation of Jenin for year 2020

S.N.	Source Name	Jan-20	Feb-20	Mar-20	Apr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Aug-20	Sep-20	Oct-20	Nov-20	Dec-20	Total in 2020
		(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /mth)	(m ³ /year)
1	Al Sadeh well	86,615	83,886	64,332	76,973	77,855	75,119	74,988	75,686	70,115	65,381	63,447	75,036	889,432
2	Al Mechanic well	799	13,592	12,249	11,426	12,693	12,614	11,762	11,107	10,192	10,431	10,020	13,034	129,918
3	Balama well	950	800	695	922	903	965	1,250	1,023	0	1,201	993	1,219	10,921
4	Mechanic well (Tanker Meter)	799	796	894	1,018	1,015	656	561	771	548	488	425	336	8,307
5	Farahaty well	42,098	33,321	47,151	47,160	48,236	21,810	20,787	25,885	21,900	11,284	9,270	11,036	339,938
6	Alawneh well	5,515	4,080	8,555	5,741	5,383	6,528	3,069	3,004	3,432	2,662	982	1,554	50,505
7	Jarrar well	15,609	9,811	13,379	12,183	12,615	14,130	11,805	13,549	13,367	13,204	16,978	8,723	155,354
8	Alaa Saadi well	11,013	13,510	14,916	14,608	14,355	11,752	10,972	11,199	10,111	9,797	9,210	9,903	141,346
9	Abu Sameer well	4,158	4,018	5,882	7,264	12,402	13,745	13,879	12,258	11,311	10,965	9,910	9,575	115,365
10	Abu Hatab Well (No.1)	4,158	9,981	11,099	12,061	12,127	11,276	15,547	18,065	18,279	17,976	16,180	15,751	162,500
11	Abu Hatab Well (No. 2)							3,077	5,396	3,928	4,618	4,469	4,196	25,684
12	JSC Meter (temp.)	0	0	27,817	17,905	182	124	0	0	0	0	0	0	46,028
13	Qasrawi Well	0	0	0	0	0	23,206	27,475	25,768	24,780	24,521	18,210	18,817	162,777
14	Turkman Well					0	0	0	25,117	18,918	16,740	17,430	18,476	96,681
15	Ashraf Well						0	0	0	7,850	7,954	3,848	7,540	27,192
16	Sabah Alkhir (Jalameh)	34,253	24,381	16,900	27,000	38,340	32,813	29,241	30,356	27,117	27,267	27,447	25,547	340,661
17	Swetat	52,034	51,258	52,002	60,000	58,398	51,563	60,514	46,580	51,573	54,468	53,609	68,200	660,198
18	Abu Arab (Main)	30,494	29,447	28,923	30,000	26,133	29,040	25,668	25,885	27,900	27,993	26,550	28,148	336,181
	Total input (m³)	288,495	278,881	304,794	324,261	320,636	305,339	310,594	331,648	321,321	306,950	288,978	317,090	3,698,987
	Total (m³/day)	9,306	8,996	9,832	10,460	10,343	9,850	10,019	10,698	10,365	9,902	9,322	10,229	10,134

10.3 Calculating SIV for Individual DMAs

For individual DMAs or sub-DMAs, SIV is calculated from bulk meters installed at the inlet and outlet of DMAs. For some DMAs or sub-DMAs the SIV may need to be calculated from combination of several meter readings, it depends on the configuration of bulk meters. As an example, configuration of DMAs and sub-DMAs in PA1 and the bulk meters involved in calculation of SIV for each of them is given below.

Case example of SIV calculation for sub-areas (sub-DMAs) of PA1

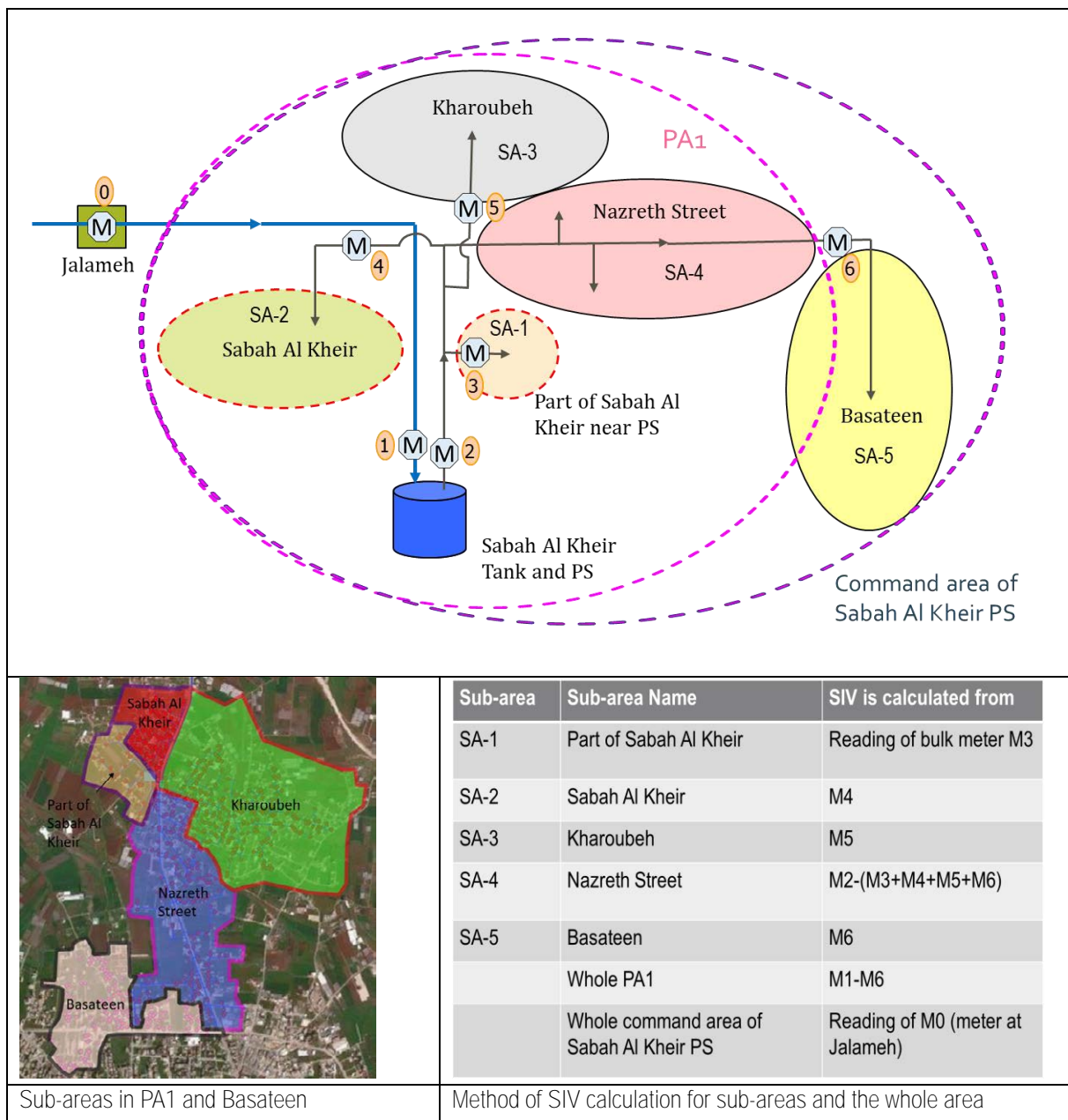


Figure 10-1: Configuration of DMAs and sub-DMAs and calculation method of SIV for each in PA1



Steps for SIV calculations are:

- ✧ Take bulk meter readings on bi-weekly (as far as possible) or monthly basis,
- ✧ Calculate the volume passed through the meter during the interval,
- ✧ If any meter is found to be not working, estimate the quantity from similar period when the meter was working,
- ✧ Calculate SIV for any DMA or sub-DMA by adding all inlet volumes and subtracting outlet volumes (if any) during the same period.

What to do when the meter reading intervals do not exactly match with the number of days in some month(s)?

When the reading intervals are shorter or longer than a month it is necessary to make adjustment (see example below).

- ✧ Calculate number of days between the readings from the reading dates, *i.e.*, column (3) below,
- ✧ Calculate the quantity between the readings by subtracting previous reading from the current reading, *i.e.*, column (4) below,
- ✧ Calculate average quantity per day, *i.e.*, column (5) below,
- ✧ Calculate the quantity in the month by multiplying the average daily volume by the number of days in the month, *i.e.*, column (8) below,

Example of bulk meter reading adjustment to match exactly with the number of days in a month is given in Table 10-2.

Table 10-2: Example of adjustment of bulk meter reading to match with the days in a month

Reading Date	Meter Reading	Interval between readings (days)	Quantity between readings (m ³)	Av. quantity per day (m ³)	Month	Days in month	Quantity in month (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
				= (4)/(3)			= (5)*(7)
2019/3/1	160,189	-	-	-		-	-
2019/4/2	192,057	32	31,868	996	March	31	30,876
2019/5/1	213,682	29	21,625	746	April	30	22,380
2019/6/1	242,132	31	28,450	No need to adjust	May	31	28,450
2019/7/1	272,253	30	30,121	As above	June	30	30,121
2019/8/1	303,634	31	31,381	As above	July	31	31,381

The above example shows that how the readings of March and April, which were taken for 32 and 29 days respectively, were adjusted for to cover the whole of March (31 days) and April (30) days. For other months (*i.e.*, May, June, and July) no adjustment is required as the reading intervals are same as the number of days in those months.

Remote reading of bulk meters

If the bulk meters have flow signal output option and if data loggers are installed, the flow data can be obtained remotely from telemetry system or via web-based services.

Most of the bulk meters installed in DMAs of Jenin pilot areas have flow signal output option and are connected with data loggers. Thus, it is possible to read and download flow data remotely using the web service of data logger provider. As an example, Figure 10-2 shows flow profile and volume at location 2 (outlet of Sabah Al Khir pumping station) for November 2020 (from 1st Nov to 1st Dec. 2020) in Nov 2020 is 23,452.9 m³.



Data logging and remote reading makes SIV calculation work very simple. Two main advantages are that site visit is not required and flow volume can be extracted for any desired period easily. However, reliability of data transfer is still not very good, so it is recommended to check the meters physically every month, take readings manually and cross-check with the volumes recorded by the loggers.

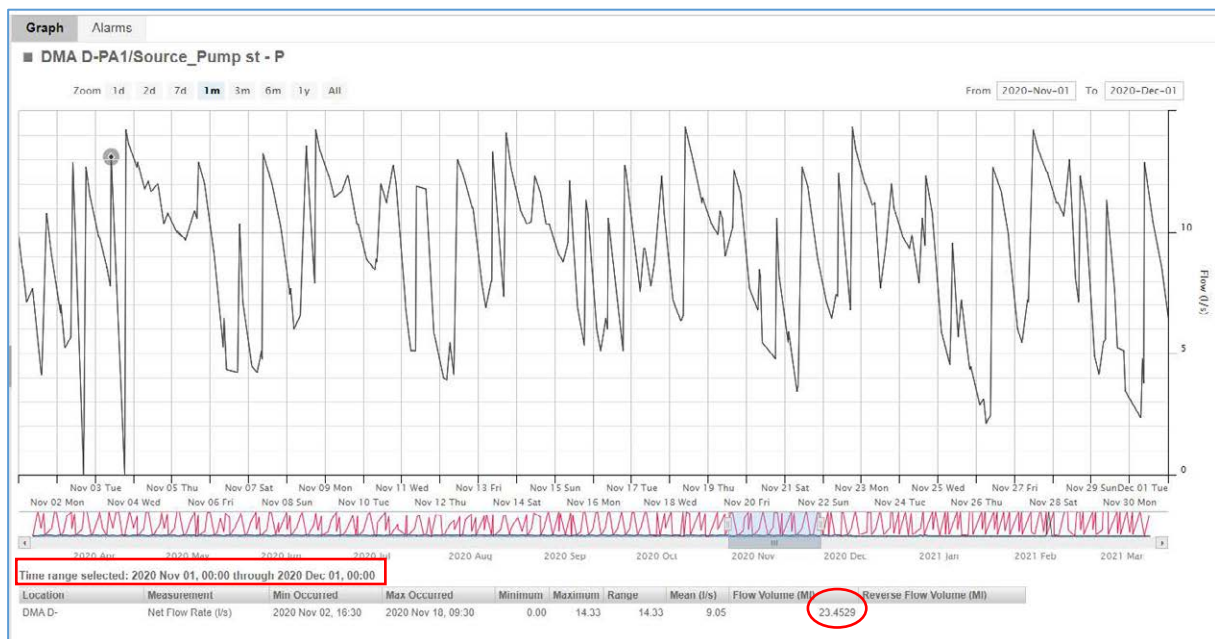


Figure 10-2: Screenshot of data logger at Sabah Al Khir PS

10.4 Calculating Billed Authorized Consumption

- ✧ Collect monthly meter reading data from billing system. Total billed quantity can be extracted directly from most of the billing program. In Jenin AlShamel program is used for billing. From this system, billed consumption can be extracted easily. For further analysis, all consumption and billing data can be extracted from this program in MS Excel format.
- ✧ Make sure the reading dates are there for each reading.

- ✧ Define a unique field which will be used as a key to identify each customer. In case of Jenin Connection ID can be used.
- ✧ Calculate total billed quantity from the data extracted in Excel.
- ✧ Adjust for meter reading lag time.

Adjusting for meter reading lag time (when the reading intervals are not exactly one month)

- ✧ If fixed dates and routes for meter reading is followed in all months, then the interval between all meter readings will be same. But in practice, it seldom happens. Some meters might have been read at shorter interval than one month while other might have taken more than one month. To make calculation of monthly NRW more accurate, it is necessary to match the period of SIV and BAC. For example, if the SIV is for a month of 30 days, the consumption calculated from billing should also be for 30 days. So, the consumption values of each customer should be adjust to make it for exactly 30 days.
 - Say a particular customer’s meter was read on 3rd of December and on 5th of January. And the consumption is 18 m³. To calculate consumption in December, find the average per day consumption and multiply by 31 (the number of days in December). In the above example, the duration between the readings = (31-3)+5= 33 days. Thus, per day consumption = 18/33=0.545 m³. So, consumption in Dec = 0.545*31=16.9 m³.
 - Similarly calculate adjusted consumption for all customers.

A practical example of meter reading time lag adjustment is given below. This reading is for the month of December.

Table 10-3: Example calculation for adjusting meter reading lag time

Cus-tomer-ID	Previous reading date	Current reading date	No. of days between the readings	Previous reading (m ³)	Current reading (m ³)	Consump-tion (m ³)	Consumption ad-justed for 31 days in December (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)=(3)-(2)	(5)	(6)	(7)=(6)-(5)	(8)=(7)/(4)*31
W10001	2018/12/04	2019/01/08	35	1562	1574	12	11
W10002	2018/12/17	2019/01/12	26	2349	2381	32	38
W10010	2018/12/04	2019/01/08	35	900	916	16	14

- Add the adjusted consumptions of all customers to find out the total Billed Metered Consumption.
- If there is any authorized billed unmetered consumption, estimate the quantity for the month. This will be Billed Unmetered Consumption.
- Add the above two to get Billed Authorized Consumption (BAC).

Timely and accurate reading of customer meters is very important!

- ◆ On every reading cycle (monthly in case of Jenin) start reading the meters from almost the same day of the month (i.e., 5th of each month),
- ◆ Follow the same route. This helps keep the reading interval of all meters same in each month. Otherwise, some meters may be read in 25 days while others in 35 days, for example,
- ◆ If any meter cannot be read due to some reason (such as dial not clear due to water vapor, gate closed) note the reason and report to the CSS head,
- ◆ Try reading those meters again (at least one attempt) which you could not read due to closed gates,
- ◆ Check the area surrounding the meter and note if you notice any suspicious illegal connection or meter by-pass,

10.5 Finding Accuracy of Customer Meters

Customer meters are tested to find out the Apparent Loss caused by their inaccuracies. The meters can be tested without removing from site (in-situ test) by portable test systems or they can be removed and tested in a standard test bench.

- ◇ It is not possible to test all meters, so some samples should be selected.
- ◇ The more the number of samples the more accurate will be the result. But that needs more resources and time. If only a few samples are tested, the result may not be representative. So, the number of samples should be reasonable (statistically significant). About 5-10% of total numbers is reasonable.
- ◇ The samples should be representative; distributed from all area, age, type, and water volume passed (throughput). One method for this will be to create GIS grid of required numbers and select one sample from each grid.
- ◇ After the initial screening, check and make sure that the samples include meters of various ages (can be roughly judged from cumulative readings in the meter), brands and sizes.
- ◇ Conduct the tests as follows:

Testing at standard meter test bench
<ul style="list-style-type: none"> ◇ note the reading in the meter, ◇ disconnect the meter, ◇ install a replacement meter in place of disconnected meter if water supply is to continue, ◇ bring the meter to testing lab and get it tested. Expert technician will test and prepare the result.
Testing at site (in-situ test)
<ul style="list-style-type: none"> ◇ if you have a portable testing system, use this, otherwise you can also make a test

- system by assembling a higher accuracy meter and piping system by yourself,
- ✧ prepare piping system and connectors to connect the test meter in series with the existing meter,
- ✧ at site, close the valve in front of the existing meter,
- ✧ install the test meter after the meter (in series to the existing meter),
- ✧ open the valve and wait until the flow becomes stable (no air bubbles in water),
- ✧ close the valve once again,
- ✧ take initial readings of both existing meter and test meter, take the readings to the smallest unit possible,
- ✧ open the valve and let water pass for about 7~10 minutes,
- ✧ close the valve,
- ✧ take second readings of both existing and test meter,
- ✧ calculate the consumption by both meters,
- ✧ compare the consumption shown by existing meter with the test meter,
- ✧ and finally calculate the error of existing meter by the following formula

for example;

Initial reading of test meter: 1245.234 m³

Initial reading of existing meter: 50.392 m³

Final reading of test meter: 1245.295 m³

Final reading of existing meter: 50.450 m³

Therefore,

Volume shown by test meter = 1245.295-1245.234 = 0.061 m³

Volume shown by existing meter = 50.450-50.392 = 0.058 m³

Error of existing meter = $\frac{(\text{Vol. by existing meter} - \text{Vol. by test meter})}{\text{Vol. by test meter}} \times 100\%$

$$= \frac{(0.058 - 0.061)}{0.061} \times 100 = -4.9\%$$

If the error is negative, i.e., if the consumption shown by existing meter is less than shown by test meter, it is called 'under registration'.

- ✧ After completing the test of all meters, take average of error to calculate overall error of existing customer meters.

The following photos show different stages of the test:



The following is the result of meter error test conducted in PA1.

Table 10-4: Result of customer meter accuracy test in PA 1

S.N.	Volume "V" by Existing meter (m ³)	Volume "R" by Test meter (m ³)	Meter Error = $\frac{(V-R)}{R} \times 100\%$	S.N.	Volume "V" by Existing meter (m ³)	Volume "R" by Test meter (m ³)	Meter Error = $\frac{(V-R)}{R} \times 100\%$
1	0.07285	0.074	-1.55%	36	0.0948	0.10296	-7.93%
2	0.0482	0.047	2.55%	37	0.1062	0.102104	4.01%
3	0.0444	0.045	-1.33%	38	0.0954	0.099888	-4.49%
4	0.0843	0.099	-14.85%	39	0.1031	0.098966	4.18%
5	0.1014	0.114	-11.05%	40	0.1015	0.102508	-0.98%
6	0.0833	0.068	22.50%	41	0.1011	0.10024	0.86%

The Project for Improvement of Water Service Management in Jenin Municipality

S.N.	Volume "V" by Existing meter (m ³)	Volume "R" by Test me- ter (m ³)	Meter Error = $\frac{(V-R)}{R} \times$ 100%	S.N.	Volume "V" by Existing meter (m ³)	Volume "R" by Test meter (m ³)	Meter Error = $\frac{(V-R)}{R} \times$ 100%
7	0.1008	0.102235	-1.40%	42	0.1013	0.100405	0.89%
8	0.1011	0.102383	-1.25%	43	0.0663	0.067	-1.04%
9	0.0885	0.077	14.94%	44	0.0999	0.099647	0.25%
10	0.1394	0.139502	-0.07%	45	0.0989	0.10217	-3.20%
11	0.2675	0.25189	6.20%	46	0.094	0.09962	-5.64%
12	0.127	0.125	1.60%	47	0.0745	0.101357	-26.50%
13	0.1043	0.104261	0.04%	48	0.0948	0.101711	-6.79%
14	0.1044	0.101	3.37%	49	0.071	0.073	-2.74%
15	0.1014	0.09888	2.55%	50	0.1031	0.100534	2.55%
16	0.0974	0.102153	-4.65%	51	0.0949	0.098504	-3.66%
17	0.1045	0.101125	3.34%	52	0.122	0.137	-10.95%
18	0.1124	0.101497	10.74%	53	0.1076	0.1017	5.80%
19	0.0958	0.097868	-2.11%	54	0.1023	0.103723	-1.37%
20	0.099	0.103532	-4.38%	55	0.0872	0.099568	-12.42%
21	0.0995	0.10001	-0.51%	56	0.1094	0.106426	2.79%
22	0.0873	0.090162	-3.17%	57	0.4438	0.335	32.48%
23	0.1088	0.104116	4.50%	58	0.102	0.100169	1.83%
24	0.1045	0.107284	-2.59%	59	0.1034	0.103092	0.30%
25	0.0995	0.100352	-0.85%	60	0.062	0.072	-13.89%
26	0.0782	0.080971	-3.42%	61	0.0173	0.018	-3.89%
27	0.0934	0.100675	-7.23%	62	0.1019	0.100747	1.14%
28	0.0503	0.052641	-4.45%	63	0.1052	0.099945	5.26%
29	0.1018	0.099342	2.47%	64	0.0812	0.072	12.78%
30	0.0977	0.100125	-2.42%	65	0.0922	0.100743	-8.48%
31	0.1014	0.100664	0.73%	66	0.0894	0.100914	-11.41%
32	0.1039	0.104944	-0.99%	67	0.0485	0.050229	-3.44%
33	0.1027	0.104056	-1.30%	68	0.107	0.103052	3.83%
34	0.0979	0.097192	0.73%	69	0.0994	0.101376	-1.95%
35	0.0968	0.097492	-0.71%	70	0.1069	0.10328	3.51%
Overall error (average of all)							-0.61%

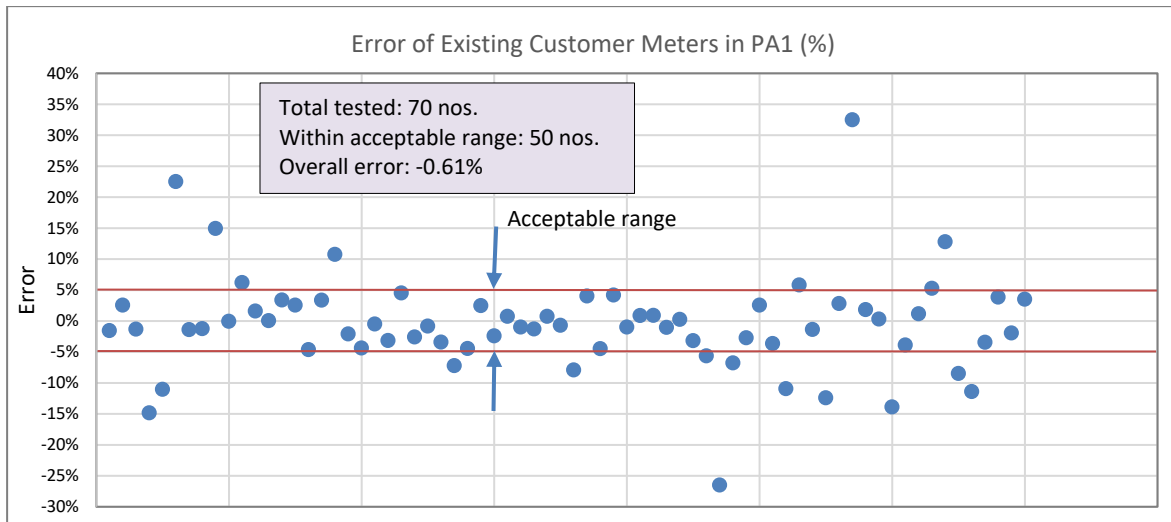


Figure 10-3: Result of existing customer meters accuracy test

For detailed process of testing and recording, please refer to Annex 1- Quick Reference Manual for On-site Accuracy Test of Existing Domestic Meters.

10.6 Finding ‘Unbilled Authorized Consumption’

Unbilled authorized consumption is the quantity of water consumed by institutions which are authorized to use water for free. In case of Jenin there are no such institutions in general. But potential consumers include:

- ✧ Firefighting services
- ✧ Religious institutions (Mosques, Churches etc.)

If there are any, most likely the consumption is unmetered. So, it is necessary to make estimate of the consumption.

10.7 Calculating Water Losses

Water Losses is calculated from the following formula:

$$\boxed{\text{Water Losses}} = \boxed{NRW} - \boxed{\text{Unbilled Authorized Consumption}}$$

Generally, the Unbilled Authorized Consumption is very small. If that is negligible, then the Water Losses becomes equal to NRW.

10.8 Splitting Water Losses into Real and Apparent Losses

There are two general approaches for splitting water losses into Apparent Losses and Real Losses; top-down and bottom-up approaches. In the top-down approach Apparent Losses are estimated first and Real Losses are calculated as the difference between Water Losses

and Apparent Losses. In the bottom-up approach, Real Losses are estimated based on the measured minimum night flows and Night-Day Factor and Apparent Losses are calculated as the difference between Water Losses and Real Losses. When it is possible to use both methods, it is possible to check if the calculations are consistent or not.

10.8.1 Steps of top-down approach

The followings are the main steps of top-down approach:

Step 1: Estimate the system input volume.

Step 2: Estimate the billed metered consumption and billed unmetered consumption. Enter the appropriate totals in authorised consumption and revenue water.

Step 3: Calculate the volume of non-revenue water as the system input volume minus revenue water.

Step 4: Estimate unbilled metered consumption and unbilled unmetered consumption. Enter their sum in unbilled authorised consumption.

Step 5: Add billed authorised consumption and unbilled authorised consumption to give authorised consumption.

Step 6: Calculate water losses as the difference between system input volume and authorised consumption.

Step 7: Assess components of unauthorised consumption and metering inaccuracies and add these to get Apparent losses.

Step 8: Calculate Real losses as water losses minus Apparent losses.

10.8.2 Bottom-up approach

In the top-down approach, the Real Losses are calculated by subtracting Apparent losses from Water Losses (Step 8 above) but in bottom-up approach the Real Losses are first calculated from minimum night flow analysis and the Apparent Losses are calculated by subtracting these from Water Losses. Thus the bottom-up approach is possible only in areas of continuous supply or where it is possible to saturate customer demands by supplying continuously for at least 72 hours. Method of estimating Real Losses from MNF analysis is given in Annex 2.

10.9 Measure MNF, Pressures, and Estimate Leakage Level

10.9.1 Measuring MNF

Minimum night flow is used to estimate leakage. MNF can be conveniently measured in areas of continuous (24/7) supply. But in areas of intermittent supply MNF can only be measured after saturating customers' demand. Since many customers in areas of intermittent supply areas own large ground and roof-top tanks it takes time to fill all these. Until such tanks are filled, water will keep flowing even at nighttime, so the MNF is becomes less reliable as an indicator of leakage. It generally requires continuous supply of 24-48 hrs to fill such tanks. Thus, for MNF measurement at least 72 hrs continuous supply should be assured.

10.9.2 Measure pressure

Pressure should also be measured during the MNF measurement. This is required to adjust leakage rate. The pressure should be measured at the inlet point where the flow is measured and at the average zonal point (AZP). The AZP represents a location where the pressure will be equal to the average of the zone. AZP can be calculated from hydraulic model if available, or from contour map together with customer locations. This is explained in Annex 2. Alternately, pressure can be measured at multiple locations; high, middle, and low altitude points, which together represent average elevation of the area.

10.9.3 Estimate leakage from MNF and pressure

This is explained in Annex 2.

11 PLANNING AND IMPLEMENTING NRW COUNTERMEASURES

11.1 Leak Detection

Leakage is often the major source of NRW in intermittent supply system. How to detect leaks is explained in a separate chapter of this manual.

11.2 Leak Repair

Timely repairing of leaks with good quality material and workmanship (speed and quality of repair) is important to reduce NRW. This is explained in detail in a separate chapter of this manual.

11.3 Implement Measure Against Utility Tank Overflow

- ✧ Check and confirm that the float (altitude control) valves on all storage/service reservoirs are working,
- ✧ Repair/replace any defective float (altitude control) valve as soon as possible,
- ✧ Do not take the end of the overflow pipe of any reservoir to a drain or ditch. It makes difficult to notice any overflow. Instead keep the end of the pipe at an easily visible place so that any overflow will be easily noticed.

11.4 Illegal Connection Detection and Rectification

Illegal connections/ water use is another major source of NRW in many countries. Key points to be considered for this are described in Section 17.3.

11.5 Detecting and Replacing Faulty Customer Meters

The main method of detecting faulty customer meters is by analyzing monthly consumption pattern. If some customers show unusually low or zero consumption in any month, meters of such customers should be checked. As described before, checking can be done onsite with portable test bench or at meter workshop (refer to section 11.7 for more detail).

11.6 Install Meters on Unmetered Connection

Unmetered connections are not common in Jenin, only a few connections were found without meters during the survey in PA1. There is a possibility of water wastage from unmetered connections. Install/ ask the customers to install water meters in such connections as soon as possible.

11.7 Check Accuracy of Production Meters and Replace Defective Meters

Accuracy of production meters should be checked periodically, preferably on half-yearly or yearly basis.

Any error in measurement of produced water or system input volume (SIV) results in inaccurate NRW ratio.

In case of Jenin, JM buys majority of its supply from private suppliers (well owners) and external sources through West Bank Water Department (WBWD). Thus, accuracy of bulk meters is important not only to get accurate NRW values but also to prevent wrong payment to the suppliers.

11.7.1 Methods of checking

1) Testing at a test bench

This needs a test bench capable of testing bulk meters and substitute meters to replace the meters during testing. In this method, the meters are removed, substitute meters are installed, and the removed meter is tested at the test bench. Once the test is completed, depending on the test result, the same meter or a new meter is installed back. JM currently does not have any test bench for bulk meters. So this method is not feasible.

2) In-situ testing

In this method the meters are tested in-situ (at site, without removing) by installing a portable ultrasonic flowmeter in series with the bulk meter in question. This method is simpler but the test result is less accurate than method 1). It is assumed that the measurement by the ultrasonic flowmeter is accurate.

The followings are the main steps of this method:

- (a) Check if suitable pipe section is available to install ultrasonic flowmeter. Refer to the manual of ultrasonic flowmeter for requirement of straight pipe sections both upstream and downstream. Generally, 5d upstream and 3d downstream straight pipe sections are required, where d is the internal diameter of the pipe,
- (b) Install the ultrasonic flowmeter, set the totalizer to zero,
- (c) Take the reading of the bulk meter at the same time when setting zero totalizer,
- (d) Wait for at least 24 hours, the more the test duration the better,
- (e) After the decided test duration, at the same time note the totalized volume in ultrasonic flowmeter and take reading of the bulk meter. Remove the ultrasonic flowmeter.
- (f) Calculate the error of bulk meter by the following formula:

$$Error (\%) = \frac{\text{Volume by bulk meter} - \text{Volume by ultrasonic meter}}{\text{Volume by ultrasonic meter}}$$

11.7.2 Case example

Cost-effectiveness of source meter checking and replacement in Jenin

The source meters of private wells were checked by portable ultrasonic flowmeter as a part of regular NRW management activity. Five of the eight private well meters were found to be defective (have errors beyond the permissible range $\pm 5\%$). Details of this checking is given in Table 11-1 and Table 11-2. Cost-benefit analysis was made considering replacement of the defective meters with mechanical meters. Its result is presented in the following section and Table 11-3.

Table 11-1: Detail of source meters checked

ID	Starting date	Measurement duration (hrs)	Quantity recorded in 24-hr period		Measurement Error of the Source Meter (%)	Size of bulk meter (mm)	Remarks
			Well's bulk meter	UFM			
1	20-May-21	24	817.00	795.44	2.7%	75	Error acceptable
2	20-May-21	48	428.00	296.50	44.4%	75	
3	02-Jun-21	24	405.00	390.05	3.8%	50	Error acceptable
4	14-Jun-21	24	818.00	779.40	5.0%	75	Error acceptable
5	14-Jun-21	24	678.00	607.80	11.5%	150	
6	21-Jun-21	48	505.50	362.50	39.4%	75	
7	26-Jul-21	24	592.00	640.52	-7.6%	75	
8	18-Aug-21	96	53.25	168.25	-68.4%	100	

Aggregate error of five meters whose errors are beyond the acceptable range is summarized in Table 11-2.

Table 11-2: Aggregate error of five meters having error beyond permissible range

S.N.	Description	Quantity in 24-hr period		Over-reading by existing bulk meters	
		Well's bulk meter	UFM	m ³ /day	%
1	Meters having error more than permissible (not within $\pm 5\%$) (S.N. 2, 5-8)	2,256.8	2,075.6	181.2	8.7%

From the above, the calculated SIV for NRW calculation of whole Jenin is more than actual by 181.2 m³/day.

JM can save the water charge equivalent to the purchase cost of 181.2 m³/day by replacing the 5 defective meters. Even the new meters will have some error but they will likely be both positive and negative and cancel each other. Considering this case, the cost-benefit analysis of testing of 8 and replacing 5 meters by mechanical meters is summarized in Table 11-3 below.

Table 11-3: Cost-benefit analysis of source meter testing and replacement

S.N.	Description	Quantity	Unit	Remarks
1	Benefit			
	Apparent loss reduced	181.20	m ³ /day	Replacing 5 meters only
	Average purchasing price of water	2.10	NIS/m ³	From 2016 annual report
		0.636	USD/m ³	
	Benefit (saving in water charge payment to private wells) =181.2*0.636	115.28	USD/day	
	42,077.20	USD/year		
2	Cost			
	Cost of checking 8 and replacing 5 meters	11,495.00	USD	
3	Cost recovery period	0.273	Year	
		3.28	Months	

The above result shows that source meters are significant part of error in calculation of NRW and by replacing defective meters (meters having errors beyond acceptable range), JM can recover the cost in about three months.

12 LEAKAGE DETECTION

12.1 Introduction

Water leakage from pipeline causes a variety of problems:

- ✧ Wastage of precious water,
- ✧ Risk of contamination of water,
- ✧ Risk of land subsidence and property damage,
- ✧ Inconvenience to motorists and pedestrians, and so on.

Therefore, water leakage survey should be carried out as **preventive measures** to sustain the implementation of appropriate O&M activities and the subsequent improved water supply.

The leakage from water pipeline is categorized into:

- ✧ Surface leakage (also called visible leakage), and
- ✧ Underground leakage.

The surface leakage is usually easy to discover and repair within a short period of time while a series of special survey should be done to discover underground leakage. Underground leakage needs a longer period of time to discover, i.e., it runs for a longer duration than surface leakage, thus water leakage is more by underground leakage.

There are various methods to detect and pin-point leakage. The most common methods applicable to the condition of project site are:

(i) Visual survey for surface leakage, (ii) Acoustic survey for underground leakage, (iii) Step test, and (iv) Stop-cock method.

12.2 Visual Survey for Surface Leakage

Surface leakage needs to be found and repaired first, then only we can move to underground leakage. To find the surface leakage, an elaborated site survey including walking some distance should be conducted.

12.2.1 Preparation for surface leakage survey

- ✧ Understand which area is supplied on which day and time. Such a map has been prepared by this project but the schedule might have been changed. So, confirmation of supply areas according to latest supply schedule is required.
- ✧ Prepare a schedule of survey according to the supply day and time of each area.
- ✧ Print out pipe network map of the planned survey area at a scale of about 1:500~1:1000, or alternately, export the shape file of pipe network in to KML file and transfer into your

mobile device (if you want to avoid paper map and plan to use your mobile device).

- ✧ A team of two persons is recommended.

12.2.2 Method for surface leakage survey

- ✧ The survey method is nothing but careful watching for any sign of leakage on the road surface.
- ✧ Start walking slowly from a corner of the survey area, one person on each side of road, watching carefully if any sign of water leakage appears.
- ✧ If you find some water on the road or damp patch of soil, investigate further. It may be due to various reasons such as discarded washing water by a customer, overflow from roof-top tanks, water from kitchen, and so on.
- ✧ If such possibilities are not found and you suspect it is from a leakage, mark its location on the paper map or your mobile device. Also take GIS coordinates of the location.

12.2.3 Confirmation survey for surface leakage

- ✧ If the suspected leakage could not be confirmed in the first survey, check the location after one or two days of water supply stoppage in the area. Check if the leakage dried up.
- ✧ Recheck during next supply day. Has the leakage reappeared?
- ✧ If the leakage sign reappears, investigate by using sounding equipment.
- ✧ If it is possible to conduct Stop-cock method in that area, conduct it and investigate further.
- ✧ If necessary, excavate around the suspected area.

12.3 Acoustic (Sounding) Survey to Detect Underground Leakage

This system is based on the hearing of sound generated by leaking water. Underground leak detection is a challenging job and needs considerable resources; time, trained manpower, and equipment. The job is even more challenging when the water supply system is intermittent and customers own big underground tanks to store water for non-supply hours because the sound generated by the tank filling can be similar to the sound of a leak.

12.3.1 Preparation for underground leakage survey

- ✧ Understand which area is supplied on which day and time. Such a map has been prepared by this project but the schedule might have been changed. So, confirmation of supply areas according to latest supply schedule is required.
- ✧ It is necessary to know exact location of the pipelines on the ground. Prepare a pipe network map which shows accurate location of pipes, valves, and other appurtenances. Additional information of pipe such as pipe material and diameters are helpful.
- ✧ It may be necessary to conduct pipe network confirmation survey beforehand if such map is not available.
- ✧ Prepare survey teams. Each team should have well trained three (3) members in it.

- ✧ When checking water meters through house-to-house visits, a check sheet is needed to record the result. Prepare it in advance.
- ✧ Check and prepare the equipment. Check batteries, charge equipment beforehand if necessary.

Pipe network confirmation survey

- ✧ Refer to the main NRW Reduction Manual for detail,
 - ✧ In this survey, exact location of pipe on the ground is identified by using pipe locating tools. Location of the pipe is then recorded in GIS by taking coordinates by a high precision GPS machine.
 - ✧ The Jenin water and wastewater department owns metal pipe locator and high precision GPS machine as well as the skilled manpower to operate them.
 - ✧ Pipe network information in Jenin is reasonably accurate for pipes within the pilot areas and new DMAs implemented by JM because pipe network confirmation survey has been conducted there.
-
-

12.3.2 Procedure for underground leakage survey

There are two steps for underground leakage survey:

Step (1): Area-Wise Approach

In this step it is necessary to listen to all exposed metal parts (valves, fire hydrants and water meters) within a defined area by using listening sticks and then specify the pipes with real /pseudo leakage sound. As a typical example practiced in August 2018 in Jenin, domestic water meters and correspondingly connected distribution pipes were checked by using listening sticks. This survey is to be conducted during daytime for safety reason. The key steps in this approach are:

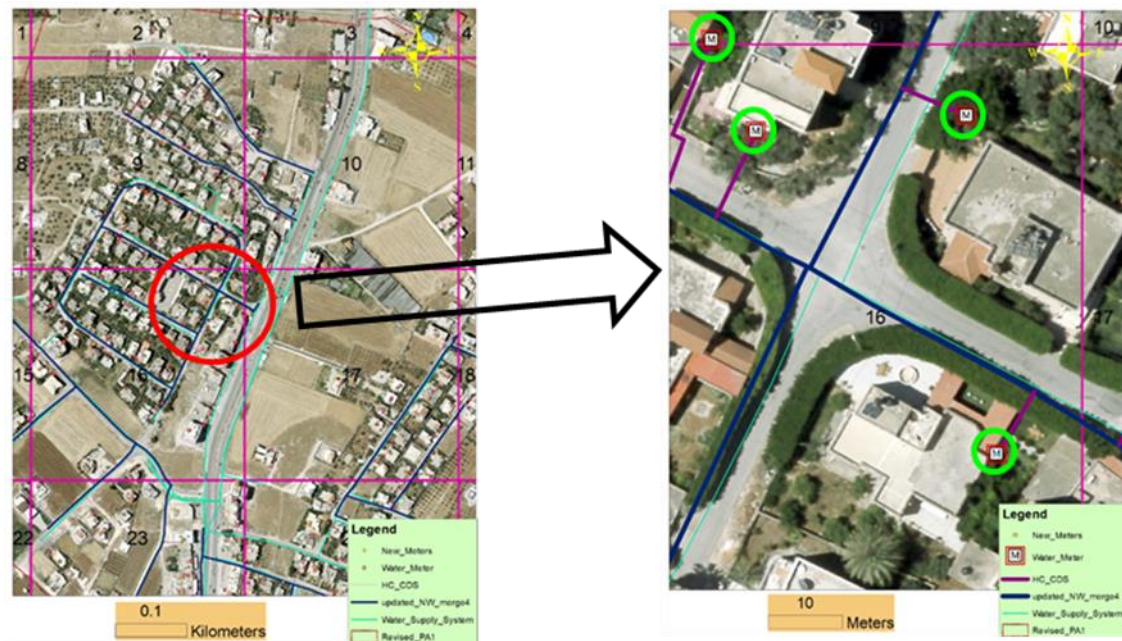


Figure 12-1: Selected area for survey (left) and zoomed in map of the area

- ❖ Select a grid or an area in the map,
- ❖ Prepare zoomed-in map (scale 1:500-1:1000),
- ❖ Listen to any exposed part of pipe, fittings, hydrants, meters, valves etc,
- ❖ Record the location on the map and fill up the check sheet if any suspicious sound is found,
- ❖ Continue the process until the whole area is covered.





Figure 12-2: Showing the activities under Step (1) 'Area-Wise Approach'

Step (2): Line-Wise Approach

When a suspected leak sound is found during Step (1) 'Area-Wise Approach', the leak detection survey should continue along the connected distribution pipelines by using ground microphone.

The red line on the right map shows the alignment of distribution pipeline with high possibility of leakage along the pipe and its house connections, according to the result of Step (1) 'Area-Wise Approach' conducted during daytime. In Step (2), a road hearing survey should be conducted along this pipeline using ground microphone during night time when external noise is less.



The sound of pseudo leakage is easily confused with the real leakage sound, since both have the same frequency band. Thus, it is necessary to tell the difference between them through practices.



Figure 12-3: Line-Wise Survey Using Ground Microphone

12.3.3 Precaution against external sound interference (Pseudo Sound)

There is a need to wait before starting the survey because when the water-feed has just begun, there tends to be many noises caused by the running water.

The surveyors record all the detected sound as possible /probable leakage sound while executing leakage survey. The detected sound may include pseudo leakage sound, which is similar to the leakage sound and is a critical obstacle during the survey. In order to differentiate the real from the pseudo leakage sounds, it is necessary to obtain many years of site experience.

Typical examples that may be confused with leakage sound are as follows.

a) Turbulent flow sound inside pipe

When the water passes flow-regulating devices such as gate valves, pressure reducing valves and reducers, it generates vibration-like sound of which frequency is like the leakage sound and which is hard to differentiate especially when the distance is far. When the gate valve is not opened fully, the sound of turbulent water is so similar to the leakage sound. So, at the location where gate valves or other flow-regulating devices are installed, it is necessary to conduct the leakage survey when the valves are fully closed or opened.

b) Circuit sound such as electric power cables

Electric current flow generates low frequency sound of 300 Hz or more by electric discharge vibration, from underground cables, transformers on utility poles, streetlights etc.

c) Sound from filling of customer tanks

Sound from filling of customers' water tanks is similar to the leakage sound.

d) Stream sound in drainage

The stream sound in drainage including the fall sound in the manhole is similar to leakage sound and thus hard to differentiate.

e) Sound of running vehicles

The running sound of cars is transitory and easy to distinguish because the volume changes irregularly. However, the friction sound of the tire with the road surface is easily confused with the leakage sound.

f) Noise of wind

Sound of low velocity wind is different from that of leakage but when the velocity of wind increases the sound becomes similar to that of leakage and it becomes difficult to distinguish between the sound of wind and leakage.

g) Town noise

In urbanized area, various sounds such as from air-conditioning equipment and running cars are mixed together, which is similar to the leakage sound.

13 STEP-TESTING AND STOP-COCK METHODS

Flow step-testing is a method to identify areas of potentially high leakage / unauthorized water use within a DMA or area of a distribution system by sequentially closing and opening sectional valves within the area. In this method, sections of network are closed by valves one-by-one (in steps) while monitoring inflow to the area at the same time. If closing some sections (blocks) results in a disproportionately higher drop in inflow, that indicates a potential high leakage / unauthorized water use in that block. Flow step-testing method can be helpful to identify areas of higher leakage when it is difficult to do intensive sounding surveys due to various reasons. For smaller areas stop-cock method gives more accurate and reliable result. Outline of these methods with practical examples of their application in the Pilot Area is given in this section of the manual/guideline.

13.1 Step-Testing

The principle of the flow step-testing is to divide an area into several blocks by internal valves, monitor inflow to the area by a meter, systematically reduce the size of the area by closing valves on the inlets to each block (isolating the block) one-by-one while monitoring the flow rate going into the whole area through the meter. A large drop in flow rate when a valve to particular block is closed (isolated) indicates higher leak in that block.

The step-testing gives more reliable result if:

- ◆ the supply system is a continuous (24×7) system,
- ◆ the testing is done during minimum night flow (MNF) time (often between 01.00 a.m. and 04.00 a.m.), and
- ◆ supply to known big customers is temporarily closed or their meters are monitored during the testing time.

In case of intermittent system the test should be done after the area is supplied long enough to satisfy the demand of customers and the customer tanks are filled. Even then the test gives only some idea of higher water loss but it does not give any definite result because it is likely that some customers might have still been filling tanks or using water during the test period.

13.1.1 Basic requirements for flow step-testing

- (1) The configuration of distribution system should be such that by closing a valve (or valves) it should be possible to completely isolate a particular section of the network,
- (2) The distribution system should have enough number of valves or it should be possible to install a few new valves to isolate sections of the network,
- (3) It should be possible to measure inflow to the planned test area by means of an existing bulk meter or by installing portable ultrasonic flowmeter,

- (4) The size of the individual steps depends on the size of the area, configuration of pipe network, and availability of isolation valves. In an area of about 500 connections a step size of approximately 50 connections is preferable. It is advisable not to have more than 10 steps.

13.1.2 Methods of step-testing

There are two main methods of step-testing; 1) Isolation method, and 2) Close and open method.

(1) Isolation Method

This method involves the successive closing of valves starting from the furthest point from the meter resulting in gradual reduction in the area being supplied by the meter. The sequence of closing valves is progressively carried out working back to the meter where the flow should drop to zero. Under this method the entire DMA is de-pressurized for some time and this can cause back-siphonage or the risk of infiltration of ground water in pipe network. The example given in 1.2 below uses this method.

(2) Close and Open Method

This method involves closing valves to isolate each individual step and once the reduction of flow has been recorded the valves are reopened. This method does avoid parts of the system being without water for a longer period of time but it requires waiting time after each step till the flow is stabilized. Otherwise, the reduction in flow rate from some steps can be compensated by additional flow from recharging of previous steps, thus making interpretation of result more difficult.

13.1.3 Overall procedure of step-testing

Overall methodology of step-testing by isolation method is explained below. Refer to Figure 13-1 for the map.

(A) In case of continuous (24×7) supply

- (1) Plan to conduct the test during MNF time (between 01.00 a.m. and 04.00 a.m.). Make sure the area is completely hydraulically isolated from adjoining areas,
- (2) Check and confirm that all the internal valves are fully open,
- (3) Start recording/logging flow from the bulk meter. This process should continue until the end of the testing period,
- (4) Close valve 1, note the exact time of closing, wait for a few minutes,
- (5) Close valve 2, note the exact time of closing, wait for a few minutes,
- (6) Close valve 3, note the exact time of closing, wait for a few minutes, and finally

- (7) Close valve 4, note the exact time of closing. The flow rate should now be zero. If not, there is some problem between the meter and valve 4, so investigate,
- (8) Open the valves in reverse order, i.e., open valve 4, then 3, 2, and 1. Note time of opening of each valve. After opening each valve, wait for a few minutes until the flow rate stabilizes,
- (9) Download flow data from the logger. Plot a graph of time versus flow rate. Mark the time of closing and opening of each valve. Calculate reduction in flow rate when the valve of each block is closed. The block which resulted in the highest reduction in flow rate is suspected to have the highest leakage.

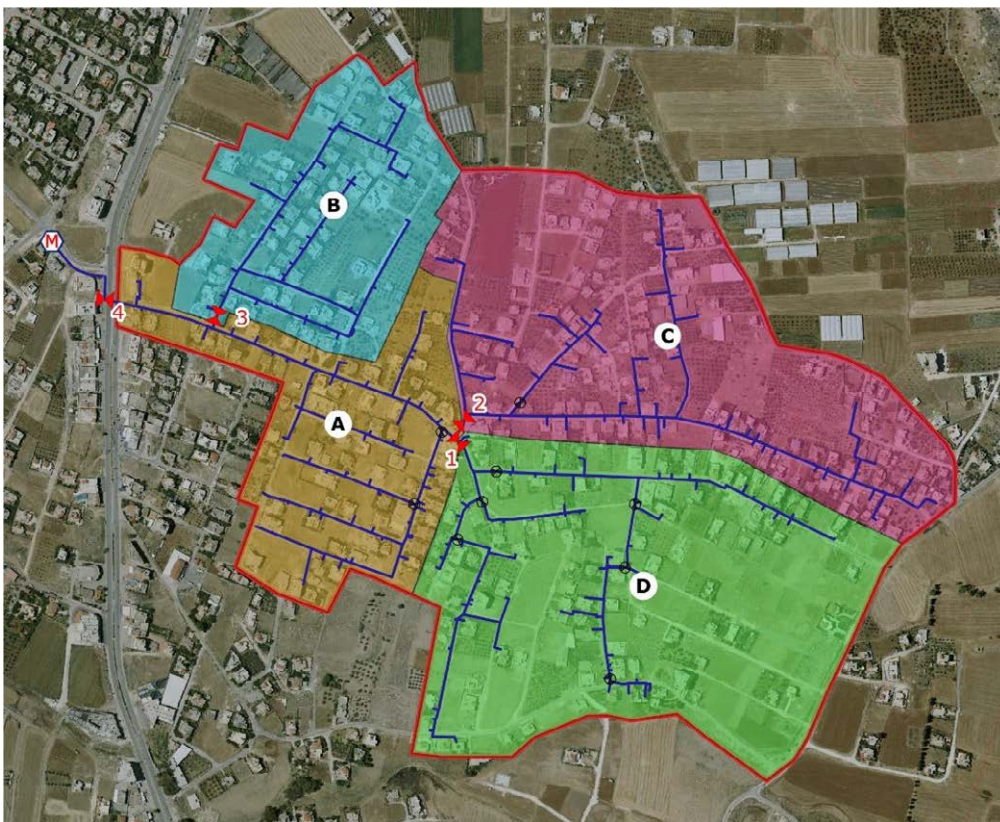


Figure 13-1: Flow step-testing blocks

(B) Case of intermittent supply

- (1) Testing time can be any time when the customers' demand is satisfied and their tanks are filled,
- (2) Check and confirm that all the internal valves are fully open,
- (3) Confirm that water passing through the meter is going only in this area, not in any other area outside it. Start recording/logging flow from the bulk meter. This process should continue until the end of the testing period,
- (4) Close valve 1, note the time of closing, wait for a few minutes,

- (5) Close valve 2, note the time of closing, wait for a few minutes,
- (6) Close valve 3, note the time of closing, wait for a few minutes, and finally
- (7) Close valve 4 note the time of closing. The flow rate should now be zero. If not, there is some problem between the meter and valve 4, so investigate,
- (8) Open the valves in reverse order, i.e., open valve 4, then 3, 2, and 1. Note time of opening of each valve. After opening each valve, wait for a few minutes until the flow rate stabilizes,
- (9) Download flow data from the logger. Plot a graph of time versus flow rate. Mark the time of closing and opening of each valve. Calculate reduction in flow rate when the valve of each block is closed,
- (10) Calculate the percentage of flow rate reduction for each block when this block is closed,
- (11) Find the number of connections in each block from GIS or customer record. Calculate the percentage of connections in each block,
- (12) Compare percentage of connections in each block to the percentage of flow reduction by closing that block. Any block which has disproportionately larger flow reduction indicates that block has bigger leakage problem.

13.1.4 Detail procedure of step-testing

- (1) Identify potential step testing blocks within the planned step-testing area,
- (2) Prepare a map indicating blocks and valves needed to hydraulically isolate each block,
- (3) Confirm working condition of existing valves, install new valves if required,
- (4) Find out the number of total connections, non-domestic customers, special need customers such as hospital etc in each block,
- (5) Prepare for flow measurement; if there is no suitable DMA meter, prepare space for installing portable ultrasonic flowmeter,
- (6) Conduct the test,
- (7) Plot the time versus inflow rate graph, calculate reduction in inflow rate after closing each block,

In case of intermittent supply system continue to (8) and (9).

- (8) Compare the percentage of connections to the percentage of inflow rate in each block,
- (9) Identify the blocks where the inflow rate is disproportionately higher compared with the percentage of connections.

Explanation

- (1) Identifying potential step testing areas

Number of steps should be decided depending on the configuration of pipe network, size of each step, and whether valves already exist or need to be installed new. Figure 13-1 shows an area which has branched pipe configuration. If medium size steps are preferred this area can be divided into 4 steps. It is possible to divide this area into more than 4 steps also the steps will become smaller and will take much longer time to do the test.

(2) Preparing map indicating blocks and valves needed to hydraulically isolate each block
Update pipe network map including valves. GIS map with the latest basemap will be easier to use than paper-based map. Find out the valves required to isolate the blocks. Check if existing valves can be used or new valves should be installed.

(3) Confirming working condition of existing valves, installing new valves if required,
Check if the proposed existing valves are operational, i.e., if they can be fully closed and open. If not, replace them with new operational valves. Install new valves where required.

(4) Finding out the number of connections in each block

This is easier done if customers are mapped in GIS. Count the number of customer connections in each block. Calculate the percentage of connections in each block. Roughly, the flow going into each block should be in the proportion of the number of connections. If any customer who has non-domestic water use (such as industry) exists in any block, estimate the water requirement of such customers and add it to their block. For the example of Figure 1, the number and percentage of connections are as shown in Table 13-1.

Table 13-1: Number of connections in each block

Step	Block No.	Number of connections	Percentage of connections (%)
1	D	73	25.1
2	C	69	23.7
3	B	57	19.6
4	A	92	31.6
Total		291	100.0

(5) Preparing for flow monitoring

If there is a permanent flowmeter installed upstream of the test area and if it is possible to supply only the test area by closing all other branches during the test, then this flowmeter can be used. If the meter is not available or other branches cannot be closed during the test, then a temporary flow measurement system should be adopted. This can be a temporary installation of any type of meter or use of portable clamp on ultrasonic flowmeter. In the above example, there exists an electromagnetic flowmeter upstream and it is possible to close supply to all other branches, so the existing flowmeter can be used.

(6) Conducting the test

If the supply is continuous (24×7) conduct the test during minimum night flow time which is generally during 1:00~4:00 a.m. If the supply is intermittent, wait until customer demands are satisfied (customer tanks filled) and then start the test. Extension of supply time may also be necessary sometimes. For the method of test, refer to Section 1.3 above. Record the flowrate using data logger at logging interval of about 1 minute from the beginning to completion of the test.

(7) Plotting the graph and calculating percentage reduction in inflow to each block
Download flow data from the logger if it is logged. Plot time versus flow rate for the duration of test. An example of such plot is shown in Figure 13-2.

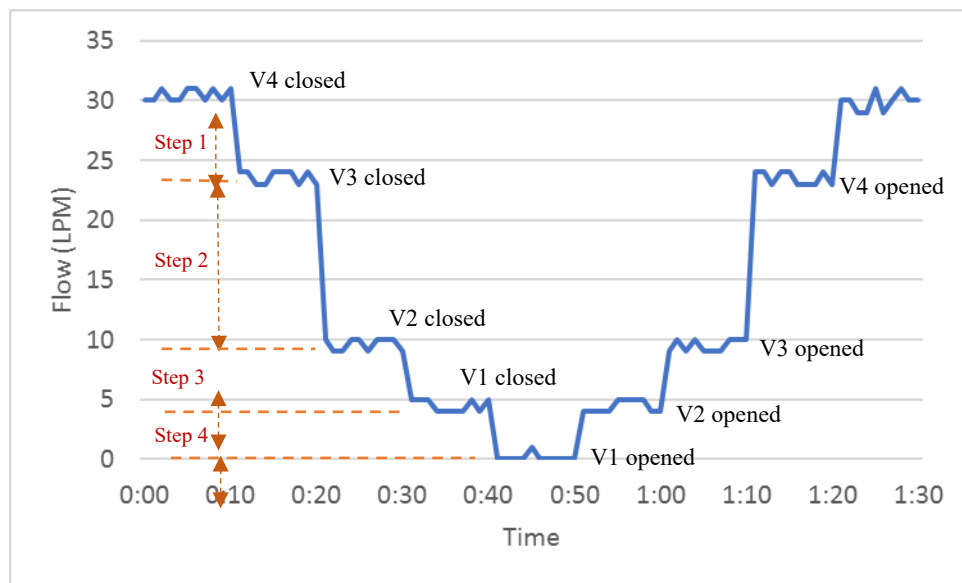


Figure 13-2: Example plot of Time versus Inflow for Step-testing

Reduction in flow rate after closing of each block can be calculated as shown in Table 13-2.

Table 13-2: Example calculation showing reduction in flow rate after closing each block

Step	Block No.	Flow rate before closing (LPM)	Flow rate after closing (LPM)	Reduction in flow rate (LPM)	Reduction in flow rate %	Remarks
1	D	30	23	7	23	
2	C	23	9.5	13.5	45	Disproportionately high flow, likely high leakage / illegal use
3	B	9.5	4.5	5	17	
4	A	4.5	0	4.5	15	
Total		30	0			

(LPM: Liters per minute)

The flow measurement time is around mid-night, so it would reflect MNF if the area had a continuous (24×7) supply system. In that case block C could have been said straight forward to have the highest leakage / illegal use because closing this block resulted into the highest drop in inflow rate.

(8) Comparing the percentage of connections to the percentage of inflow rate in each block

If the area is not a continuous supply area there is more possibility that the customer demands are still not satisfied and some customer's tanks might have been filling during the step-test period. In such a case comparison of customer number and inflow percentage in each block gives more reliable result.

The customer data of Table 1 and flow data of Table 13-2 can be combined and compared as shown in Table 13-3. The block C has about 24% customers but 45% inflow. Thus this block likely suffers from the highest leakage / illegal use.

Table 13-3: Example comparison of customer number and flow reduction

Step	Block No.	Percentage of connections (%)	Reduced flow rate %	Remarks
1	D	25.1	23	Almost similar
2	C	23.7	45	Disproportionately high flow, likely high leakage / illegal use
3	B	19.6	17	Comparable
4	A	31.6	15	Inflow percentage is lower. Less likely to have leakage / illegal uses
Total		100.0		

13.2 Stop-Cock Method

As its name implies, principle of this method is simple; close all the customer taps at the customer meter and see if any water is flowing into the area. The inflow water when all known customer taps are closed is either leakage or illegal use.

This method gives more reliable result compared to step-testing but is more labor-intensive because it requires closing of all customer taps. This method is thus suitable only for smaller areas where the customer meters are easily accessible and pipe network structure is such that it is possible to monitor water inflow to the area by an existing or temporarily installed flow meter.

13.2.1 Basic requirements for stop-cock method

The main requirements for this method are:

(1) All the customer meters should be easily accessible to the water utility staff,

- (2) Each customer connection should have a stop-cock or it should be possible to install stop-cocks in front of customer meters without much problem, and
- (3) It should be possible to measure inflow to the planned test area by means of an existing bulk meter or by installing a temporary flowmeter.

13.2.2 Procedure of stop-cock method

- (1) Inform the customers in the test area about the purpose and timing of test,
- (2) Prepare a detailed map showing pipe network and customer meter locations,
- (3) Check and confirm availability and working condition of stop-cocks at each customer connection. Replace defective ones and install new if some connections are found to be lacking the stop-cocks,
- (4) Check and confirm the condition of bulk meter which is to be used for the test. If required prepare for installing temporary flowmeter / portable meter,
- (5) Conduct the test, and
- (6) Analyze the result.

Explanation

(1) Informing the customers

The customers should be taken into confidence by informing about the purpose and planned timing of the test. The test should be planned during such time when it is most likely that customers are at home to open the gates if their meters/taps are inside the gated compound.

(2) Preparing a detailed map

The map should preferably be in GIS format and should show all pipe network down to customer meters. The location of customer meters should be clearly indicated. If possible, pertinent customer information such as names, use type, recent consumption volume etc should also be prepared separately and taken together with the map for reference.

(3) Checking and confirming availability and condition of stop-cocks

As a preparatory step, each customer connection should be checked for availability of stop-cocks and working condition of available stop-cocks. Not-working stop-cocks should be replaced. New stop-cocks should be installed if any connection is found to be without it.

(4) Preparing for inflow measurement

If there exists a bulk meter which can be used exclusively to measure inflow to the test area by closing all other areas, it can be used. In this case, it should be tested and confirmed that no water flows to the areas other than the test area during the test period. This can be checked by closing all the branches after the bulk meter and confirming that the flow rate comes down to zero when the inlet pipe to the test area is closed. If a bulk

meter with such arrangement is not available, then flow measurement can be done by installing a temporary flow meter (or portable ultrasonic flow meter) near the inlet point of the test area.

(5) Conducting the test

The test procedure is as below:

- 1) start recording/logging flow at the bulk meter / temporary / portable flow meter,
- 2) close the stop-cocks of each connection inside the test area. Some connections might have been already closed by the customers. Note such connections if found. Note the time after completion of closing all the connections,
- 3) wait for a few minutes and note the flow rate. If there is no leakage or illegal water use at that time, the flow rate should be zero,
- 4) open the stop-cocks which were open before the start of the test. Leave the stop-cock closed if they were found to be closed before the start of the test.

(6) Analyzing the result

Download the logged flow data. Plot a graph of time versus flow rate. If the flow rate does not come to zero after closing all the stop-cocks, consider further dividing the area into smaller parts and conducting the test in each part separately to narrow down the search for leak or illegal water use.

Example layout of area and result of the stop-cock test method are shown below.



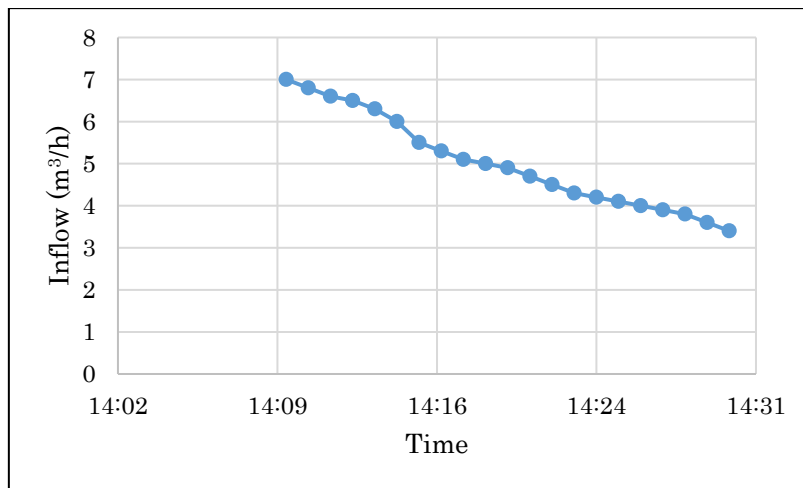


Figure 13-3: Example layout of area tested by stop-cock method (above) and result

In the above example, the pipe network and customer meter location map is prepared in GIS. Inflow to the test block is monitored through a temporary or portable flow meter M. All the After starting to record the flow at around 14:00 hrs, the house connections were closed one by one by closing the stop-cocks near the customer meters. The closing process started from the far end of the network and progressed towards the bulk meter.

The time versus inflow rate plot shown below the layout indicated that the inflow rate decreased gradually when the house connections were closed but it did not come down to zero even when all the known connections were closed. It remained at about 3.2 m³/hr. Meaning of this is simple; this area This indicated that there existed a big leakage or illegal connection in this area.

13.3 Case Study of Step-Testing, Stop-Cock Methods and Intensive Survey done in 24-hr Supply Area of PA1

Sub-area 1 of PA1 has continuous (24×7) water supply. NRW measurement of this area showed high NRW ratio (~50% or more) for several months. Surveys conducted for leakage detection and unauthorized connections were not able to find the causes of this high NRW. Thus, the following two methods were applied.

A. Flow Step-Testing

Figure 13-4 shows the location, network layout and valves prepared for the test.

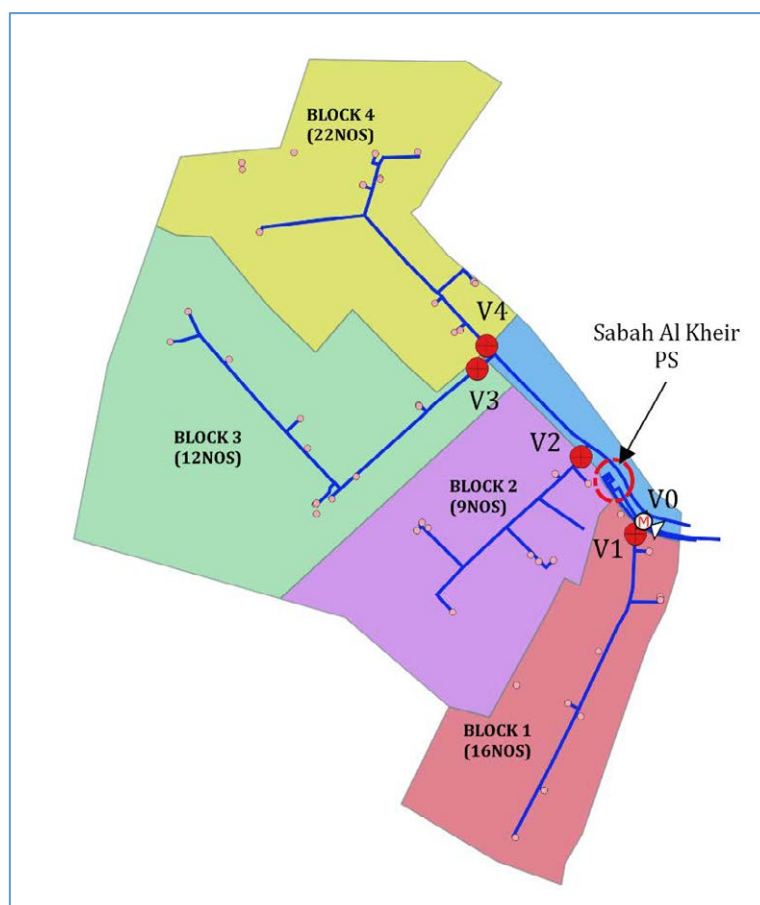


Figure 13-4: Layout of Step-Testing blocks showing valves and customer numbers

The area is supplied through a single 50 mm inlet. The inlet has a permanently installed mechanical flow meter with pulsar connection for data logger, a valve (marked as V0), and a tapping for pressure measurement. There is also portion of exposed pipe where ultrasonic flowmeter could be installed.

Four isolation (step) valves (V1, V2, V3, and V4) were installed at four branches. By closing these valves, the area was divided into four hydraulically isolated blocks, named as Block 1 through Block 4.

Number of customers in each block:

Block	Block 4	Block 3	Block 2	Block 1	Total
No of customers	22	12	9	16	59
Percentage of customers	37.3%	20.3%	15.3%	27.1%	100.0%

(1) Test procedure

The test was done three times: twice in the daytime and once during early morning (minimum night flow time; 03~04 am). Each time the process was:

- ✧ Install portable ultrasonic flowmeter at the inlet pipe and start logging flow data.

✧ Close the valves V4 through V0 sequentially as follows:

Step 1: Close V4 completely, wait until the flow reading becomes stable (2~3 minutes)

Step 2: Close V3 completely, wait until the flow reading becomes stable (~1 minute required in every step)

Step 3: Close V2 completely, wait until the flow reading becomes stable

Step 4: Close V1 completely, wait until the flow reading becomes stable

Inflow became 0 after closing the four valves, so closing V0 was not required.

✧ Now open the valves in reverse order, from V0 through V4:

Step 1: Open V1 completely, wait until the flow reading becomes stable (2~3 minutes required in every step)

Step 2: Open V2 completely, wait until the flow reading becomes stable

Step 3: Open V3 completely, wait until the flow reading becomes stable

Step 4: Open V4 completely, wait until the flow reading becomes stable

(2) Results

Tests were conducted on 23rd and 24th July. The flow values after each step are summarized below.

Table 13-4: Results of step-test in PA1

Date & Time		All open (LPS)	Closing sequence			
			V4 (Block 4) closed	V4 and V3 (Block 4 & 3) closed	V4, V3, & V2 (Block 4, 3, & 2) closed	V4, V3, V2 & V1 (Block 4, 3, 2, & 1) closed
Test 1 23rd July 16:40~17:10	Flow rate (LPS)	1.624	1.521	1.204	0.71	0
	Flow reduction of each block	0	-6.3%	-19.5%	-30.4%	-43.7%
Test 2 24th July 2:18~2:43	Flow rate (LPS)	1.397	1.281	0.996	0.477	0
	Flow reduction of each block	0	-8.3%	-20.4%	-37.2%	-34.1%
Test 3 24th July 3:54~4:15	Flow rate (LPS)	1.332	1.26	0.996	0.475	0
	Flow reduction of each block	0	-5.4%	-19.8%	-39.1%	-35.7%

The flow results for Test 1 and Test 2 are shown graphically below.

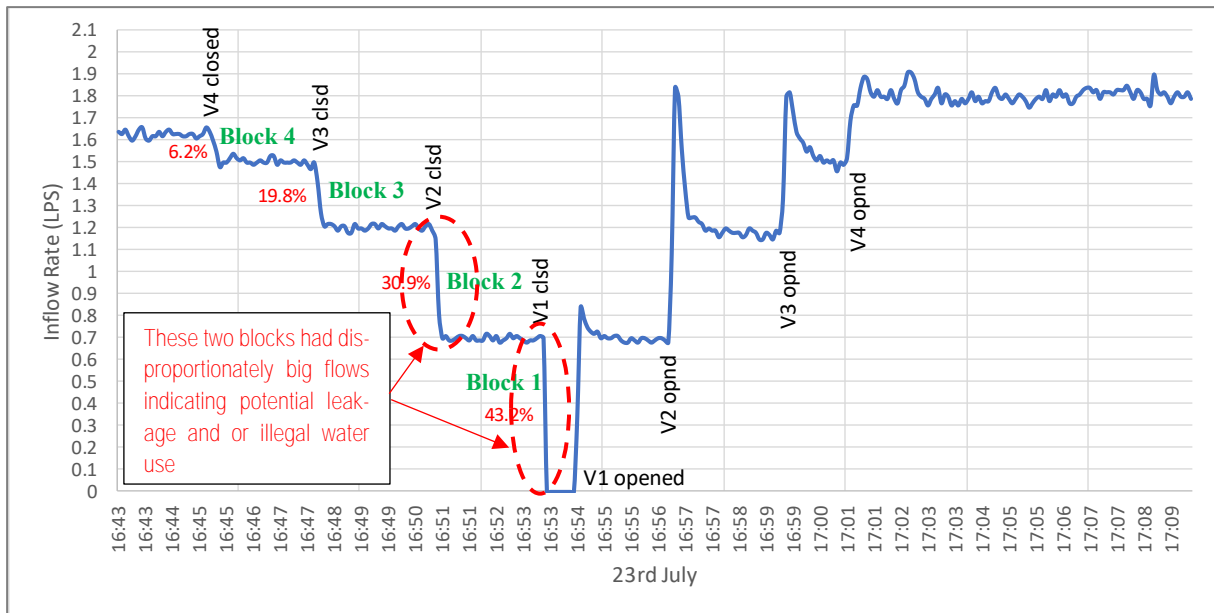


Figure 13-5: Flow profile of Test 1

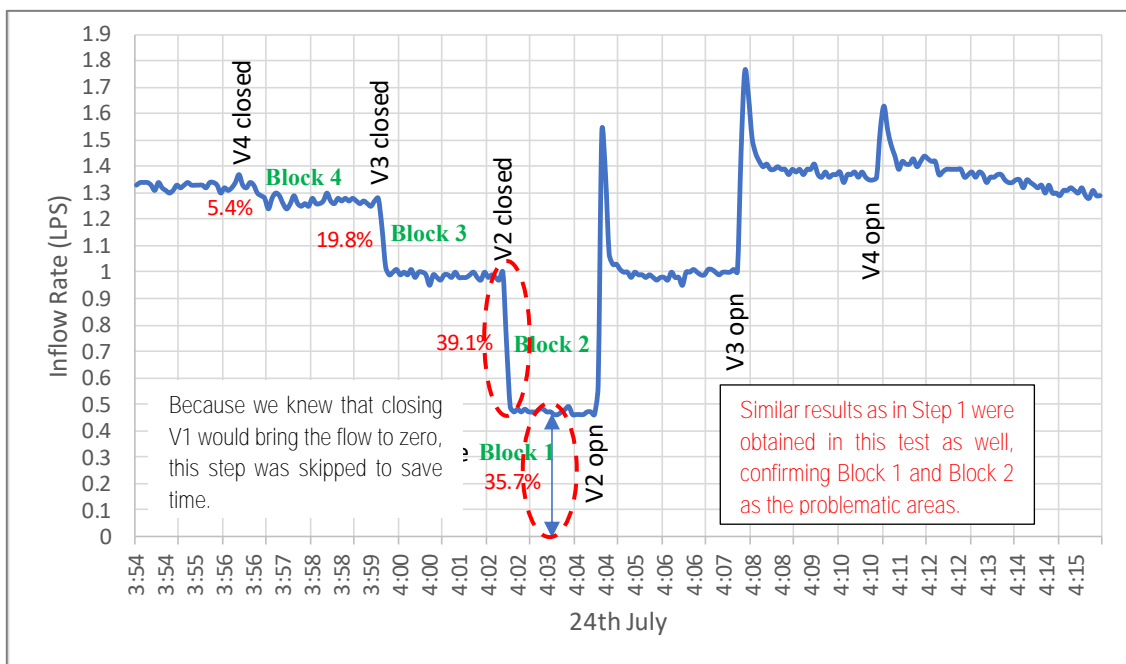


Figure 13-6: Flow profile of Test 2 (conducted during night time)

The above result clearly showed that Block 4 and Block 3 did not have much problem but the remaining two blocks (Block 2 and 1) had problems.

B. Stop-Cock Method

The test was done for Block 1 and 2 as these blocks indicated disproportionately big inflow. The test was done during daytime.

The inflows to the blocks after closing all known consumption are shown below.

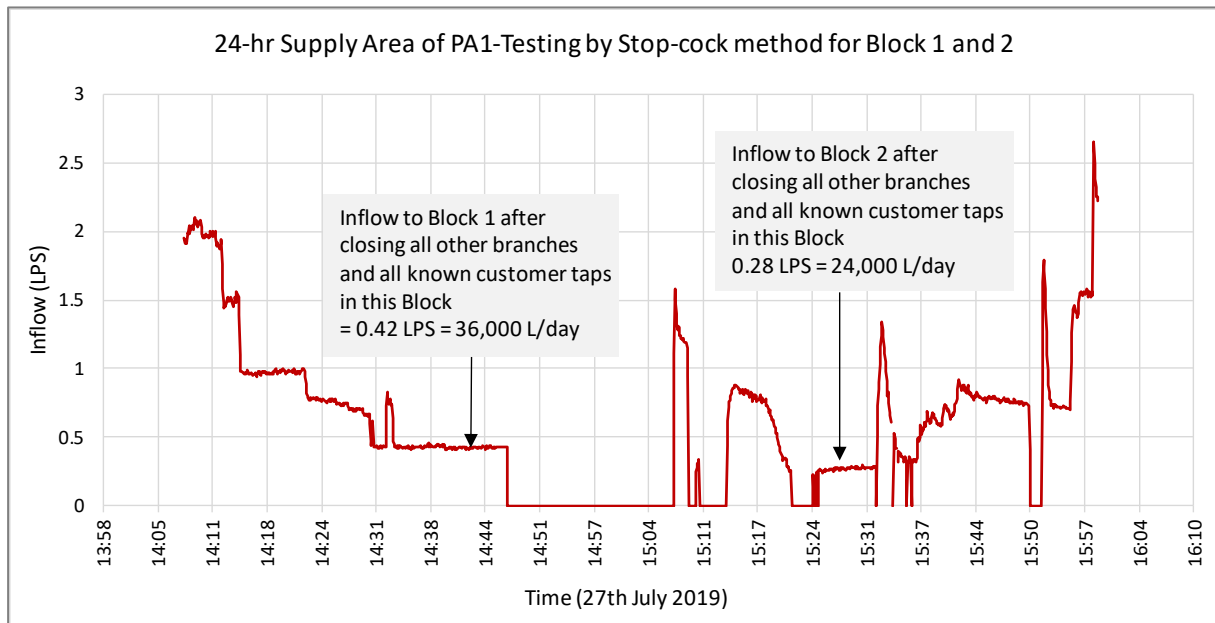


Figure 13-7: Inflow to Sub-area 1 during Stop-cock method survey

The above figure shows that significant quantity of water was flowing into these blocks even after closing all known consumption.

C. Repetition of Flow Step-Testing

The two problematic blocks were intensively surveyed for any possible sign of leakage and illegal water use. A lot of water like a swamp was found outside the compound of one customer in Block 2. He was informed about the possibility of leakage. The water dried down the next day but we were never told about the reason. In Block 1 nothing could be found even after digging several suspected places and inspecting every house for any illegal water use. Repetition of the step-test next month on 5th August 2019 showed that the inflow to Block 2 decreased drastically after that event (Figure 13-8).

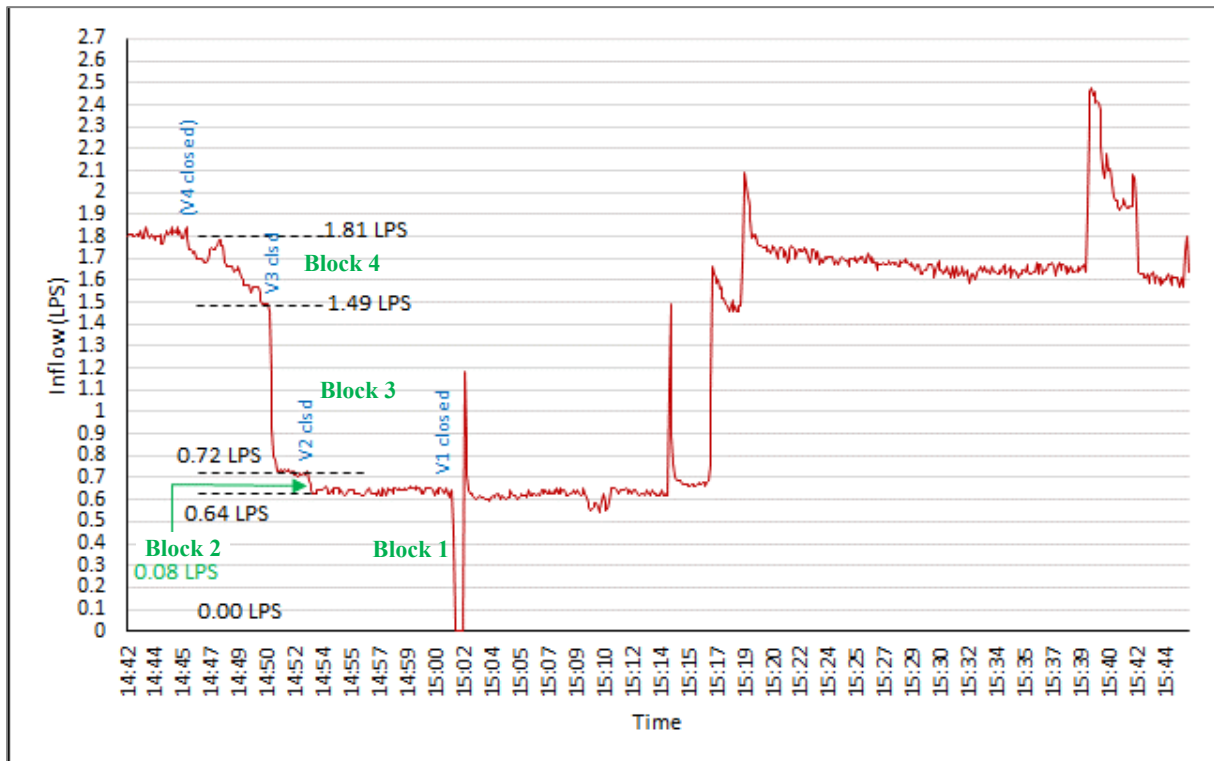


Figure 13-8: Result of flow step-testing on 5th August 2019

In the subsequent months from August to October the monthly water inflow to 24-hr area remained high crossing 3000 m³ per month and resulting in a very high NRW. For example, NRW of this area in June reached 61.5%.

D. Next Stage of Intensive Works (In Nov 2019)

In order to find out the reason for this high inflow and thus high NRW in this Sub-area, intensive surveys were again conducted in November 2019. The survey included:

- repetition of step tests,
- stop-cock method,
- sounding surveys,
- sectioning (sub-stepping) of branch in this block, and
- excavation along the branch pipe.

(1) Repetition of Flow Step-Testing

Flow step-testing was repeated to see if any changes occurred in inflow to each block compared with the results of August. The result (as shown in Figure 13-9) showed that steps 4, 3, and 2 remained almost same as of last time but step 1 increased disproportionately. About 50% water was going into this block (block 1) while it only had 27% of total connections.

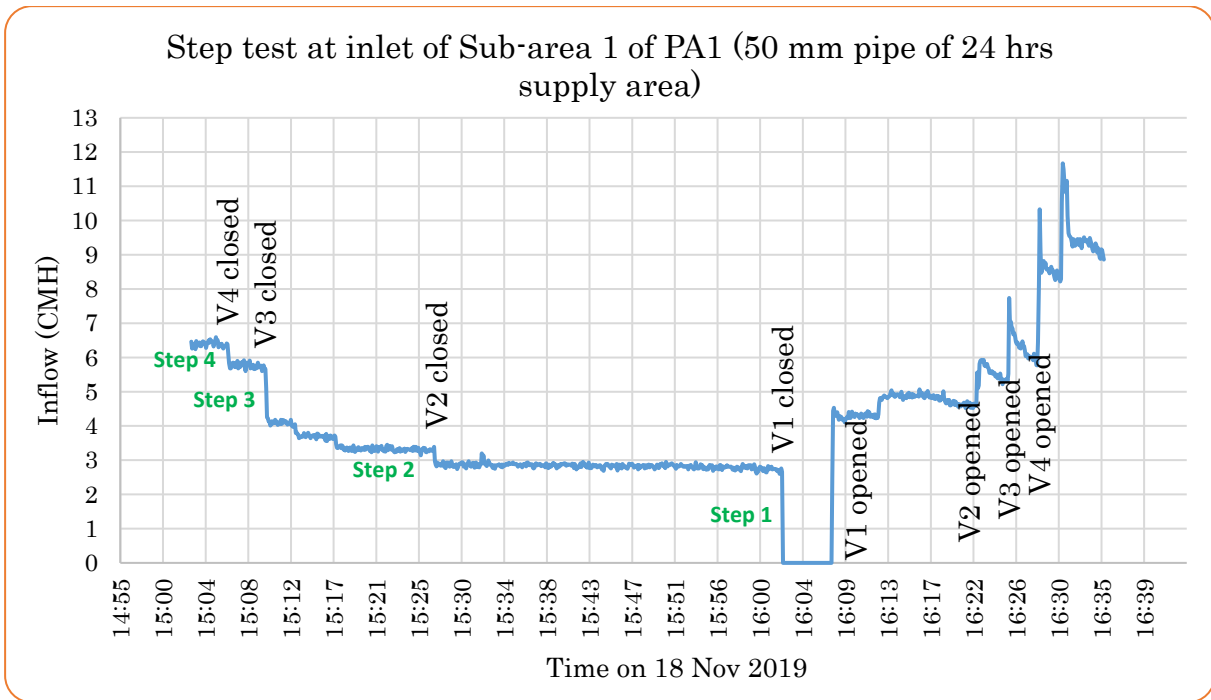


Figure 13-9: Result of flow step-testing on 18th Nov 2019

(2) Repetition of Stop-Cock Method in Block 1

All the three valves (V4, V3, and V2) were closed while leaving V1 open. All known customer meters in block 1 were closed. Even then the inflow to block 1 was found to be about 12 m³/h on 24th Nov, as shown in Figure 13-10. This was a huge flow, going to unknown. This clearly indicated that the main problem lied in block 1. Survey was conducted for visible leakage and unauthorized connection in this block but nothing significant could be found.

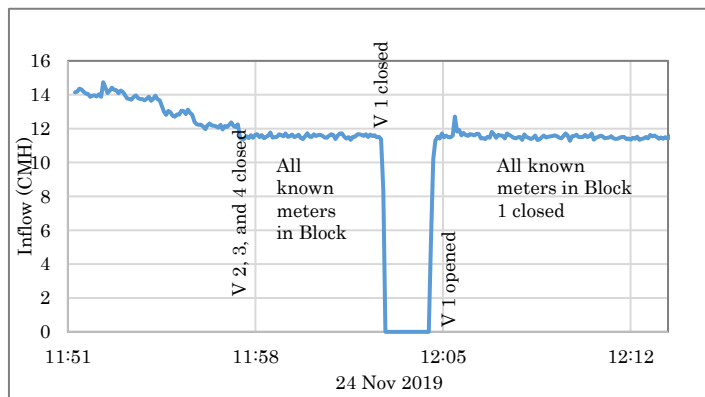
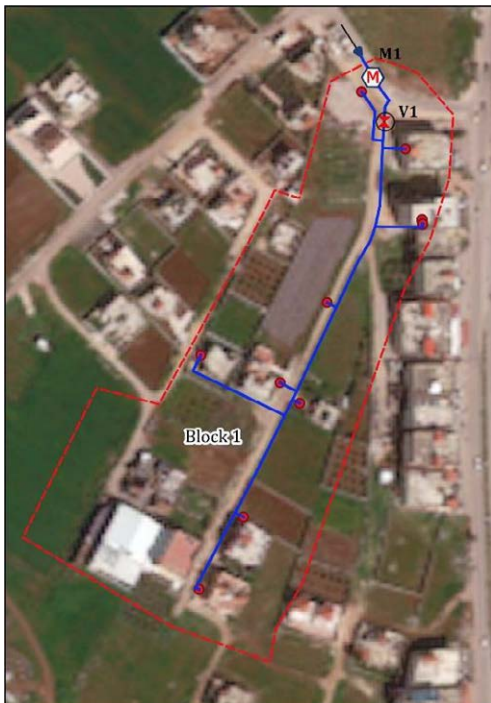


Figure 13-10: Result of stop-cock method in block 1 conducted on 24th Nov 2019

(3) Sounding Survey in Block 1 and Replacement of a Suspected House Connection

Sounding survey by using listening stick and ground microphone was conducted. Loud sound was first heard at the meter near V1-2 shown in Figure 13-11.

Since the house connection was passing through compound wall the connection was modified by discarding the old connection and making a new connection direct to the meter. The sound near the meter disappeared. But inflow to this block did not decrease even after this change.

(4) Dividing the Branch into three Segments to Narrow Down the Problematic Section

To narrow down the problematic area, the branch in block 1 was divided into three sections by installing valves V1-1 and V1-2 as shown in Figure 13-11. These could be considered as sub-steps. All the other 3 branches (V4, 3, and 2) were closed while this branch remained open (V1 open). Then the first sectioning valve V1-1 was closed. Inflow was monitored by the ultrasonic flowmeter installed at the inlet. The inflow remained almost same even when V1-1 was closed. This clearly indicated that the problem lied between V1 and V1-1. There was a big water flow noise in the house connections in this area but no definite indication of water leak or water passage could be found. The sound was particularly loud at the meter of second house connection (marked with yellow outline). This house had a big underground tank and the house was a shop, so not much water was used. Investigation using ground microphone was made around the tank and meter but nothing unusual could be found. Then the next step of excavation was applied.



Figure 13-11: Sectioning of Block 1

(5) Excavation along the Branch Pipe in Block 1

Excavation started from V1 and proceeded forward. First HC was closed, no sound of water flow could be heard. When we reached the second house connection a big sound of water flow was heard. Meter of this HC was closed, no water was entering or leaving the ground tank.

During the excavation, the connection was broken from the tapping point. The tapping was by a tee and the HC pipe was a 25 mm GI pipe in good condition. This tapping was then closed by a plug. As soon as it was plugged the sound disappeared, and the flowmeter

at the inlet showed a perfect zero. The result of step-test immediately after this is shown in Figure 13-12. It proved that the unknown water was passing through this HC.

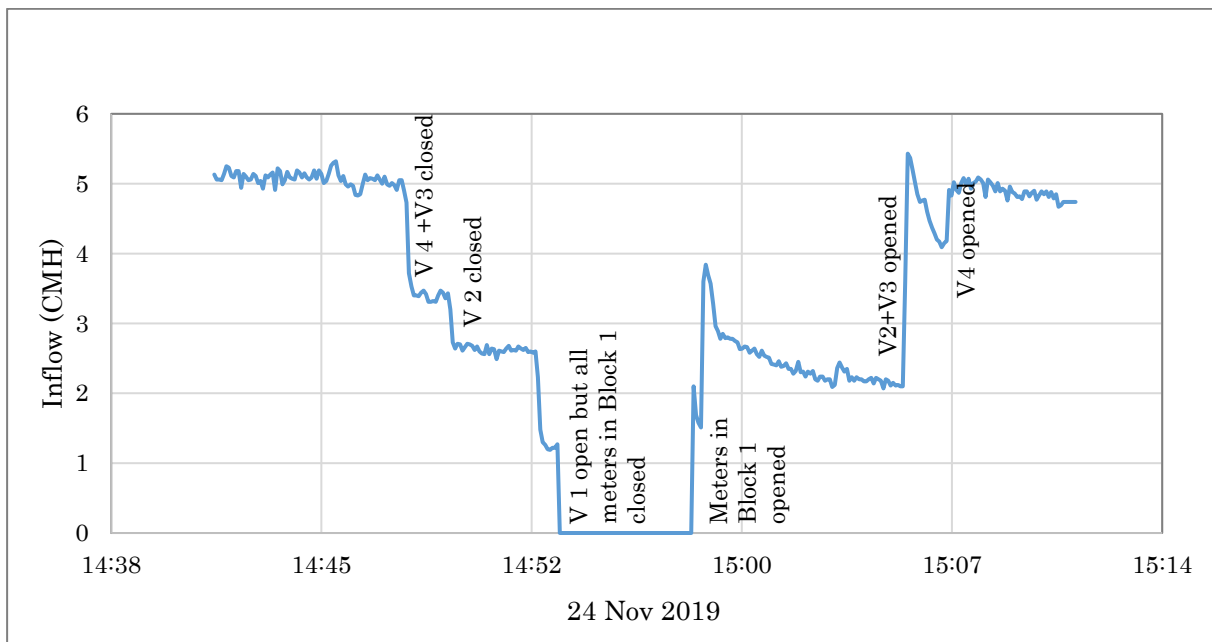


Figure 13-12: Result of step test after finding and closing the problematic house connection on 24th Nov 2019

In the next step the plug was opened and the HC was connected in order to do investigation by sounding. No definite conclusion could be reached by the survey. The HC was then disconnected. It was noted that backflow water kept coming from the HC for more than 40 minutes when it was disconnected. The water coming out from this HC was turbid in the beginning, but it became clear like drinking water after about 5 minutes. From where this water came is still not clear.

There was a suspicion that this line might have been connected with some irrigation line. So excavation was done along this HC until the compound wall of the building. No branching was found. Inside the compound it was not possible to excavate as it was covered by a thick concrete surface and was a private property. When the pipe was pulled from outside, about 12 m long pipe came out but no sign of branch was visible in that section.

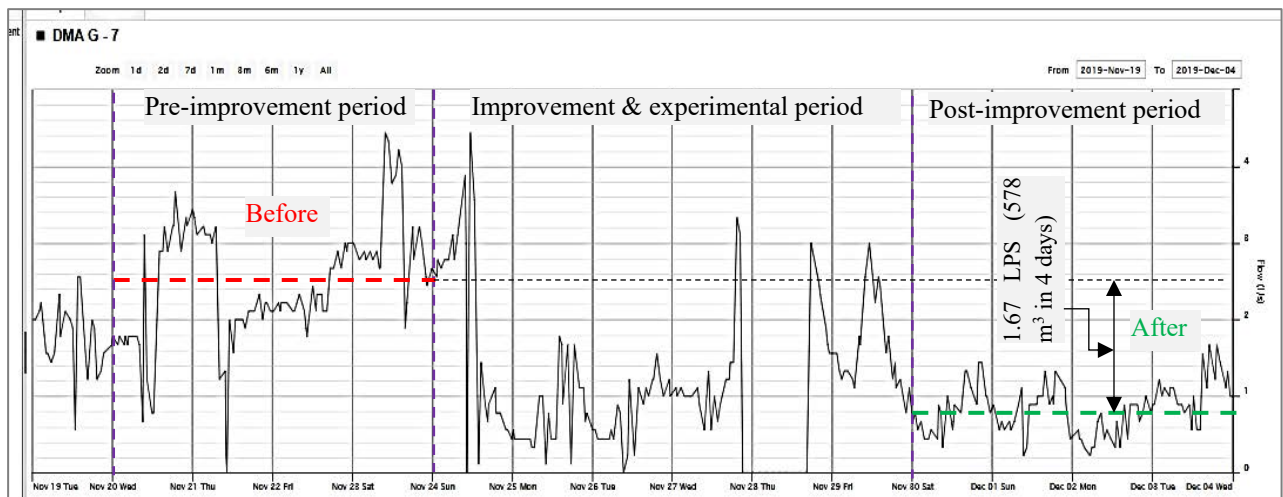


Figure 13-13: Inflow to 24-hr area before and after closing the connection

Average inflow to the 24-hr area decreased after closing this HC as shown in Figure 13. This figure is extracted from the flow profile recorded by data logger installed at the inlet of 24-hr branch. As a result of this work, water saving of about 1,200 to 1,500 m³ per month compared to the months from May to October 2019 was achieved. Before May 2019 the inflow in this area was already lower, in the range of 1,700 to 2,000 m³/month.

To sum up, two big leaks /illegal water uses were found in the 24-hr supply area of PA1 by the intensive survey work including flow step-testing and stop-cock methods and substantial reduction in water loss was achieved.

13.4 Combination of Stop-Cock and Sounding Survey

This method is suitable for smaller areas where it is possible to supply water from only one entry point and isolate the area from the surrounding areas. Then water inflow to the area is monitored at the entry point by means of a temporary flowmeter and all customer taps within the area are closed one-by-one. If there is no leakage or unknown (illegal) connections in the area, the water inflow rate should become zero. Otherwise, it indicates either leakage or unknown (illegal) connections in the area. Then sounding survey can be done at each connection to find out leakage or illegal water use. This method is simple and gives more clear result compared to step-testing but is more labor-intensive because it requires closing of all customer taps.

The followings are the basic requirement to apply this method:

- ✧ It should be possible to hydraulically isolate the test area from adjoining areas except at one entry point and measure inflow to it by means of an existing bulk meter or by installing a temporary flowmeter at that point,
- ✧ All the customer meters should be easily accessible to the water utility staff,
- ✧ Each customer connection should have a stop-cock. If not, it should be possible to install new stop-cocks before the customer meters without much problem.

The method is:

- ✧ Close all known customer connections by closing the valves near customer meters,
- ✧ Check the flowmeter at the entrance to the area,
- ✧ If the inflow becomes zero, the area is perfect, there is no leakage or illegal (unknown) connections,
- ✧ If there is inflow, there must be leakage somewhere and/or illegal (unknown) connections,
- ✧ Survey for the leakage and illegal connections by sounding tools (listening stick and ground microphone).

The following section describes the case study of this applied to a branch of PA1.

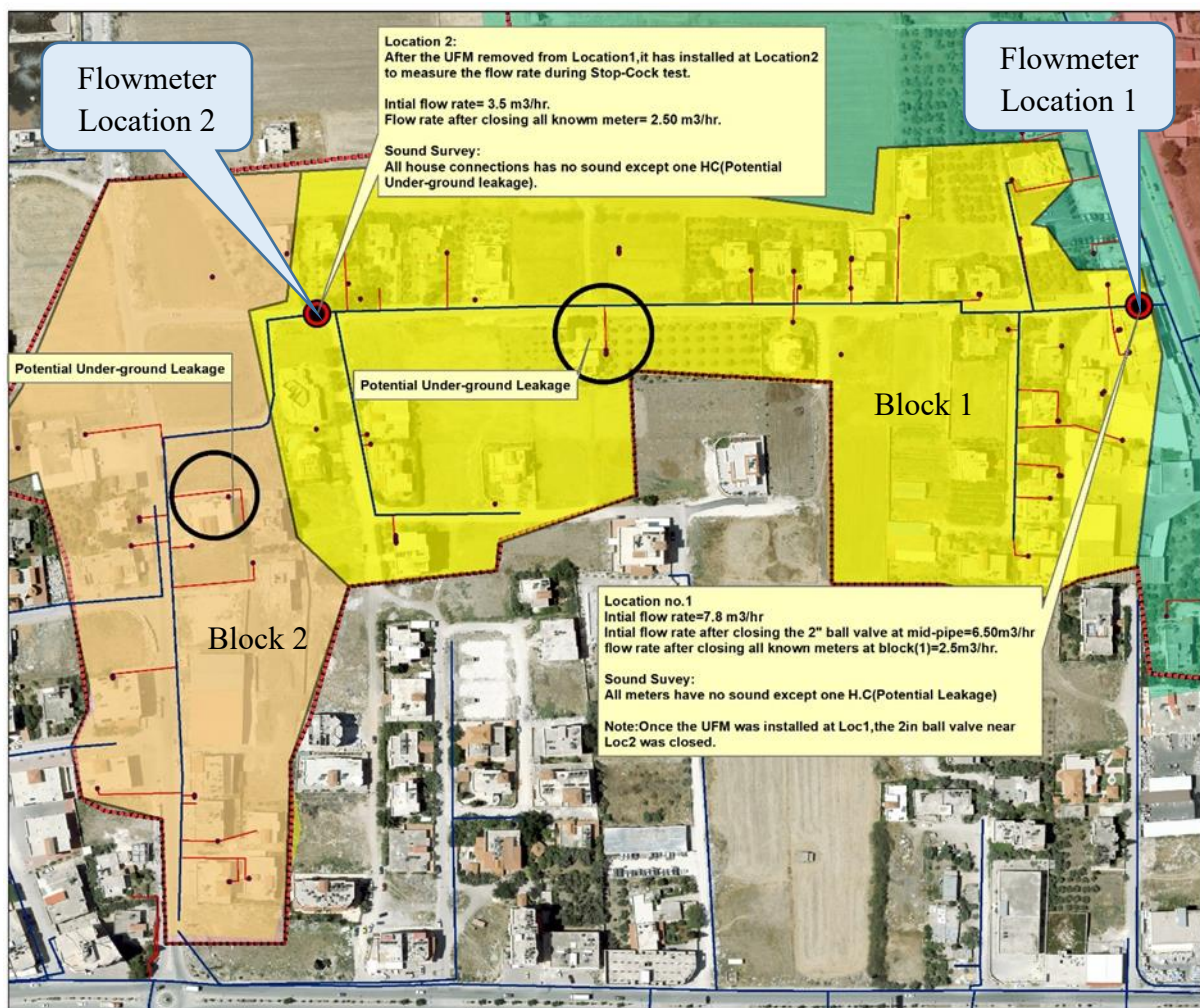


Figure 13-14: Result of stop-cock test and sounding survey conducted in a part of PA1

In the above case:

Block 1

- a) Portable ultrasonic flowmeter installed at Location 1; initial flow rate = 7.8 m³/hr,
- b) Block1 isolated by closing an existing valve at Location 2; flow rate = 6.5 m³/hr

- c) All the house connections in Block 1 were closed manually; the flow rate did not become zero, still 2.5 m³/hr was flowing in,
- d) All the house connections were listened **by listening stick** for any water flow/leak sound,
- e) Potential underground leakage or illegal water use suspected in one connection.

Block 2

- a) The valve at Location 2 was opened and water supplied to Block 2,
- b) UFM was installed at Location 2; initial flow rate = 3.5 m³/hr,
- c) All the house connections in Block 2 were closed manually; the flow rate did not become zero, still 2.5 m³/hr was flowing in,
- d) All the house connections were listened by listening stick for any water flow/leak sound,
- e) Potential underground leakage or illegal water use suspected in one connection,
- f) After excavation, illegal connection was found at the suspected location.

14 PRESSURE MANAGEMENT

High pressure in a distribution system is not good because leakage increases with pressure. On the other hand, if the pressure is too low customers will face problems for securing enough water during limited time of intermittent supply or water will not reach their rooftop tanks. Thus, ideally the water pressure at house connection point should be about 20 m. Practically it is difficult to maintain pressure to the desired exact value, but one should strive to maintain it within a reasonable range. PWA suggested range is 20-60m.

14.1 Pressure-leakage relationship

There is a direct relationship between pressure and leakage rate as shown in the following expression.

$$L_1 = L_0 (P_1 / P_0)^{N_1}$$

Where;

P_0 and L_0 are the initial pressure and leakage rate in the network,

P_1 & L_1 are the values at a changed pressure, and

N_1 is the exponent known as Fixed And Variable Area Discharge (FAVAD) exponent. Value of N_1 depends on the type of pipe (rigid or flexible) and the type of leak (for example, from pin hole, longitudinal crack, joint leak etc). Small background leaks in both metal and plastic pipes are very sensitive to pressure with N_1 being close to 1.5; large detectable leaks in plastic pipes also have N_1 equal to 1.5 or higher; and large detectable leaks in metal pipes have N_1 close to 0.5.

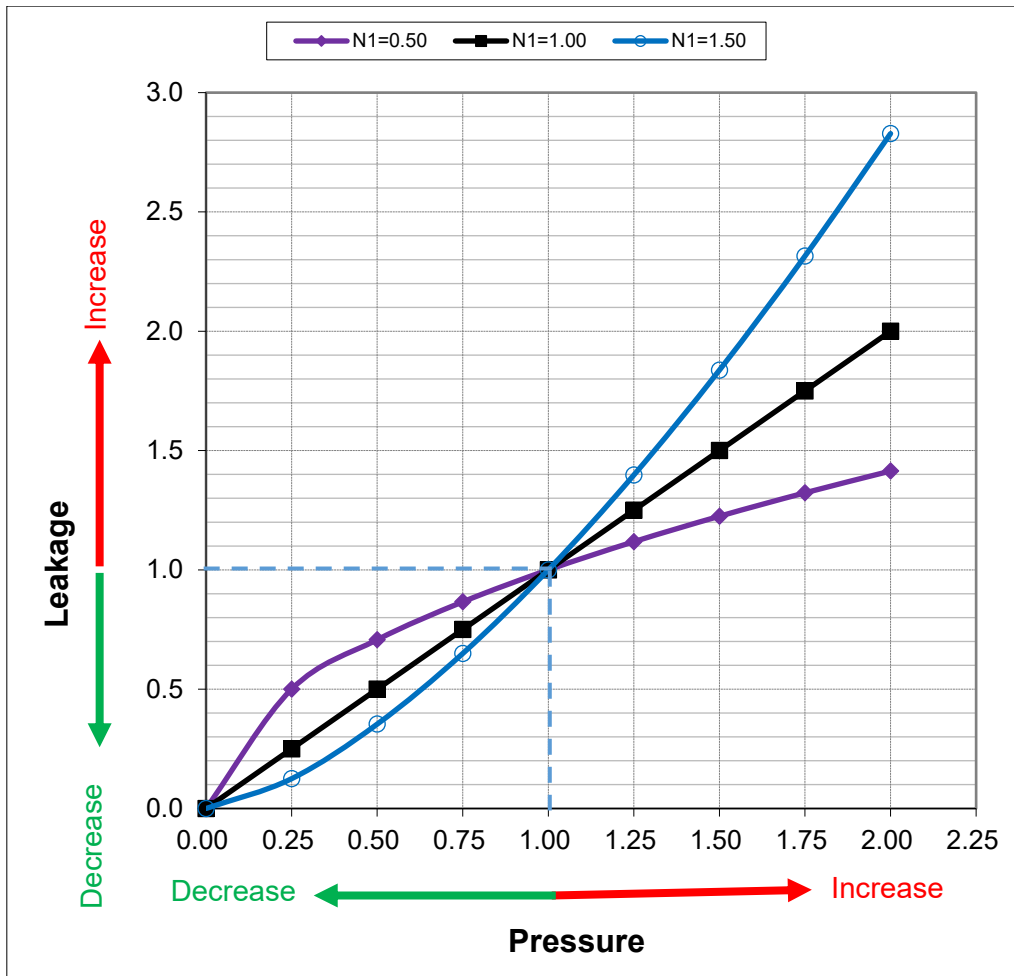


Figure 14-1: Pressure-Leakage Relationship for Various Conditions of N_1

The leakage rate varies more with pressure in non-metallic pipes compared to metallic pipes. Similarly, leakage rate from a longitudinal crack on pipe varies more with pressure than from a pinhole. But for a mixed piping system and leak conditions, a linear relationship is suggested, i.e., if pressure is doubled, leakage rate is doubled and vice versa.

The above figure shows that when pressure increases the leakage rate also increases and vice versa. But the rate of increase or decrease of leakage with pressure depends on the value of N_1 . For $N_1=1$ (black line), when pressure is doubled, the leakage rate also doubles from 1 to 2.

So, it is very important to keep pressure within a reasonable range. Unnecessarily high pressure will increase leakage rate.

14.2 Common Methods of Pressure Management

14.2.1 Zoning

- ✧ Supply areas are separated into zones based on topography.
- ✧ Pressure is controlled at each zone through locating reservoirs at suitable elevation or installing pressure reducing system.

14.2.2 Proper size and number of booster pumps

- ✧ Rather than a single high head pump, multiple smaller head pumps are used so that some pumps can be turned off during low demand time.
- ✧ Variable frequency pumps are used.

14.2.3 Pressure reducing valves

- ✧ Use PRV to reduce excessive pressure.
- ✧ Alternately, break-pressure tank (BPT) can be used if topography is suitable and land is available to construct the BPT.
- ✧ When using PRV, pressure modulation (reducing pressure in such a way that it remains almost constant during all hours of the day) can be applied. This helps further reduce unwanted high pressure during low demand time.

14.2.4 Eliminating bottleneck (too small) pipes

- ✧ Find the pipe sections which cause excessive headloss (for example, unit headloss of 50 m/km or more) by means of hydraulic model.
- ✧ Replace those sections by bigger pipe or install parallel pipes to reduce the unit headloss to a reasonable value.

15 LEAK REPAIR WORKS

15.1 Preparation

- ❖ Prepare schedule – prepare priority list on daily basis. Priority should be given to more critical leak considering various factors such as danger to public property, inconvenience to public, volume of water loss, potential of contamination of water supply, availability of repair material in stock, and so on,
- ❖ Get approval for road excavation if required,
- ❖ Arrange equipment such as backhoe, pipe cutter, welding machine, generator, drain pump etc),
- ❖ Arrange repair team members such as backhoe operator, fitter, welder, security guard etc,
- ❖ Arrange safety measures such as sign posts, barricades, reflectors, torch light etc,
- ❖ Estimate and arrange repair materials such as pipe section, fittings, repair clamps, washers etc.

15.2 Repair Work

- ❖ Start from the highest priority leak,
- ❖ Isolate the pipe section by closing upstream and downstream isolation valves if it is not done yet,
- ❖ Install safety barricades around the place of work,
- ❖ Check and confirm the place of work is safe to start work,
- ❖ Repair the leak by following established procedure,
- ❖ Fill the pipe by opening upstream valve,
- ❖ Confirm no leak appears from or around the repaired part,
- ❖ Take pictures and record GIS coordinates with a GPS or mobile phone,
- ❖ Clean the pipeline by open washout valve downstream of the repair location,
- ❖ Reinstate the road surface temporarily,
- ❖ Clean the work site, remove and take back all safety equipment.

15.3 Reporting and Mapping

- ❖ Record materials used, total time taken for the repair work, crew members involved etc and fill up the 'Leak repair record' form,
- ❖ Update GIS map of leak repair records. As an example, GIS map of leak repairing points for Nov 2019, Dec 2019 and Jan 2020 is given below.



Leak repair by Repair clamp



Leak repair by cutting and inserting a pipe piece using couplings



Repairing metallic pipe by flanged connector in one side and dismantling joint in another

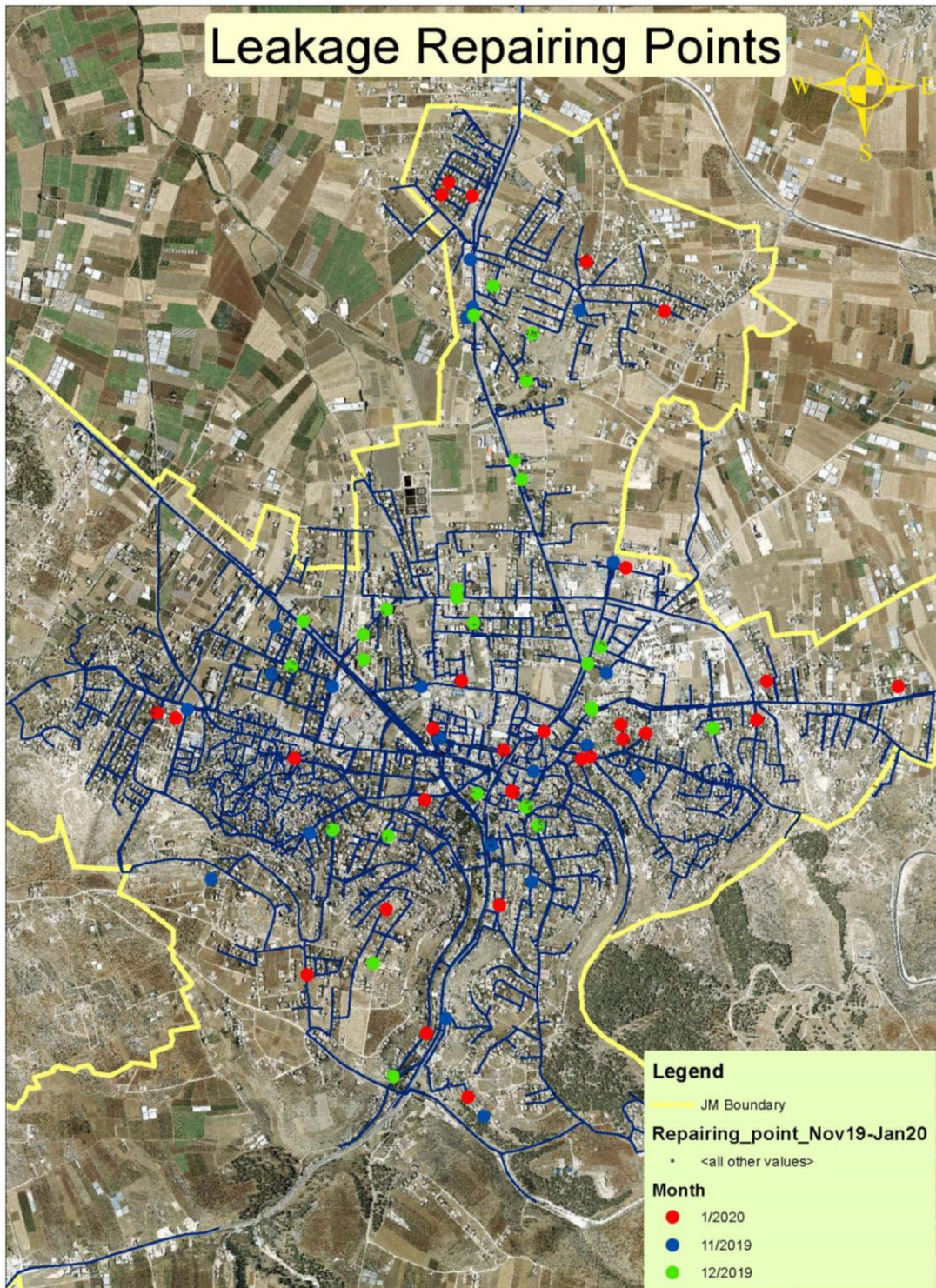


Figure 15-1: Leak repairing points of Jenin in Nov-Dec 2019 and Jan 2020

16 WATER SUPPLY IMPROVEMENT IN PILOT AREAS

Water supply improvement, in the context of Jenin, generally means fixing of supply schedule, equalizing pressure and supply durations. Increasing supply quantity and duration by increasing water resource is not easy because of restricted water resources. But if water loss (physical loss component) can be reduced, the saved quantity can be used as an additional resource.

16.1 Potential Improvement Measures

The improvement plan includes:

- 1) Fixing supply schedule considering customers' convenience and equality in supplied amount
- 2) Upgrading pumping system to suit the planned supply system
- 3) Upgrading service reservoir capacity (storage capacity to be about 6-8 hours' daily demand)
- 4) Replacing inadequately sized and old pipe network so that all customers get water for reasonable time at adequate water pressure
- 5) Rearranging supply areas (changing from one source to another) to match source capacity and water demand of areas
- 6) Providing connection to new customers based on the policy of water utility (as far as possible)
- 7) As far as possible, the improvement plan should include measures to change intermittent supply to a continuous (24hrs×7days) one. There are many benefits of a continuous system compared to intermittent. The main challenges for this conversion are; increase in water loss from leakage, wastage of water by the customers, and inadequate pumping infrastructure.

16.2 Hydraulic Modelling

Prepare a hydraulic model of the area.

Hydraulic model is an essential tool for preparing improvement plan. For uncomplicated smaller areas the models can be prepared using freely available open source EPANET program together with similar open source and free GIS program QGIS. EPANET is light, powerful, and popular program for both hydraulic and water quality modelling.

If the water utility already owns other modelling programs like WaterCAD, WaterGEMS, and so on, these can also be used. The models prepared by these programs can be converted to EPANET later on without much difficulty.

There are two modelling approaches; conventional demand-based-discharge (DBD) modelling, and pressure-dependent discharge (PDD) modelling (also known as tank model).

The DBD model is applicable where the supply system is saturated and customers withdraw water as per their instantaneous need. This model does not apply when the supply system is intermittent, customers own large storage tanks, and customer's demand is not fully satisfied. In such a situation water is discharged to customers' tanks based on available pressure until the tanks are filled. The customers at the most hydraulically advantageous location get water first. Other customers get water gradually when the demand of the earlier customers is satisfied, i.e., their tanks are filled. The PDD modelling approach reflects this phenomenon more accurately. Also, the leakage increases with increase in available pressure. This can also be modelled in PDD modelling approach.

Hydraulic modelling of PA1 by these approaches is given in Annex 3.

16.3 Implement the Plan

Based on available resources and with the help of hydraulic modelling, identify and prioritize improvement measures. For example, the identified measures for PA1 are as below:

- 1) Install two new pumps and control panel at Sabah Al Kheir pumping station. Currently only one pump is available and water supply will be stopped if the pump faces any problem. Specification of the new pumps is determined in such a way that these can be used for the current intermittent system or if the supply system is converted to a continuous system in future
- 2) Fix supply schedule, inform customers of the schedule if the current intermittent system is to be continued
- 3) Gradually replace inadequately sized (bottleneck) pipes where unit headloss exceeds certain limit, say 20 m/km in this case. Quantity and size of such pipes have been identified tentatively for PA1 and Basateen areas
- 4) The storage size of service reservoir at Sabah Al Kheir pumping station is 100 m³. This is only about 10% of total daily demand (supply) of the supply area. A reasonable storage volume would be about 6-8 hrs storage (25%-33% of total daily demand). Thus, it is essential to increase the storage volume. But this requires a bigger funding and may not fall under higher priority of JM.

17 CUSTOMER METER REPLACEMENT AND ILLEGAL USE COUNTERMEASURES

Periodic replacement of customer meters is essential to manage apparent loss component of NRW. Countries such as Japan have by-laws defining the replacement period of customer meter. In Palestine/Jenin the period is not defined yet.

17.1 Identifying Meters to be Replaced

When the replacement period is not defined by law, it is necessary to identify which meters need to be replaced. The following types are candidates for replacement:

- ✧ Meters marked as 'unreadable' by meter readers due to water vapor, broken glass, or any other reason,
- ✧ Meters showing measurement error in excess of permissible range,
- ✧ Meters older than a certain age, say 10 years (this period is 8 years in Saitama Prefecture of Japan),
- ✧ If there is a program to replace all existing meters by a certain type of new meters, then it is easy.

17.2 PPWM Procurement and Installation (Applicable to the Case of Jenin)

JM decided to replace all existing meters with pre-paid type meters. To select suitable type of meter about 6-month long experiment was conducted comparing the reading of three type of meters; mechanical velocity type, mechanical volumetric type, and ultrasonic type. Considering intermittent supply system and likely presence of suspended particles in water the ultrasonic type was selected.

When procuring PPWM it is necessary to consider the following:

- ✧ Software program to operate the credit charging and collection system,
- ✧ Compatibility with existing billing and accounting system of the utility,
- ✧ Communication system of each meter with localized collectors (such as Gateways) for calculating water consumption,
- ✧ Cost,
- ✧ Durability, reliability,
- ✧ Years of use of such products in any other place, and so on.

The following points need to be considered for installation of PPWM:

- ✧ Installation position as recommended by the manufacturer,
- ✧ Install in a box for protection,
- ✧ Suitable place (near the entrance gate),

- ✧ The place having easy access for checking and maintenance of meter,
- ✧ Not in the basement as it makes difficult communication between the meter and collector system.

17.3 Take Measures to Find and Rectify Illegal Uses

Illegal connections/unregistered connections pose serious challenges to water utilities in the developing countries. Despite extensive house to house survey and search for any sign of illegal water use during CDS, extent of illegal connection is still not clear in Jenin.

The problem of finding any illegal use/connection is compounded by the following conditions in Jenin. There may be some similarity with other water utilities in Palestine or these may be specific to Jenin only.

- ✧ There are private water suppliers in parallel to municipal supply. Many households which are not connected with the municipal water network say they use water from private suppliers. It makes difficult to identify any illegal connection as the households may easily hide the municipal connection (unauthorised one) as a connection from private supplier.
- ✧ There are agricultural farms in peripheral areas. There are many farms around PA1. These farms have a mess of spaghetti pipes supposedly supplying irrigation water from private sources. It almost impossible to know which pipe is from where and connected to which pipe. There is some possibility of such farms using municipal water but disguising it as private well water.
- ✧ Many households which use municipal water also augment their water from private tankers. In general, when a customer's consumption becomes suspiciously low some sort of illegal water use can be expected. But in Jenin they say they purchased water from tankers. It is difficult to know the truth.

Please pay attention to the followings to reduce illegal connection in Jenin:

1. Carefully survey nearby farms to know their source of irrigation water,
2. Make punishment tougher so that it acts as a strong deterrent to illegal users,
3. Use GIS to find out missing customers. Superimpose registered customer points on GIS basemap and identify households which do not have municipal water connection. Check such households systematically to find out the source of water such households are using, and investigate if they are using municipal water illegally,
4. Monitor disconnected lines as they might have reconnected themselves,
5. Monitor inactive connections as they might have secretly activated and used water,
6. Check connections with zero consumption for the real reason of zero consumption [explained in more detail in the next section],

7. Check households who have water connection but resist checking of their water line/ water meter by JM staff,
8. Encourage meter readers to carefully observe and report any sign of illegal connection,
9. Encourage people to anonymously report any illegal connection, provide some rewards (such as rebate in water charge) for customers who provide information about illegal connection.

17.4 Check Meters Which Show Zero or Suspiciously Low Consumption

About 20% of meters in each month's meter reading show zero consumption in Jenin. This trend has remained same even after installing pre-paid meters.

The zero consumption or suspiciously low consumption might have been due to genuine reason or due to foul play by the customers. So it is necessary to check such meters every month to find out if any of those customers are using water illegally.

The process of the checking can be as follows:

1. Each month, after completion of meter reading and data input, sort out customers in Al Shamel (billing program) from low to high consumption,
2. Do same to PPWM customers,
3. Extract the details of those customers whose consumption is zero or less than certain minimum value, such as less than 1 m³,
4. Prepare a GIS map of those customers,
5. Organize a dedicated team(s) of technicians (2 persons in each team) from Water Section and CSS,
6. Together with the extracted consumption database and GIS map, visit each of such customers and examine for potential cause of zero (or very low) consumption,
7. If any customer claims other source of water such as private well or tanker, investigate further to confirm the claim,
8. For each case investigate and find the reason,
9. If necessary, escalate the issue to higher level such as the WWD director or Mayor.

18 EVALUATION OF NRW REDUCTION MEASURES

Effectiveness of NRW countermeasures is evaluated by continuously monitoring NRW levels every month.

18.1 Continue Monitoring NRW on Monthly Basis

NRW tends to rise with time as new leaks keep occurring and existing leaks get bigger. Continuous monitoring of NRW is essential to understand the situation and keep NRW level under control. For that the followings are main steps:

- ✧ Get reading of all source meters on monthly basis and calculate SIV,
- ✧ Take reading of all bulk meters in DMA (DMA meters) on monthly basis and calculate SIV of each DMA,
- ✧ Get the readings of customer meters every month (or every reading cycle if they are not read monthly) and calculate Billed Authorised Consumption on monthly basis. Apply meter reading lag time correction as necessary,
- ✧ Calculate NRW,
- ✧ If a sudden and unexplained rise of NRW is noticed in any month, investigate possible reasons and apply countermeasures.

18.2 Cost-Benefit Analysis of NRW Activities

The cost-effectiveness of each NRW countermeasure differs depending on the prevailing causes of NRW. To understand which countermeasure is the most cost-effective it is necessary to keep detail record of expenditure and resulting NRW decrease due to each countermeasure.

[A cost-benefit analysis report of NRW reduction activities in PA1 has been prepared as a separate report. Please refer to this report for detail.]

The followings are the main steps to prepare cost-benefit analysis:

The concept is illustrated in Figure 18-1 and explained briefly in the following section.

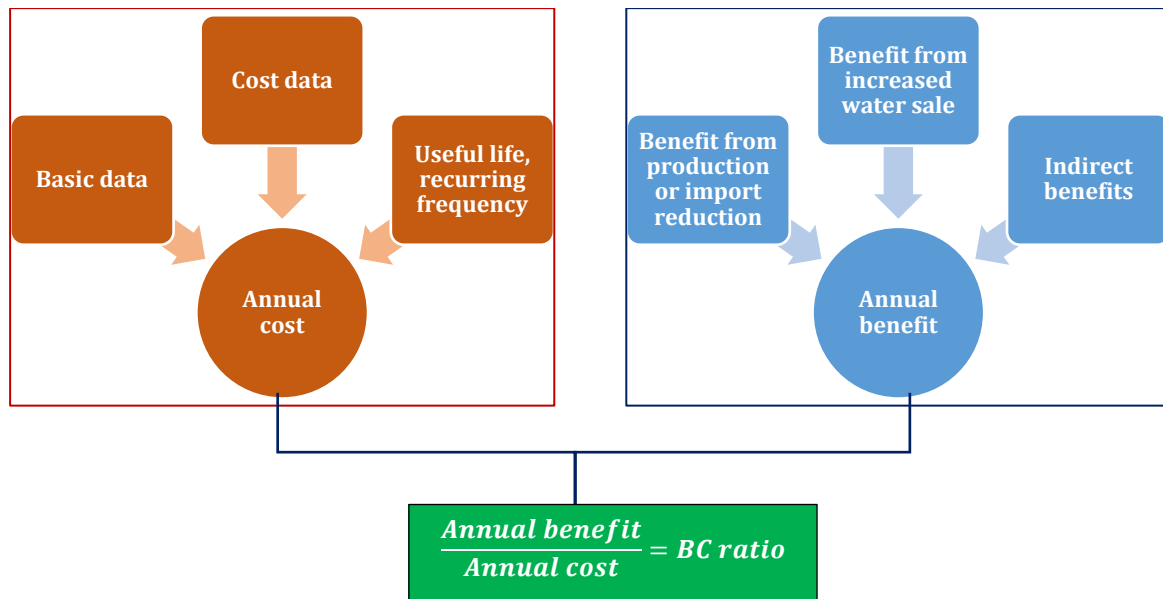


Figure 18-1: Outline of method for calculating benefit-cost ratio of NRW activities

18.2.1 Collect basic data of the area

The following basic data are important:

- ✧ Customer (connection) numbers
- ✧ Pipe network length
- ✧ Average daily/monthly water supply volume
- ✧ Average daily/monthly billed volume
- ✧ Average daily/monthly NRW volume
- ✧ Unit cost of water production (NIS/m³) (unit cost of supply water)
- ✧ Unit selling price of water (NIS/m³)

18.2.2 Collect cost data

The cost components can be divided into one time cost (medium to long-term) and recurring cost. The following cost data are important:

- ✧ Cost of equipment to be installed permanently such as bulk meters, pressure gauges, data loggers
- ✧ Cost of permanent construction works such as construction of chambers, installation of bulk meters and valves
- ✧ Cost of preparatory activities such as customer database update, pipe network update, customer meter accuracy checking
- ✧ Cost of less frequent tasks such as customer meter replacement
- ✧ Recurring cost with higher frequency (daily, monthly, annual) such as visual leakage survey, illegal connection survey, stop-cock test, step test, underground leak detection survey, leak repair, equipment hire.

18.2.3 Estimate useful life or recurring frequencies and calculate per year cost

For each cost item estimate useful life or recurring frequencies and from these calculate per year cost.

18.3 Calculate benefits

NRW reduction has direct and indirect benefits. For simpler analysis only direct benefits can be considered. Indirect benefits are more qualitative and exhaustive data and analysis are needed to calculate these.

The direct benefit comes from two ways; by reducing production (thereby saving production cost) or by supplying the additional water saved from reduced NRW. The former is applicable if enough water resources are available, and production can be reduced as a result of reduction in NRW. But this case is not applicable to the situation of Jenin where the demand is higher than the available water resources. Thus, in case of Jenin the direct benefit comes from the second way; by supplying (selling) the saved water additionally to the customers or to the unserved population.

18.4 Calculate cost-benefit ratio

Once the costs and benefits are calculated, the final step is to calculate the benefit-cost ratio by dividing the benefit by cost.

To understand the cost-effectiveness of each NRW countermeasure, the cost and benefit should be calculated separately for each countermeasure. For example, in order to calculate the cost-effectiveness of leak detection and repair, cost for this work and benefit resulted from this work should be calculated separately. To do this, it is necessary to clearly identify how much NRW decreased due to each countermeasure. This is possible if the countermeasures are applied in series, *i.e.*, one after another, not together in parallel. But in reality, it is difficult to avoid the situation where more than one countermeasures are applied together. For example, to save precious water, big visible leaks need to be repaired quickly or found illegal connections need to be rectified quickly while the work of customer meter replacement might be in progress. In such a situation, precise estimate of NRW reduction by each countermeasure is not possible. As an alternative, NRW reduction can be separated into several distinct stages and percentage contribution to NRW reduction by each countermeasure to that stage can be estimated.

This approach has been applied in the report mentioned above.

19 PERFORMANCE INDICATORS (KPIS) RELATED TO NRW

Performance indicators are quantitative measures of an output, performance or service. IWA has defined 133 different types of performance indicators for different functions – water resources, personnel, physical, operational, quality of service, and financial.

Some typical PIs are related to:

- ✧ NRW levels
- ✧ water production, consumptions and number of service connections
- ✧ quality compliance of supplied water
- ✧ customer satisfaction, the number of complaints and the time taken to resolve them
- ✧ the number of pipe bursts and leaks and the time taken to repair them
- ✧ the average percentage of non-functional meters at any time
- ✧ the ratio of number of staff to number of customers
- ✧ unit operating costs
- ✧ external and internal training time

Each of the performance indicators is indicated by a code, shown in a small parenthesis following the title of the indicator such as ‘Water Losses per Water Service Connection (Op22)’. The code indicates one of the six categories and indicator number as defined by IWA. For example, Op indicates that the indicator is ‘Operational’. For customized indicators a small letter ‘c’ is added after two letters indicating the category. Key performance indicators adopted in Jordan are shown in Table 19-1.

Table 19-1: Key Performance Indicators in Water Supply of Jordan

Indicator	Definition	Unit	Category
WRc02	Water consumption per capita	L/cap/d	Water resource
QS17	Microbiological water quality compliance	%	Water quality
Op22	Water loss per water service connection	l/Sc/d	Water loss
Fi36	Non-revenue water by volume	% of system input	Financial/ Water loss
Fic01	Collection ratio	%	Financial
Fic03	Operating cost coverage ratio	%	Financial
QSc01	Subscribers receiving continuous supply	%	Service quality
QS22	Non-billing (Service) complaints	% of no. of subs.	Service quality
QS27	Billing complaints	% of no. of subs.	Service quality
PEc01	Total employees per 1000 water subscribers	Nr/1000 subs.	Human resource

19.1 Performance Indicators for NRW

NRW levels can be expressed in several ways; as a percentage of system input, normalized to mains length (such as m³/km/day) or to the number of customer or connections (such as L/connection/day) etc. In intermittent supply systems, care should be taken not to use the total time but the time during which the system is pressurized.

Some of the important performance indicators for NRW and water losses are outlined in Table 19-2 **Error! Reference source not found.** for a quick reference. Exhaustive detail of the indicators is available from IWA. Choice of using a particular indicator depends upon the purpose and availability of background data required to make calculation for the indicator.

Table 19-2: Performance Indicators for Non-revenue Water and Water Losses

Performance Indicator	Function	Comment
NRW by Volume (as a % of system input volume)	Financial - Non-revenue water by volume	Can be calculated from a simple water balance; good only as a general financial indicator; not too meaningful, sometimes misleading
NRW by Cost (% of the annual cost of running the water system)	Financial - Non-revenue water by cost	Allows different unit costs for Non-revenue water components; good financial indicator
Apparent Losses (m ³ /service connection/year or (m ³ /km of main/year) <i>only if service connection density is <20/km</i>	Operational - Apparent Losses	Basic but meaningful indicator once the volume of apparent losses has been calculated or estimated
Real Losses by Volume (% of system input volume)	Inefficiency of use of water resources	Unsuitable for assessing efficiency of management of distribution systems
Normalized Real Losses (liters/service connection/day or liters/km of main/day <i>(only if the connection density is < 20/km)</i>	Operational - Real Losses	Good operational performance indicator for target-setting for real losses reduction; limited use for comparison between systems This indicator (m ³ /km/day) has been used by Tokyo Water Works to prioritize areas for leakage survey. If any area is found to have leakage level of 20 L/km/min (28.8 m ³ /km/day) or less then priority for leakage survey is given to other areas
Normalized Real Losses (liters/service connection/day/m of pressure or	Operational - Real Losses	Easy to calculate indicator if the ILI is not known yet; useful for comparison between systems

Performance Indicator	Function	Comment
liters/km of main/day/m of pressure (only if the connection density is < 20/km)		
Unavoidable Annual Real Losses (UARL)	$\text{UARL (liter/day)} = (18 \times L_m + 0.8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$ <p>Where, L_m = length of water mains, km N_c = number of service connections L_p = total length of private pipe, km = $N_c \times$ average distance from curbstop to customer meter P = average pressure in the system, m</p>	<p>A theoretical reference value representing the technical low limit of leakage that could be achieved if all of today's best technology could be successfully applied. A key variable in the calculation of the Infrastructure Leakage Index (ILI)</p> <p>It is not necessary that systems set this level as a target unless water is unusually expensive, scarce or both</p>
Infrastructure Leakage Index (ILI)	Operational - Real Losses	Ratio of Current Annual Real Losses (CARL) to Unavoidable Annual Real Losses (UARL); good for operational benchmarking for real losses control, most powerful indicator for comparison between systems.

(1) Volume of NRW as % of System Input (Fi36)

Although the practice is changing gradually, NRW is still being expressed as % of system input by many water utilities. It may be reasonable to express NRW by % of system input for a single DMA or system as long as the change in per capita consumption is insignificant. But % NRW loses its meaning and sometimes even becomes misleading when the per capita consumption changes significantly.

(2) Water Losses per Water Service Connection (Op22)

In Jenin multi-flat buildings are supplied with a single service connection which branches at the meter box with separate meter for each flat (customer). This results into that the number of service connections is always less than or equal to the number of customers.

If connection density is 20 per km of mains or more IWA recommends using L/connection/day as the preferred performance indicator for leakage. IWA recommends using per connection rather than per customer expression on the ground that leakage is more influenced by the number of connections than by the number of customers.

In the context of Jenin information on the number of connections is not readily available for most of the areas. Thus the expression normalized to number of customers is mostly used. Another factor to consider is the use of NRW as a whole, not only the leakage. Although leakage is more influenced by the number of connections, it may not be true for NRW. There might be significant influence of customer number on NRW due to customer

meter inaccuracy or illegal uses.

(3) Water Losses per km of Mains (Opc02)

When the connection density is less than 20 per km of main the leakage is better expressed as m³/km-main/day or any multiples of those units (e.g. L/km-main/min).

The latter expressions (normalized to the number of connections, customers, or mains length) take into account of the differences in number of connections, customers or length of mains. This makes comparison of different systems with different connection densities more reasonable.

It is a practice in Tokyo Waterworks to prioritize areas for leak detection works based on the existing level of leakage per km length of mains per minute. The reference leakage rate is 20 L/km of main/minute (28.8 m³/km/day). If any area is found to have a leakage rate below this level this area is put aside and leakage level assessment is done in other areas. Priority of leak detection and countermeasures works is given to areas having higher leakage rates.

Prioritization of areas for leak detection and countermeasure works is essential to make best use of available limited resources.

(4) Other Performance Indicators

The following section lists some selected performance indicators from Japan Water Works Association's guidelines for the management and assessment of a drinking water supply service (JWWA Q100). They are reproduced here as a reference and for consideration for their inclusion in future.

(5) External and Internal Training Time

Training time = Training course (time × attendees)/Total number of staff members (unit: hours)

The external training course refers to service-related sessions which water utilities authorize and which their staff members attend as a duty. The host should not be an organization which the attendee belongs to. On the other hand, the internal training course refers to in-house service-related sessions which water utilities hold and which their staff members attend as a duty. Records for external and internal training time should be maintained separately.

The purpose of training is outcomes rather than attendance. If staff members attend training courses but fail to get the qualification, they should be excluded.

Training courses are held to improve personnel's competence and should be authorized by water utilities because they are equivalent to qualifications. If any staff member attends a certain course as a personal interest, it should be excluded because it is very difficult to

determine judgment criteria.

Training should be conducted from a utility-wide point of view rather than focused on limited staff members.

(6) Water Supply Service Complaints

Water supply service complaints = (Number of complaints about services/Total number of users) × 1,000 (unit: No./1,000 No.)

The complaint includes inquiries by direct communications at the service counter, on telephone, with written documents, and by electronic mail, and should be recorded in documents.

This indicator represents the ratio of complaints to users, and is one of the indices showing consumers' satisfaction. The complaints relates to services offered, meter readings, the amount of charges, construction, water interruptions, or turbid water. The indicator value is proportional to the level of drinking water supply services. If it is large, water utilities are required to let their consumers understand the services through public relations, to understand consumer needs, and to improve the services.

Many complaints mean that there is a problem in the quality of drinking water supply services, but water utilities should evaluate this indicator with other information.

(7) Complaints for Water Quality

Complaints for water quality = (Number of complaints about water quality/Total number of users) × 1,000 (unit: No./1,000 No.)

This indicator represents the ratio of complaints to users, and is one of the indices showing consumers' satisfaction with water quality. The complaint relates to bad odor, color or taste.

Many complains mean that there is a problem in the quality of drinking water supply services, but water utilities should evaluate this indicator with other information.

(8) Billing Complaints for Water Supply

Billing complaints for water supply = (Number of complaints about water rates/Total number of users) × 1,000 (unit: No./1,000 No.)

This indicator represents the ratio of complaints to users, and is one of the indices showing consumers' satisfaction with water rates.

Many complains mean that there is a problem in the quality of drinking water supply services, but water utilities should evaluate this indicator with other information.

(9) Meter Misreading Ratio

Meter misreading ratio = (Number of reading errors/Total number of readings) × 1,000 (unit: No./1,000 No.)

(10) Incorrect Billing Ratio

Incorrect billing ratio = (Number of incorrect bills/Total number of bills) × 1,000 (unit: No./1,000 No.)

(11) Ratio of Tariff to Production Cost

Ratio of tariff to production = (Water supply rate/Water supply cost) × 100 (unit: %)

(12) Water Supply Pressure Inadequacy Ratio

Water supply pressure inadequacy ratio = (In-spec pressure (points × days)/(Number of reading points × Number of days per year)) × 100 (unit: %)

The in-spec pressure refers to a water pressure range specified in standards or ordinances developed by a water utility, **25 – 60** m for Palestine.

The in-spec pressure (points × days) is the product of the number of measuring points at which and the number of days on which the pressure test is passed.

The number of reading points is the sum of points where water pressure is measured with pressure gauges installed in distribution pipes.

The number of days per year refers to the total number of days in a year.

Table 19-3: Selected Performance Indicators for 9 Jordanian Water Utilities (Year 2014)

Indicator	Definition	Unit	Values from 9 water utilities in Jordan (2014)		
			Min	Average	Max
WRc02	Water consumption per capita	L/cap/d	52.3	73.7	87.1
QS17	Microbiological water quality compliance	%	98.5	99.4	100
Op22	Water loss per water service connection	l/Sc/d	139	1,133	2,392
Fi36	Non-revenue water by volume	% of system input	27.8	52.1	73.1
Fic01	Collection ratio	%	24.9	80.5	102
Fic03	Operating cost coverage ratio	%	24.1	52.2	111
QSc01	Subscribers receiving continuous supply	%	0.00	12.4	100
QS22	Non-billing (Service) complaints	% of no. of subs.	0.27	11.8	24.1
QS27	Billing complaints	% of no. of subs.	1.00	3.05	8.35
PEc01	Total employees per 1000 water subscribers	Nr/1000 subs.	2.55	9.08	16.6

Source: Mustafa Nasereddin, PhD Thesis (2017) Universität der Bundeswehr München -Developing and Testing Benchmarking System for Water Utilities in Jordan,

19.2 Example of KPIs related to NRW for Jenin City and Pilot Areas

(First 6 months of year 2021)

Table 19-4: KPIs related to NRW (1/2)

No	Indicators	Unit	Jan '21	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul '21
1	Total system input (water quantity)	m ³ / month	294,787	286,772	294,320	225,828	343,905	331,421	321,977
2	NRW in entire city	m ³ / month	186,360	180,806	186,645	201,193	145,019	190,426	186,244
		% of SIV	63.2%	63.0%	63.2%	58.1%	42.2%	57.5%	57.8%
3	NRW in PA1	m ³ / month	10,056	9,597	9,711	10,977	10,816	24,700	
		% of SIV	47.6%	48.7%	45.7%	45.6%	40.6%	45.6%	
4	NRW in PA2	m ³ / month	NA	NA	NA	20,195	18,863	49614	
		% of SIV	NA	NA	NA	60.3%	56.9%	68.8%	
5	NRW in PA3	m ³ / month	7922	7294	8948	7772	8033	14076	
		% of SIV	52.2%	53.4%	55.2%	49.0%	47.4%	46.7%	
6	Leakage repaired	Num	44	43	49	24	24	40	
7	Leakage response time	day	1.41	1.42	1.82	0.83	0.83	1.43	

Table 19-5: KPIs related to NRW (2/2)

No.	Indicators	Unit	Jan-21	Feb-21
1	Water supply and consumption			
	Total SIV	m ³ /month	294,788	286,772
	Supply quantity per customer	m ³ /con/month	30.9	29.9
	Billed quantity per customer	m ³ /km/month	11.6	11.1
2	NRW			
	Whole Jenin			
	Volume	m ³ /month	184,308	180,806
	Percentage of SIV	%	62.5%	63.1%
	NRW per customer	m ³ /con/month	19.3	19
	NRW per km of pipe network	m ³ /km/month	1,084	1,064
	PA1			
	Volume	m ³ /month	10056	9,597
	Percentage of SIV	%	47.6%	48.7%
	NRW per customer	m ³ /con/month	11.7	11.0
	NRW per km of pipe network	m ³ /km/month	512.0	488.7
	PA2			
	Volume	m ³ /month	Not available	Not available
	Percentage of SIV	%		
	NRW per customer	m ³ /con/month		
	NRW per km of pipe network	m ³ /km/month		
	PA3			
	Volume	m ³ /month	7,922	7,294
	Percentage of SIV	%	52.2%	53.4%
	NRW per customer	m ³ /con/month	13.9	12.8

No.	Indicators	Unit	Jan-21	Feb-21
	NRW per km of pipe network	m ³ /km/month	715.1	658.4
3	Leakage			
	Number of leaks found from all surveys	Num	44	43
	Number of leaks repaired	Num	44	43
	Ratio of leaks repaired to leaks found	%	100%	100%
	Response time for leak repair	hours	33.84	34.08
	Leak points recorded on GIS	Num	44	43
4	Illegal connections			
	Illegal connections found	Num	9	2
	Illegal connections action taken	Num	8	2

Table 19-6: KPIs related to Billing and Customer Services

No	Indicators	Unit	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
1	Total number of customers	Num	9,551	9,578	9,523	9,525	9,532	9,532	9,532
2	Number of complaints	Num	52	50	50	70	38	122	59
3	% of solved complaints	%	100	100	100	100	100	100	100
4	Billing ratio in entire city	%	74.0	73.0	71.0	79	98	98	98
5	Billing ratio by estimated reading	%	26.0	27.0	29.0	21	2	2	2
6	Collection ratio in entire city (with debt)	%	63.2	62.0	57.19	60.72	52.03	44.43	56.17
7	Collection ratio in entire city (without debt)	%	34.7	44.8	46.8	50.93	41.16	35.79	46.88
8	Total number of PPWM	Num	3,098	3,153	3,181	3190	3197	3199	3199
9	PPWM % in total customers	%	32.43	32.91	33.40	33.49	33.5	33.5	33.5
10	GIS registered customers	Num	3,145	3,286	3,298	3,362	3,416	3,497	3,497

19.3 Collection and Compilation of Data Related to NRW

It is a continuous process. Currently collected data are shown below. As the number of implemented DMAs gets increasing, similar data should be collected for all DMAs. The data can then be analyzed to understand the situation.

19.3.1 All city SIV data

Refer to Table 10-1: Case example of SIV calculation of Jenin for year 2020

19.3.2 All city NRW data

Year	Month	SIV (m ³ /mth)	Adjusted SIV	Billed Vol (m ³ /mth)	Tanker supply (m ³ /mth)	PPWM cons (m ³ /mth)	NRW (m ³ /mth)	NRW (% of SIV)
2017								
	Jan			119,999				

The Project for Improvement of Water Service Management in Jenin Municipality

Year	Month	SIV (m ³ /mth)	Adjusted SIV	Billed Vol (m ³ /mth)	Tanker supply (m ³ /mth)	PPWM cons (m ³ /mth)	NRW (m ³ /mth)	NRW (% of SIV)
	Feb			104,516				
	Mar			104,928				
	Apr			104,780				
	May			108,557				
	Jun			101,845	786			
	Jul			122,043	1,113			
	Aug			121,658	828			
	Sep			122,158	1,299			
	Oct			97,656	1,056			
	Nov			105,720	804			
	Dec			106,935	795			
2018								
	Jan	241,282		102,135	477		138,670	57.0%
	Feb	232,788		96,098	-		136,690	59.0%
	Mar	236,026		103,634	1,218		131,174	56.0%
	Apr	320,852		100,891	-		219,961	69.0%
	May	278,123		110,843	915		166,365	60.0%
	Jun	276,533		87,600	-		188,933	68.0%
	Jul	287,549		130,237	1,395		155,917	54.0%
	Aug	286,742		116,937	666		169,139	59.0%
	Sep	261,812		105,290	822		155,700	59.0%
	Oct	240,652		104,042	1,320		135,290	56.0%
	Nov	222,910		95,179	1,446		126,285	57.0%
	Dec	267,622		110,540	1,806		155,276	58.0%
Total of 2018		3,152,890		1,263,426	10,065		1,879,399	60.0%
2019								
	Jan	264,719		104,280	1,665		158,774	60.0%
	Feb	264,532		94,059	1,461		169,012	64.0%
	Mar	294,489		121,260	1,614		171,615	58.0%
	Apr	287,333		97,719	1,614	998	187,002	65.0%
	May	294,317		121,309		998	172,010	58.0%
	Jun	241,925		101,178		2,365	138,382	57.0%
	Jul-Nov	1,452,579		548,008	1,183	38,498	864,890	60.0%
	Dec	292,679		106,961		9,895	175,823	60.0%
Total of 2019		3,392,574		1,294,774	7,537	52,754	2,037,509	60.0%
2020								
	Jan	288,495	274,545	118,325		13,240	156,930	54.0%
	Feb	278,881	266,281	94,963		19,347	164,571	59.0%
	Mar-May	949,691	908,291	285,426		76,399	587,866	62.0%
	Jun	305,340	0	88,584		27,528	189,228	62.0%
	Jul	304,169		96,052		32,596	175,521	58.0%

Year	Month	SIV (m ³ /mth)	Adjusted SIV	Billed Vol (m ³ /mth)	Tanker supply (m ³ /mth)	PPWM cons (m ³ /mth)	NRW (m ³ /mth)	NRW (% of SIV)
	Aug	331,648		103,947		30,806	196,895	59.0%
	Sep	321,321		90,565		37,765	192,991	60.0%
	Oct	306,950		95,082		36,095	175,773	57.0%
	Nov	288,978		86,249		31,405	171,324	59.0%
	Dec	317,089		88,030		34,645	194,414	61.0%
Total of 2020		3,692,561	1,449,116	1,147,223	0	339,825	2,205,512	59.7%
2021								
	Jan	294,788		76,885		31,543	186,360	63.2%
	Feb	286,772		74,851		31,115	180,806	63.0%
	Mar	295,420		75,147		33,627	186,645	63.2%
	Apr	346,018		105,145		39,680	201,193	58.1%
	May	343,905		154,916		43,971	145,019	42.2%
	Jun	331,421		95,798		45,197	190,426	57.5%
	Jul	321,977		90,193		45,540	186,244	57.8%
	Aug							
	Sep							
	Oct							
	Nov							
	Dec							

19.3.3 PA1 SIV and NRW data

Area	Input Qty ^a (m ³)	Con- sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
September 2018							
Whole of Sabah Al Kheir supply area compared to supply measured at Jalameh	32,889	13,496	19,393	59.0%			
Whole of Sabah Al Kheir supply area compared to supply measured at Sabah Al Kheir PS outlet							
PA1 area							
Sub-area 1 (24 hrs supply area)		3,883					
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)							
Sub-area 3 (Kharoubeh)		3,954					
Sub-area 4 (Nazareth St.)		4,396					
Sub-area 5 (Al Basaateen)		1,263					
October 2018							
Input at Jalameh	34,517						
Input at Sabah Al Kheir tank	32,415						
Transmission loss			2,102	6.1%			
Whole (PA1+Basateen) area	32,415	13,837	18,578	57.3%			

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
PA1 area	28,239	12,462	15,777	55.9%	12,464	15,775	55.9%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,982	1,084	898	45.3%	1,206	776	39.1%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	8,109	2,987	5,122	63.2%	3,173	4,936	60.9%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	7,913	4,018	3,895	49.2%	3,870	4,043	51.1%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	10,236	4,373	5,863	57.3%	4,215	6,021	58.8%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	4,176	1,375	2,801	67.1%			
November 2018							
Input at Jalameh	32,699						
Input at Sabah Al Kheir tank	29,375						
Transmission loss			3,324	10.2%			
Whole (PA1+Basateen) area	29,375	13,048	16,327	55.6%			
PA1 area	24,708	11,583	13,125	53.1%	10,937	13,771	55.7%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,807	639	1,168	64.6%	646	1,161	64.2%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	7,425	2,547	4,878	65.7%	2,640	4,785	64.4%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	5,916	3,675	2,241	37.9%	3,461	2,455	41.5%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	9,560	4,722	4,838	50.6%	4,190	5,370	56.2%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	4,667	1,465	3,202	68.6%			
December 2018							
Input at Jalameh	31,126						
Input at Sabah Al Kheir tank	30,326	Transmis-sion loss	800	2.6%			
PA1 area	27,365	11,637	15,728	57.5%	11,193	16,172	59.1%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,392	714	678	48.7%	645	747	53.7%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	5,343	3275	2,068	38.7%	2918	2,425	45.4%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	7,411	4113	3,298	44.5%	4016	3,395	45.8%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	13,219	3535	9,684	73.3%	3614	9,605	72.7%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,961						
January 2019							
Input at Jalameh	28,045						
Input at Sabah Al Kheir tank	26,634	Transmis-sion loss	1,411	5.0%			
PA1 area	24,556	11,261	13,295	54.1%	11,572	12,984	52.9%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,494	684	810	54.2%	684	810	54.2%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	4,106	2,780	1,326	32.3%	2780	1,326	32.3%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	7,070	3,729	3,341	47.3%	3729	3,341	47.3%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	11,886	4,068	7,818	65.8%	4379	7,507	63.2%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,078						
Feb-19							
Input at Jalameh	27,130						
Input at Sabah Al Kheir tank	26,968	Transmis-sion loss	162	0.6%			
PA1 area	24,287	10,283	14,004	57.7%	11,140	13,147	54.1%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,339	888	451	33.7%	1000.3	339	25.3%

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	3,313	2,508	805	24.3%	2620.7	692	20.9%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	5,424	3,164	2,260	41.7%	3839.6	1,585	29.2%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	14,211	3,723	10,488	73.8%	3679.8	10,531	74.1%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,681	1,200					
Mar-19							
Input at Jalameh	29,154						
Input at Sabah Al Kheir tank	28,907		247	0.8%			
PA1 area	26,528	10,810	15,718	59.3%	9,567	16,961	63.9%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,339	810	529	39.5%	758	581	43.4%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	5,887	3,450	2,437	41.4%	3,527	2,360	40.1%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	7,106	3,503	3,603	50.7%	2,702	4,404	62.0%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	12,195	3,047	9,148	75.0%	2,580	9,615	78.8%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,379						
Apr-19							
Input at Jalameh	27,980						
Input at Sabah Al Kheir tank	22,334		3,840.84	13.7%			
PA1 area	19,836	10,976	8,860	44.7%	9,947	9,889	49.9%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)	1,742	717	1,025	58.8%	650	1,092	62.7%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)	4,495	2,787	1,708	38.0%	2,525	1,970	43.8%
Sub-area 3 (Kharoubeh)	4,944	3,484	1,461	29.5%	3,157	1,787	36.1%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	8,655	3,989	4,666	53.9%	3,615	5,040	58.2%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,498						
May-19							
Input at Jalameh	29,252						
Input at Sabah Al Kheir tank	28,557		695.24	2.4%			
PA1 area	25,819	12,705	13,114	50.8%	11,139	14,680	56.9%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,628	1,170	1,458	55.5%	1,026	1,602	61.0%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,761	3,400	1,361	28.6%	3,136	1,626	34.1%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,700	3,942	2,758	41.2%	3,341	3,359	50.1%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	11,730	4,193	7,537	64.3%	3,635	8,094	69.0%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,738						
Jun-19							
Input at Jalameh	29,950						
Input at Sabah Al Kheir tank	29,825		125.26	0.4%			
PA1 area	27,907	12,510	15,397	55.2%	14,854	13,053	46.8%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	3,210	1,235	1,975	61.5%	1,235	1,975	61.5%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	5,580	3,111	2,469	44.2%	3,192	2,388	42.8%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,401	3,880	2,521	39.4%	4,965	1,436	22.4%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	12,717	4,284	8,433	66.3%	5,462	7,255	57.1%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	1,918						
Jul-Nov 2019 (total)							

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Input at Jalameh	156,948						
Input at Sabah Al Kheir tank	148,487		8,461.00	5.4%			
PA1 area	134,243	70,239	64,004	47.7%	69,595	64,648	48.2%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	15,626	6,333	9,293	59.5%	6,629	8,997	57.6%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	22,393	17,580	4,812	21.5%	15,637	6,756	30.2%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	32,141	22,180	9,961	31.0%	22,682	9,459	29.4%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	64,084	24,146	39,938	62.3%	24,648	39,436	61.5%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	14,244						
Jul-Nov2019 (monthly average)							
Input at Jalameh	31,390						
Input at Sabah Al Kheir tank	29,697		1,692.20	5.4%			
PA1 area	26,849	14,048	12,801	47.7%	13,919	12,930	48.2%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	3,125	1,267	1,859	59.5%	1,326	1,799	57.6%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,479	3,516	962	21.5%	3,127	1,351	30.2%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,428	4,436	1,992	31.0%	4,536	1,892	29.4%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	12,817	4,829	7,988	62.3%	4,930	7,887	61.5%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,849						
Dec-19							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	25,651		(25,651)				
PA1 area	22,115	12,066	10,049	45.4%	10,923	11,192	50.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,210	1,102	1,108	50.1%	1,004	1,206	54.6%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	3,787	2,851	936	24.7%	2,626	1,161	30.7%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	5,402	3,768	1,634	30.3%	3,395	2,007	37.2%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	10,716	4,345	6,372	59.5%	3,898	6,818	63.6%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	3,536						
Jan-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	25,548		(25,548)				
PA1 area	22,489	9,936	12,554	55.8%	10,667	11,822	52.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	3,101	1,189	1,912	61.7%	1,259	1,842	59.4%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,864	2,606	2,258	46.4%	2,749	2,115	43.5%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	4,483	2,508	1,975	44.1%	2,640	1,843	41.1%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	10,041	3,633	6,409	63.8%	4,019	6,022	60.0%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	3,059						
Feb-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	24,243		(24,243)				

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
PA1 area	21,569	9,812	11,757	54.5%	10,252	11,317	52.5%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	1,433	942	491	34.2%	1,089	344	24.0%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	3,808	2,316	1,492	39.2%	2,430	1,378	36.2%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	4,651	2,751	1,900	40.9%	2,935	1,716	36.9%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	11,678	3,803	7,875	67.4%	3,798	7,880	67.5%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	2,674						
Mar-May 20 (total)							
Input at Jalameh	???						
Input at Sabah Al Kheir tank	80,000						
PA1 area	68,533	40,239	28,294	41.3%	40,723	27,810	40.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	6,619	4,068	2,551	38.5%	4,122	2,497	37.7%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	15,319	9,657	5,662	37.0%	9,791	5,528	36.1%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	19,092	11,533	7,559	39.6%	11,760	7,332	38.4%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	27,504	14,981	12,523	45.5%	15,051	12,453	45.3%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	11,467						
Mar-May 20 (monthly average)							
Input at Jalameh	???						
Input at Sabah Al Kheir tank	26,667						
PA1 area	22,844	13,413	9,431	41.3%	13,574	9,270	40.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,206	1,356	850	38.5%	1,374	832	37.7%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	5,106	3,219	1,887	37.0%	3,264	1,843	36.1%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,364	3,844	2,520	39.6%	3,920	2,444	38.4%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	9,168	4,994	4,174	45.5%	5,017	4,151	45.3%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	3,822						
Jun-20							
Input at Jalameh	???						
Input at Sabah Al Kheir tank	29,252						
PA1 area	24,491	13,601	10,890	44.5%	13,204	11,287	46.1%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,541	1,442	1,099	43.2%	1,360	1,181	46.5%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,486	3,011	1,475	32.9%	2,941	1,545	34.4%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,725	4,684	2,041	30.4%	4,386	2,339	34.8%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	10,739	4,586	6,153	57.3%	4,666	6,073	56.5%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	4,761						
Jul-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	32,112						
PA1 area	27,227	15,380	11,847	43.5%	14,633	12,594	46.3%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,774	1,842	932	33.6%	1,818	956	34.5%

Area	Input Qty' (m ³)	Con- sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	6,026	3,588	2,438	40.5%	3,316	2,710	45.0%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,745	4,759	1,986	29.4%	4,766	1,979	29.3%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	11,681	5,191	6,490	55.6%	4,733	6,948	59.5%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	4,885						
Aug-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	29,905						
PA1 area	26,513	13,420	13,093	49.4%	15,321	11,192	42.2%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,851	1,513	1,338	46.9%	1,699	1,152	40.4%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	5,729	3,082	2,647	46.2%	3,562	2,167	37.8%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	6,897	4,177	2,720	39.4%	4,845	2,052	29.8%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	11,036	4,743	6,293	57.0%	5,445	5,591	50.7%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	3,392						
Sep-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	25,683						
PA1 area	25,682	14,381	11,301	44.0%	14,516	11,166	43.5%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,619	1,855	764	29.2%	1,851	768	29.3%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	5,930	3,350	2,580	43.5%	3,412	2,519	42.5%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	8,197	4,900	3,297	40.2%	4,954	3,243	39.6%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	8,936	4,396	4,540	50.8%	4,415	4,521	50.6%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	1						
Oct & Nov - 2020							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	49,296						
PA1 area	48,370	25,691	22,679	46.9%	25,741	22,629	46.8%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	5,834	2,671	3,163	54.2%	2,646	3,188	54.6%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	10,624	6,779	3,845	36.2%	6,767	3,857	36.3%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	11,978	7,394	4,584	38.3%	7,338	4,640	38.7%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	19,934	8,847	11,087	55.6%	8,990	10,944	54.9%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	926						
Dec-20							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	21,407						
PA1 area	21,407	11,621	9,786	45.7%	11,662	9,745	45.5%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,304	1,131	1,173	50.9%	1,134	1,170	50.8%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,280	3,054	1,226	28.6%	3,111	1,169	27.3%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	5,907	3,359	2,548	43.1%	3,319	2,588	43.8%

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Sub-area 4 (Nazareth St.)	8,916	4,077	4,839	54.3%	4,098	4,818	54.0%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					
Jan-21							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	21,129						
PA1 area	21,129	11,296	9,833	46.5%	11,073	10,056	47.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,295	1,149	1,146	49.9%	1,126	1,169	50.9%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,420	2,849	1,571	35.5%	2,796	1,624	36.7%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	4,628	3,164	1,464	31.6%	3,120	1,508	32.6%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	9,786	4,134	5,652	57.8%	4,031	5,755	58.8%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					
Feb-21							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	19,691						
PA1 area	19,691	9,692	9,999	50.8%	10,094	9,597	48.7%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,175	1,014	1,161	53.4%	1,071	1,104	50.8%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,348	2,474	1,874	43.1%	2,581	1,767	40.6%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	4,549	2,520	2,029	44.6%	2,583	1,966	43.2%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	8,619	3,684	4,935	57.3%	3,858	4,761	55.2%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					
Mar-21							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	21,264						
PA1 area	21,264	11,307	9,957	46.8%	11,553	9,711	45.7%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	2,417	1,122	1,295	53.6%	1,128	1,289	53.3%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	4,492	2,954	1,538	34.2%	2,956	1,536	34.2%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	5,290	3,270	2,020	38.2%	3,460	1,830	34.6%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	9,065	3,962	5,103	56.3%	4,009	5,056	55.8%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					
Apr-21							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	24,047						
PA1 area	24,047	13,086	10,961	45.6%	13,070	10,977	45.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7							
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA							
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC							
Sub-area 4 (Nazareth St.)							
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					

Area	Input Qty' (m ³)	Con-sumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
May-21							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank	26,645						
PA1 area	26,645	15,501	11,144	41.8%	15,829	10,816	40.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	3,236	1,511	1,725	53.3%	1,574	1,662	51.4%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	5,555	3,369	2,186	39.4%	3,511	2,044	36.8%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	5,762	4,336	1,426	24.7%	4,410	1,352	23.5%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	12,092	6,285	5,807	48.0%	6,334	5,758	47.6%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					
Jun - July 2021							
Input at Jalameh							
Input at Sabah Al Kheir tank							
PA1 area	54,114	29,292	24,822	45.9%	29,415	24,699	45.6%
Sub-area 1 (24 hrs supply area)Loc3/Log G7	6,302	3,391	2,911	46.2%	3,493	2,809	44.6%
Sub-area 2 (Sabah Al Kheir)Loc4/logA	11,560	6,969	4,591	39.7%	6,923	4,637	40.1%
Sub-area 3 (Kharoubeh)Loc5/LogC	11,129	8,800	2,329	20.9%	8,842	2,287	20.5%
Sub-area 4 (Nazareth St.)	25,123	10,132	14,991	59.7%	10,157	14,966	59.6%
Sub-area 5 (Al Basaateen)	-	-					

19.3.4 PA 2 SIV and NRW data

Area	Input Quantity (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Consmpt Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Nov-19							
PA2 area	12,736	7,722	5,014	39.4%	7,127	5,609	44.0%
Sub-area 1 (Alzahraa-Loc: Z1,Z2,Z3)	9,995	6,723	3,272	32.7%	6,041	3,954	39.6%
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	2,741	999	1,742	63.6%	1,086	1,655	60.4%
Jul-20							
PA2 area	23,502	10,220	13,282	56.5%	9,857	13,645	58.1%
Sub-area 1 (Alzahraa-Loc: Z1,Z2,Z3)	19,776	8,718	11,058	55.9%	8,018	11,758	59.5%
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	3,726	1,502	2,224	59.7%	1,838	1,888	50.7%
Aug-20							
PA2 area							
Sub-area 1 (Alzahraa-Loc: Z1,Z2,Z3)							
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	3,742	1,249	2,493	66.6%	1,238	2,504	66.9%
Sep-20							
PA2 area							
Sub-area 1 (Alzahraa-Loc:							

Area	Input Quantity (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Conspm Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Z1,Z2,Z3)							
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	4,622	1,172	3,450	74.6%	1,199	3,423	74.1%
Apr-21							
PA2 area	33,473	13,217	20,256	60.5%	13,278	20,195	60.3%
Sub-area 1 (Alzahraa-Loc: Z1,Z2,Z3"forward direction",turkman well)- (locZ3 (rev.direction+Court6in))	29,217	12,255	16,962	58.1%	12,205	17,012	58.2%
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	4,256	962	3,295	77.4%	1,073	3,184	74.8%
May-21							
PA2 area	32,768	13,499	19,269	58.8%	14,129	18,639	56.9%
Sub-area 1	29,035	11,841	17,194	59.2%	12,417	16,618	57.2%
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	3,733	1,658	2,075	55.6%	1,712	2,021	54.1%
June and July 21							
PA2 area	72,101	23,339	48,762	67.6%	22,488	49,613	68.8%
Sub-area 1	65,165	21,222	43,943	67.4%	20,396	44,769	68.7%
Sub-area 2 (New Camp-Loc: C1)	6,936	2,117	4,819	69.5%	2,092	4,844	69.8%

19.3.5 PA3 SIV and NRW data

Area	Input Quantity (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Conspm Adj for MR lag time (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)
Oct-19							
PA-3 Area	20,931	9,249	11,682	55.8%	9,375	11,556	55.2%
Sub-area 1 (Ala Al-Sadi Well/Marah Reservoir-Loc1)	12,651	4,665	7,986	63.1%	4,899	7,752	61.3%
Sub-area 2 (Abu Sameer Well)	8,280	4,584	3,696	44.6%	4,476	3,804	45.9%
Jul-20							
PA-3 Area							
Sub-area 1 (Ala Al-Sadi Well/Marah Reservoir-Loc1)	19,119	9,957	9,162	47.9%	9,189	9,930	51.9%
Note: WWD merged the two sub areas together so that it was not possible to measure the SIV for each sub area separately							
Aug-20	18,191	8,209	9,982	54.9%	8,847	9,343	51.4%
Sep-20	17,402	8,407	8,995	51.7%	8,528	8,874	51.0%
Oct-20 & Nov-20	31,441	15,593	15,848	50.4%	15,576	15,865	50.5%
Dec-20	14,438	6,792	7,646	53.0%	6,936	7,502	52.0%
Jan-21	15,171	7,097	8,074	53.2%	7,249	7,922	52.2%
Feb-21	13,671	6,216	7,455	54.5%	6,377	7,294	53.4%
Mar-21	16,201	7,209	8,992	55.5%	7,253	8,948	55.2%
Apr-21	15,874	8,070	7,804	49.2%	8,102	7,772	49.0%
May-21	16,960	8,765	8,195	48.3%	8,927	8,033	47.4%
June-July-21	30,117	16,073	14,044	46.6%	16,041	14,076	46.7%

20 HEALTH AND SAFETY PRECAUTION

Prepare and keep first aid box, protective gloves, and gumboots.

20.1 Safety During Night Work



Figure 20-1: Uniform designed and used in this project (left), night time work (middle and right)

- ❖ Prepare and wear uniform. The uniform for night use should have reflective strips.
- ❖ Always carry a working torch light
- ❖ Prepare a photo ID and carry it all the time
- ❖ Prepare and carry a brief introduction of the project, show it in case somebody asks about the work
- ❖ Be watchful of the surrounding: be attentive to stray dogs, any unknown person lurking into the group
- ❖ Avoid dispute and argument with unknown people: if such a situation arises, withdraw and back to safety

20.2 Safeguards During Construction of Chambers and Leak Repair Work



Figure 20-2: Barricade prepared and used in the project as a safety measure

- ✧ Barricades: prepare and use barricades around the construction site. Paint the barricades with easily visible bright colors
- ✧ Cautionary notice: prepare and install cautionary 'Work in Progress' notice
- ✧ Coordination with traffic police: inform traffic police (if existing) in advance and obtain their cooperation for traffic management
- ✧ Always wear safety gear such as protective glass cover while doing welding work

20.3 Safeguards During Working Inside Chambers

- ✧ Keep ready a drainage pump in case the pipeline is not fully drained
- ✧ If the chamber lid was tightly closed before opening, allow some time before entering the chamber as dangerous gas might have been accumulated in it
- ✧ Since the working space is generally limited inside chambers, select and bring tools which are suitable for such condition

別冊資料 1.2

Cost-Benefit Analysis of NRW Management Works – English Version



PALESTINIAN WATER AUTHORITY
THE PROJECT FOR STRENGTHENING THE CAPACITY OF WATER SERVICE
MANAGEMENT IN JENIN MUNICIPALITY



COST-BENEFIT ANALYSIS OF NRW MANAGEMENT WORKS

AUGUST 2021

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

TEC INTERNATIONAL CO., LTD.

PADECO CO., LTD.

Table of Content

1.	BACKGROUND.....	1
2.	METHODOLOGY OF COST-BENEFIT ANALYSIS	2
2.1	Collect basic data of the area	2
2.2	Collect cost data.....	2
2.3	Estimate useful life or recurring frequencies and calculate per year cost	3
2.4	Calculate benefits	3
2.5	Calculate cost-benefit ratio	3
3.	FEATURES AND BASELINE NRW LEVEL IN PA1	4
3.1	Outline of PA1	4
3.2	Supply volume and baseline NRW in PA1	5
4.	NRW REDUCTION ACTIVITIES IMPLEMENTED	6
4.1	Customer survey and database update.....	6
4.2	Updating of pipe network information	6
4.3	Procurement and installation of flow and pressure measuring devices.....	6
4.4	Leak detection survey and leak repair	7
4.5	Customer meter accuracy check	7
4.6	Customer meter replacement	7
5.	COST OF ACTIVITIES	8
6.	BENEFITS	9
6.1	Benefits from overall reduction in NRW.....	9
6.2	Other intangible benefits	9
6.3	Benefits of each major NRW countermeasure.....	9
7.	COST EFFECTIVENESS OF NRW COUNTERMEASURES	12
7.1	Cost-effectiveness of NRW Countermeasures in PA1	12
7.2	Cost-effectiveness of source meter checking and replacement in Jenin.....	12
7.3	Cost-effectiveness of NRW Countermeasures in general.....	14
8.	COST-BENEFIT ANALYSIS IN PA3	16
8.1	Cost of NRW Countermeasures in PA3	16
8.2	Benefit from NRW Reduction in PA3	16
8.3	Benefit-cost ratio	18
9.	ONGOING COUNTERMEASURES IN PILOT AREAS.....	19

List of Tables

Table 1: Features of Pilot Area 1	5
Table 2: Supply volume and NRW in Pilot Area 1 during baseline period.....	5
Table 3: Summary of equipment installed at each location of PA1	6
Table 4: Summary of cost items	8
Table 5: Leak repaired from Oct 2018 to May 2021 period in PA1	8
Table 6: Details of NRW in each month during the stages	10
Table 7: Major stages of work and main countermeasure.....	10
Table 8: Assumed % contribution of each major countermeasure on NRW reduction.....	11
Table 9: Estimated contribution to NRW reduction (m ³ /month) by each countermeasure	11
Table 10: Estimated benefit by each major countermeasure	11
Table 11: Summary of benefit-cost calculation.....	12
Table 12: Detail of source meters checked.....	13
Table 13: Aggregate error of five meters having error beyond permissible range.....	13
Table 14: Cost-benefit analysis of source meter testing and replacement	14
Table 15: Cost of activities in PA3	16
Table 16: NRW in PA3	16
Table 16: Benefit from NRW reduction in PA3	18

List of Figures

Figure 1: Outline of method for calculating benefit-cost ratio of NRW activities.....	2
Figure 2: Pilot Area 1 outline showing sub-areas, pipe network, customer meter locations, and Sabah Al Khir pumping station	4
Figure 3: Schematics of flow and pressure measuring devices installation in PA1	7
Figure 4: NRW trend in PA1 (2018-2020)	9
Figure 5: Cost, benefit, and timeframe of potential NRW reduction measures in Jenin.....	15
Figure 6: NRW reduction in PA3 (%)	17
Figure 7: NRW reduction in PA3 (m ³ /month).....	17

List of Acronyms

DN:	Nominal Diameter
DMA:	District Metered Area
GIS:	Geographic Information System
GPS:	Global Positioning System
JET:	JICA Expert Team
JICA:	Japan International Cooperation Agency
JM:	Jenin Municipality
NRW:	Non-Revenue Water
PA:	Pilot Area
PPWM:	Pre-Paid Water Meter
SIV:	System Input Volume
UFM:	Ultrasonic Flowmeter

1. BACKGROUND

Non-revenue water countermeasures involve various tasks from simpler and cheaper to more complex and more expensive. All these cost money. On the benefit side, reducing NRW results in physical saving of water by reducing real losses as well as increasing revenue by reducing apparent losses. But the question is, where is the cut-off level of NRW after which NRW reduction costs more than the benefit it produces? To aim to eliminate NRW completely is economically unjustifiable, i.e., the investment required would become much more than the benefits made from NRW reduced.

Cost-effectiveness of any countermeasure depends on several factors such as existing level of NRW, actual causes of NRW, availability of qualified human resources and quality materials. In general, when the existing NRW level is very high, such as above 50%, bringing it down to a certain level, say down to 30 to 40%, is relatively easy and can be achieved with less expensive methods such as by quickly repairing visible leaks, reducing/stabilizing pressure, improving metering ratio and meter accuracy, and finding and rectifying illegal connections. Bringing the level further down involves gradually investment-intensive activities such as replacing pipe network and pressure management together with intensive and planned leakage survey and repair.

In this project three pilot areas (PAs) were selected which could be hydraulically isolated. These areas were prepared as district metered areas (DMAs), initial NRW levels were assessed, NRW countermeasures were planned and implemented starting from PA1.

This report has been prepared to outline the NRW countermeasures implemented in the PAs and to evaluate their cost-effectiveness.

2. METHODOLOGY OF COST-BENEFIT ANALYSIS

This section briefly outlines the methodology adopted for this cost-benefit analysis. The concept is illustrated in Figure 1 and explained briefly in the following section.

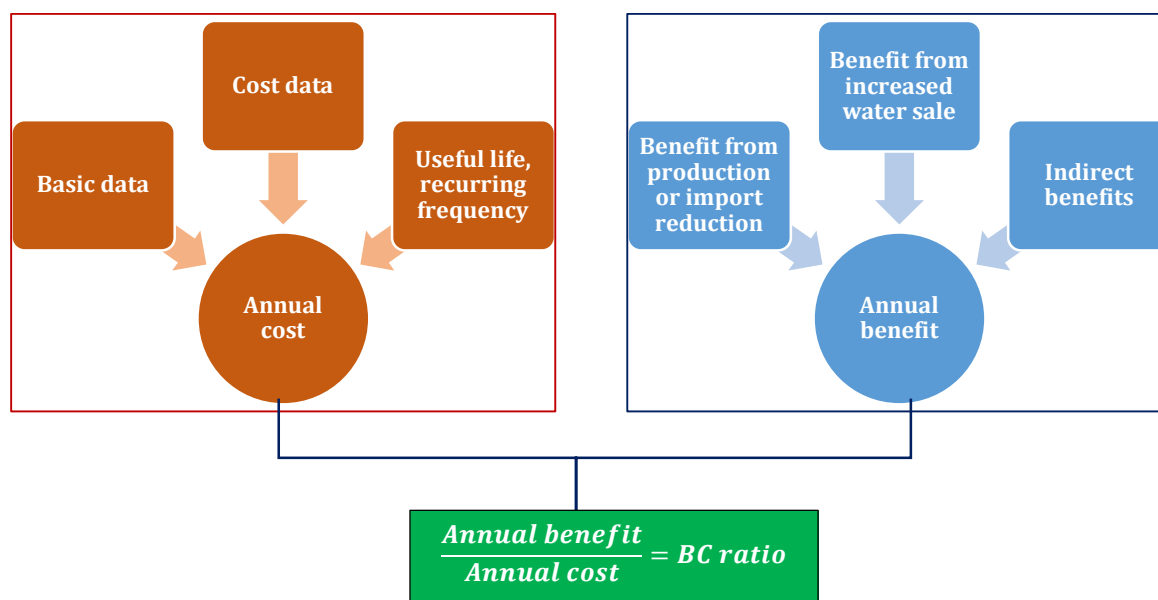


Figure 1: Outline of method for calculating benefit-cost ratio of NRW activities

2.1 Collect basic data of the area

The following basic data was collected:

- ✧ Customer (connection) numbers
- ✧ Pipe network length
- ✧ Average daily/monthly water supply volume
- ✧ Average daily/monthly billed volume
- ✧ Average daily/monthly NRW volume
- ✧ Unit cost of water production (NIS/m³) (unit cost of supply water)
- ✧ Unit selling price of water (NIS/m³)

2.2 Collect cost data

The cost components can be divided into one time cost (medium to long-term) and recurring cost. The following cost data was collected:

- ✧ Cost of equipment to be installed permanently such as bulk meters, pressure gauges, data loggers
- ✧ Cost of permanent construction works such as construction of chambers, installation of bulk meters and valves
- ✧ Cost of preparatory activities such as customer database update, pipe network update, customer meter accuracy checking
- ✧ Cost of less frequent tasks such as customer meter replacement

- ✧ Recurring cost with higher frequency (daily, monthly, annual) such as visual leakage survey, illegal connection survey, stop-cock test, step test, underground leak detection survey, leak repair, equipment hire

2.3 Estimate useful life or recurring frequencies and calculate per year cost

For each cost item estimate useful life or recurring frequencies and from these calculate per year cost.

2.4 Calculate benefits

NRW reduction has direct and indirect benefits. We have considered mainly the direct benefits as indirect benefits are more qualitative and exhaustive data and analysis are needed to calculate these.

The direct benefit comes from two ways; by reducing production (thereby saving production cost) or by supplying the additional water saved from reduced NRW. The former is applicable if enough water resources are available, and production can be reduced as a result of reduction in NRW. But this case is not applicable to the situation of Jenin where the demand is higher than the available water resources. Thus, in case of Jenin the direct benefit comes from the second way; by supplying (selling) the saved water additionally to the customers or to the unserved population.

2.5 Calculate cost-benefit ratio

Once the costs and benefits are calculated, the final step is to calculate the benefit-cost ratio by dividing the benefit by cost.

To understand the cost-effectiveness of each NRW countermeasure, the cost and benefit should be calculated separately for each countermeasure. For example, in order to calculate the cost-effectiveness of leak detection and repair, cost for this work and benefit resulted from this work should be calculated separately. To do this, it is necessary to clearly identify how much NRW decreased due to each countermeasure. This is possible if the countermeasures are applied in series, *i.e.*, one after another, not together in parallel. But in reality, it is difficult to avoid the situation where more than one countermeasures are applied together. For example, to save precious water, big visible leaks need to be repaired quickly or found illegal connections need to be rectified quickly while the work of customer meter replacement might be in progress. In such a situation, precise estimate of NRW reduction by each countermeasure is not possible. As an alternative, NRW reduction can be separated into several distinct stages and percentage contribution to NRW reduction by each countermeasure to that stage can be estimated. This approach has been applied in this analysis.

3. FEATURES AND BASELINE NRW LEVEL IN PA1

3.1 Outline of PA1

Pilot area 1 lied at northern part of Jenin Municipality and included three neighborhoods fully and one neighborhood partially. Its outline map is given Figure 2 and pertinent features are given in Table 1 below.

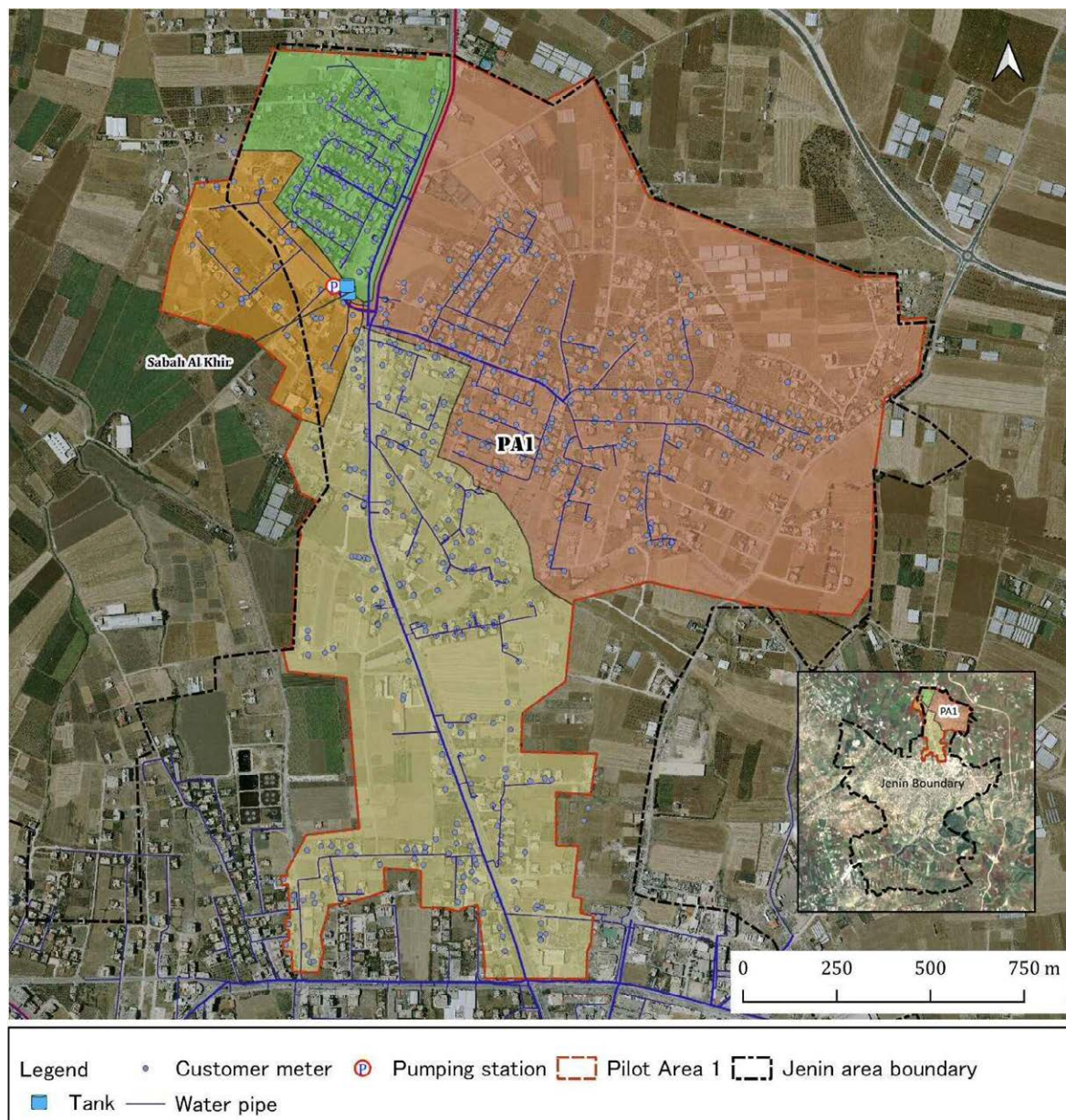


Figure 2: Pilot Area 1 outline showing sub-areas, pipe network, customer meter locations, and Sabah Al Khir pumping station

Table 1: Features of Pilot Area 1

No.	Particular	Description	Remarks
1	Localities	Sabah Al Khir, Kharoubeh, Nazareth Street, Al Basateen (partially)	
2	Area occupied	2.70 km ²	
3	Length of pipe network	17.89 km	25 mm and bigger
4	Number of customers (in 2018)	723 connections	This number has increased to 858 as of Feb. 2021
5	Average monthly surface leak repaired	3.2 nos./month	93 number of leaks repaired in 29 months (Nov 2018 - Mar 2021)

3.2 Supply volume and baseline NRW in PA1

October to December 2018 period was taken as baseline period for NRW as DMA construction work was completed and inflow could be correctly measured by the end of September 2018. Water supply volume, NRW volume and percentage during that period is given in Table 2.

Table 2: Supply volume and NRW in Pilot Area 1 during baseline period

No.	Particular	Description	Remarks
1	Average daily water supply (in Oct.-Dec. 2018 period)	873 m ³ /day	Baseline period
2	Average daily billed volume (in Oct.-Dec. 2018 period)	376 m ³ /day	Baseline period
3	NRW (in Oct.-Dec. 2018 period)	497 m ³ /day (56.9% of supply volume)	Baseline period

4. NRW REDUCTION ACTIVITIES IMPLEMENTED

The following activities were implemented in PA1:

4.1 Customer survey and database update

All households within the PA1 were surveyed and information on water service connection status, alternate water sources, user numbers, size and number of water storage facilities, details of existing meters, and so on was updated/collected. This activity took about two months to finish but when the actual working hours are considered (about 1-3 hours/day) and converted to full day work (6 hrs/d) the total time required for this task was about 10 days.

4.2 Updating of pipe network information

Entire PA1 area was surveyed using pipe locator. Locations of distribution pipelines were determined by the locator and recorded using high precision GPS machine. Using this information, updated pipe network map was prepared in GIS. Location of each customer meter was marked on the map and service connection route from the meter to the distribution pipe was drawn approximately by visual inspection. This process was carried in parallel to customer database survey and took about 10 full days.

4.3 Procurement and installation of flow and pressure measuring devices

Figure 3 shows the locations of flow and pressure measurement in PA1. The equipment installed at each location is summarized in Table 3.

Table 3: Summary of equipment installed at each location of PA1

Location	New chamber	New bulk meter	New pressure tapping and data logger	New valve
1	No	Yes, mechanical (dia. 200 mm)	No	No
2	Yes (pre-cast)	Yes, electromagnetic (dia. 150 mm)	Yes	No
3	Yes (pre-cast)	Yes, mechanical (dia. 50 mm)	Yes	Yes (one)
4	No	Yes, mechanical (dia. 150 mm)	Yes	Yes (one)
5	No	Yes, mechanical (dia. 100 mm)	Yes	Yes (one)
6	Yes (precast)	Yes, electromagnetic (dia. 150 mm)	Yes	Yes (one)

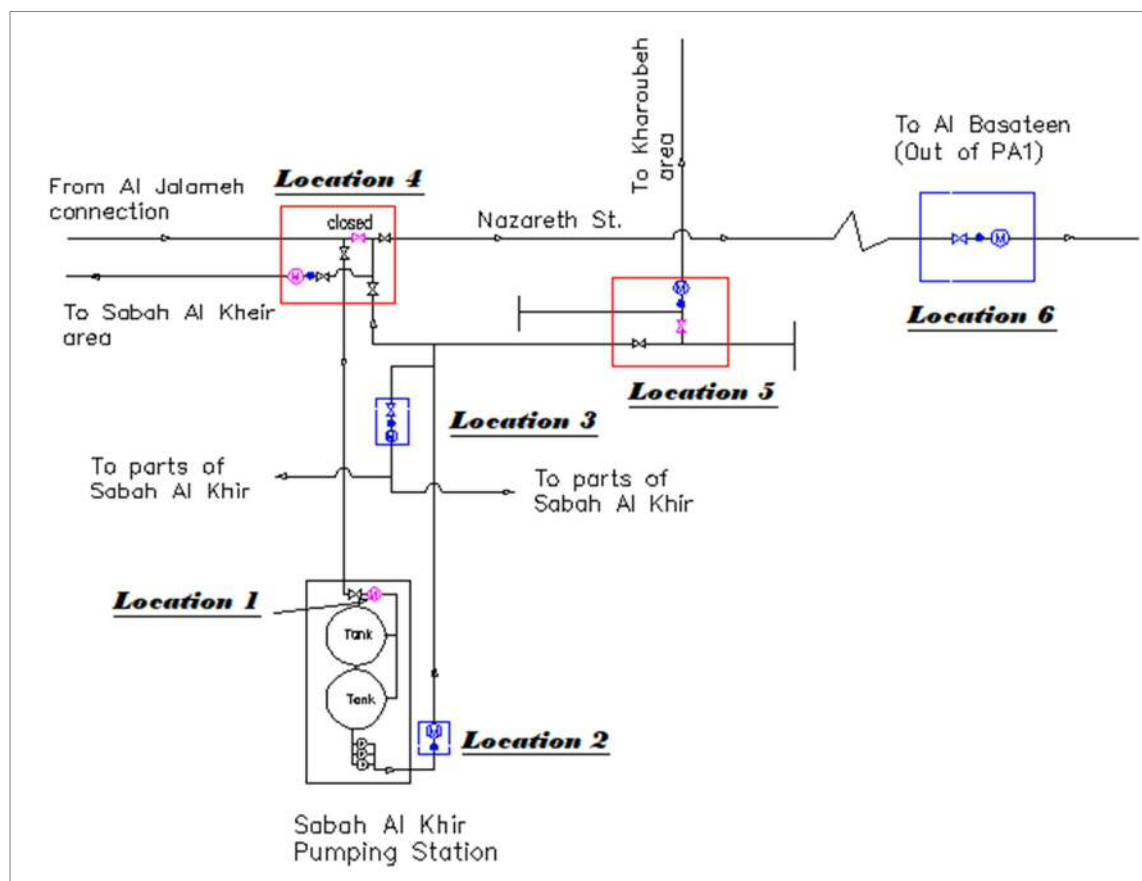


Figure 3: Schematics of flow and pressure measuring devices installation in PA1

4.4 Leak detection survey and leak repair

Leak detection survey was conducted as on-the-job training. The survey covered all the customer households and the entire area covered by distribution network. It found 15 suspected leaks out of which 7 were confirmed and repaired. The leaks were repaired after establishing the baseline NRW level.

4.5 Customer meter accuracy check

Purpose of this task was to find out overall measurement error of existing customer meters. Seventy working (not stopped) customer meters were selected randomly from PA1 and their accuracy was tested in-situ with a portable testing system.

4.6 Customer meter replacement

As of end of this analysis period (August 2020), 684 number out of total 836 existing customer meters in PA1, were replaced with ultrasonic prepaid type meters having the following specifications: DN-20, Permanent flowrate $Q_3=4\text{ m}^3/\text{h}$, Minimum flowrate $Q_1=0.01\text{ m}^3/\text{h}$, $R=Q_3/Q_1=400$, Initial flowrate $Q_i=3\text{ L/h}$, Maximum working pressure =16 bar, Maximum working temperature = 50°C , Accuracy class = Class 1. The remaining customers did not agree to replace their existing mechanical meters for various reasons.

5. COST OF ACTIVITIES

Costs of the above and all related activities are as summarized in Table 4 below.

Table 4: Summary of cost items

S. N.	Items	One time cost (USD)	Useful life/ repetition frequency (years)	Cost per year (USD)	Remarks
1	Bulk meters, valves, fittings, data loggers	35,810	8	4,476	
2	Chamber construction	7,507	15	500	
3	Customer database update survey	1,908	5	382	
4	Network update	660	5	132	
5	Leak detection survey	816	1	816	Repeat every year
6	Leak repair	2,677	1	2,677	Repeat every year
7	Prepaid meters, gateways, fittings	117,522	10	11,752	
8	PPWM installation	7,340	10	734	
9	Illegal connection survey and rectification	252	0.08	3,024	Repeat every month
	Total			24,493	

The number and size of leaks repaired from Oct 2018 to May 2021 period is given in Table 5 below.

Table 5: Leak repaired from Oct 2018 to May 2021 period in PA1

Period	Very large	Large	Medium	Small	Unknown	Total
Baseline (Oct-Dec 2018)	0	1	4	2	0	7
Jan 2019-Jun 2019	0	4	2	1	0	7
Jul 2019-Jan 2020	0	9	2	5	1	17
Feb 2020-Aug 2020	3	2	10	6	0	21
Sep 2020-Feb 2021	1	0	12	23	0	36
Mar 2021-May 2021	0	0	1	4	0	5
Total	4	16	31	41	1	93

6. BENEFITS

6.1 Benefits from overall reduction in NRW

Reduction in NRW volume is the main benefit. Figure 4 below shows the trend of NRW in PA1 from the baseline period until all major countermeasures were applied.

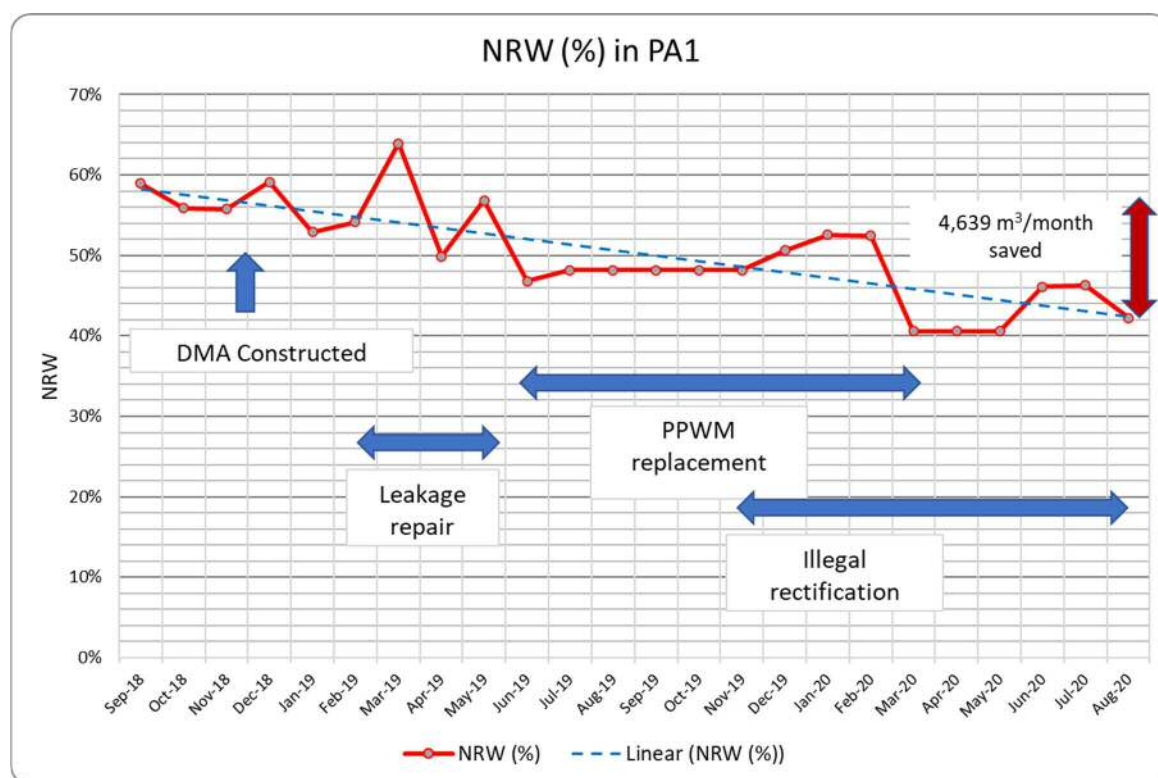


Figure 4: NRW trend in PA1 (2018-2020)

The volume of saved water by reducing NRW consists of both physical losses and apparent losses. If the water production is reduced as a result of reduction in physical loss, then this saving is calculated based on the production cost. But if the saved physical loss is used as an additional source and supplied to customer, then the saving is calculated based on average selling price. Since Jenin's water demand is not satisfied (demand is more than available source) the saved volume from physical losses reduction will also be supplied to customer as an additional source, and thus, the calculation of saving will be based on selling price. The saving from reduction in apparent losses is always on the base of selling price.

6.2 Other intangible benefits

In addition to the direct benefit of saving water, there are several other benefits of NRW reduction such as reduction in chance of water contamination, reduction in inconvenience to public due to unplanned water cut, traffic nuisance from flooded roads etc. But these are difficult to quantify and not considered in this report.

6.3 Benefits of each major NRW countermeasure

In order to calculate benefits of each major NRW countermeasure, the period is divided into four stages. Detail of NRW and major countermeasure in each stage is shown in Table 6 and Table 7 below.

Table 6: Details of NRW in each month during the stages

Stage	Month	SIV (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Av. NRW (m ³ /month)
Baseline	Oct-18	28,239	12,464	15,775	55.9%	15,239
	Nov-18	24,708	10,937	13,771	55.7%	
	Dec-18	27,365	11,193	16,172	59.1%	
Stage 1	Jan-19	24,556	11,572	12,984	52.9%	13,452
	Feb-19	24,287	11,140	13,147	54.1%	
	Mar-19	26,528	9,567	16,961	63.9%	
	Apr-19	19,836	9,947	9,889	49.9%	
	May-19	25,819	11,139	14,680	56.9%	
	Jun-19	27,907	14,854	13,053	46.8%	
Stage 2	Jul-19	26,849	13,919	12,930	48.2%	12,523
	Aug-19	26,849	13,919	12,930	48.2%	
	Sep-19	26,849	13,919	12,930	48.2%	
	Oct-19	26,849	13,919	12,930	48.2%	
	Nov-19	26,849	13,919	12,930	48.2%	
	Dec-19	22,115	10,923	11,192	50.6%	
	Jan-20	22,489	10,667	11,822	52.6%	
Stage 3	Feb-20	21,569	10,252	11,317	52.5%	10,600
	Mar-20	22,844	13,574	9,270	40.6%	
	Apr-20	22,844	13,574	9,270	40.6%	
	May-20	22,844	13,574	9,270	40.6%	
	Jun-20	24,491	13,204	11,287	46.1%	
	Jul-20	27,227	14,633	12,594	46.3%	
	Aug-20	26,513	15,321	11,192	42.2%	

Table 7: Major stages of work and main countermeasure

Stage	Duration	Av. monthly NRW (m ³ /month)	NRW reduced (m ³ /month)	Main countermeasure
0	Baseline (Oct-Dec 2018)	15,239		
1	Jan 2019-Jun 2019	13,452	1,787	Leak repair
2	Jul 2019-Jan 2020	12,523	929	Meter replacement
3	Feb 2020 - Aug 2020	10,600	1,923	Illegal rectification
	Total		4,639	

Although major countermeasure of each stage is as shown above, other countermeasures were also applied at the same time with the major countermeasure. Approximately estimated % contribution of each countermeasure to NRW reduction at each stage is shown in Table 8.

Table 8: Assumed % contribution of each major countermeasure on NRW reduction

Stage	Total monthly reduction	Contribution of leak repair	Contribution of meter replacement	Contribution of illegal rectification
0	-	-	-	-
1	100%	75%	0%	25%
2	100%	25%	50%	25%
3	100%	25%	50%	25%

Calculated contribution to NRW volume (m³/month) reduction by each countermeasure based on the % contribution shown in Table 8 is given in Table 9.

Table 9: Estimated contribution to NRW reduction (m³/month) by each countermeasure

Stage	Total NRW reduced (m ³ /month)	Contribution of leak repair	Contribution of meter replacement	Contribution of illegal rectification
0	-	-	-	-
1	1,787	1,340	0	447
2	929	232	465	232
3	1,923	481	962	481
	4,639	2,053	1,427	1,160

Average selling prices of water in Jenin for year 2016 was NIS 5.12/m³ (Ref. 2016 annual report). The same value will be used to calculate benefit as there has been no tariff revision since then.

From the above, the benefit of each countermeasure is calculated and summarized in

Table 10.

Table 10: Estimated benefit by each major countermeasure

S.N.	Countermeasure type	NRW saved/ moth (m ³)	NRW saved/ year (m ³)	Benefit/year (USD) [@ 1.551 USD/m ³ (5.12 NIS/m ³)]
1	DMA construction and preparatory works	-	-	-
2	Leak detection and repair	2,053	24,636	38,210
3	Customer meter replacement (with prepaid ultrasonic meter)	1,427	17,124	26,559
4	Illegal connections rectification	1,160	13,920	21,590
	Overall	4,640	55,680	86,359

7. COST EFFECTIVENESS OF NRW COUNTERMEASURES

7.1 Cost-effectiveness of NRW Countermeasures in PA1

The benefit cost ratios are calculated from the costs shown in Table 4 and benefits in

Table 10 and summarized in Table 11 below.

Table 11: Summary of benefit-cost calculation

S.N.	Countermeasure type	Cost items in Table 4	Cost/ year (USD)	Benefit/ year (USD)	Benefit / Cost ratio	Remarks
1	DMA construction and preparatory works	S.N. 1-4	5,490	-	-	
2	Leak detection and repair	S.N. 5-6	3,493	38,210	10.94	Almost all result is due to repairing of surface leakage
3	Customer meter replacement (with prepaid ultrasonic meter)		12,486	26,559	2.13	
	<i>If the meters were replaced with mechanical volumetric meters*</i>		<i>(3,465)</i>	<i>(26,559)</i>	<i>(7.66)</i>	<i>To compare with the ultrasonic prepaid type</i>
4	Illegal connections rectification		3,024	21,590	7.14	
	Overall		24,493	86,359	3.53	

* Cost of mechanical volumetric meter = USD37.2, cost of ultrasonic meter = USD171.4, installation cost same as ultrasonic meter, but no additional fittings are required compared to ultrasonic meter.

The above result shows that in overall NRW reduction works are extremely cost-effective and they should be given priority over other expensive means of new water sources.

Customer meter replacement by PPWM shows the lowest benefit-cost ratio. But it is to be noted that in this analysis only the benefit of NRW reduction has been considered. PPWM has even more important benefit of increasing collection ratio to 100%. If that is also considered, the benefit-cost ratio of meter replacement will be much higher. As also shown in Table 11, if the meters were replaced by conventional mechanical (volumetric type) meters available in the local market, the benefit-cost ratio would have been increased to 7.66 compared to 2.13 for prepaid ultrasonic type meters.

7.2 Cost-effectiveness of source meter checking and replacement in Jenin

If the source meters are inaccurate the measurement of supplied water volume (system input volume or SIV) will be inaccurate. This results into incorrect NRW. Since JM purchases about two-thirds of the water it supplies from private sources and West Bank Water Department, it is necessary to have accurate measurement of source volume, otherwise JM would be paying for wrong volume.

The source meters of private wells were checked by portable ultrasonic flowmeter as a part of regular NRW management activity. Five of the eight private well meters were found to be defective (have errors beyond the permissible range $\pm 5\%$). Details of this checking is given in Table 12 and Table 13. Cost-benefit analysis was made considering replacement of the defective meters with mechanical meters. Its result is presented in the following section and Table 14.

Table 12: Detail of source meters checked

ID	Starting date	Measurement duration (hrs)	Quantity recorded in 24-hr period		Measurement Error of the Source Meter (%)	Size of bulk meter (mm)	Remarks
			Well's bulk meter	UFM			
1	20-May-21	24	817.00	795.44	2.7%	75	Error acceptable
2	20-May-21	48	428.00	296.50	44.4%	75	
3	02-Jun-21	24	405.00	390.05	3.8%	50	Error acceptable
4	14-Jun-21	24	818.00	779.40	5.0%	75	Error acceptable
5	14-Jun-21	24	678.00	607.80	11.5%	150	
6	21-Jun-21	48	505.50	362.50	39.4%	75	
7	26-Jul-21	24	592.00	640.52	-7.6%	75	
8	18-Aug-21	96	53.25	168.25	-68.4%	100	

Aggregate error of five meters whose errors are beyond the acceptable range is summarized in Table 13.

Table 13: Aggregate error of five meters having error beyond permissible range

S.N.	Description	Quantity in 24-hr period		Over-reading by existing bulk meters	
		Well's bulk meter	UFM	m ³ /day	%
1	Meters having error more than permissible (not within $\pm 5\%$) (S.N. 2, 5-8)	2,256.8	2,075.6	181.2	8.7%

From the above, the calculated SIV for NRW calculation of whole Jenin is more than actual by 181.2 m³/day.

JM can save the water charge equivalent to the purchase cost of 181.2 m³/day by replacing the 5 defective meters. Even the new meters will have some error but they will likely be both positive and negative and cancel each other. Considering this case, the cost-benefit analysis of testing of 8 and replacing 5 meters by mechanical meters is summarized in Table 14 below.

Table 14: Cost-benefit analysis of source meter testing and replacement

S.N.	Description	Quantity	Unit	Remarks
1	Benefit			
	Apparent loss reduced	181.20	m ³ /day	Replacing 5 meters only
	Average purchasing price of water	2.10	NIS/m ³	From 2016 annual report
		0.636	USD/m ³	
	Benefit (saving in water charge payment to private wells) =181.2*0.636	115.28	USD/day	
		42,077.20	USD/year	
2	Cost			
	Cost of checking 8 and replacing 5 meters	11,495.00	USD	
3	Cost recovery period	0.273	Year	
		3.28	Months	

The above result shows that source meters are significant part of error in calculation of NRW and by replacing defective meters (meters having errors beyond acceptable range), JM can recover the cost in about three months.

7.3 Cost-effectiveness of NRW Countermeasures in general

1) Cost-effectiveness of principal countermeasures

In the general context of Jenin, where;

- ✧ the existing NRW level is very high (still more than 50%),
- ✧ illegal connections are widespread,
- ✧ water resources are scared,
- ✧ water supply is intermittent,
- ✧ there is a security concern for nighttime work,
- ✧ supply pressure is extremely high in some localities, and
- ✧ water utility (Jenin Municipality)'s financial situation is weak,

The countermeasures of NRW in the order of decreasing cost-effectiveness may be as listed below:

- (1) Conducting daily patrolling for finding surface leakage and quickly repairing,
- (2) Implementing measures against illegal connections by regularly analysing customer consumption data and checking customer meters which show zero-consumption,
- (3) Checking accuracy of and replacing defective source meters,
- (4) Conducting combined stop-cock test and sounding survey in suspicious blocks/branches and repairing leaks quickly,

- (5) Testing customer meters and replacing defective customer meters,
- (6) Pressure management,
- (7) Leak detection survey using conventional acoustic system and timely repair, and
- (8) Replacing leak-prone/worn out water network and facilities.

The above measures are graphically depicted below in Figure 5 considering their cost, benefits, and timeframe of implementation.

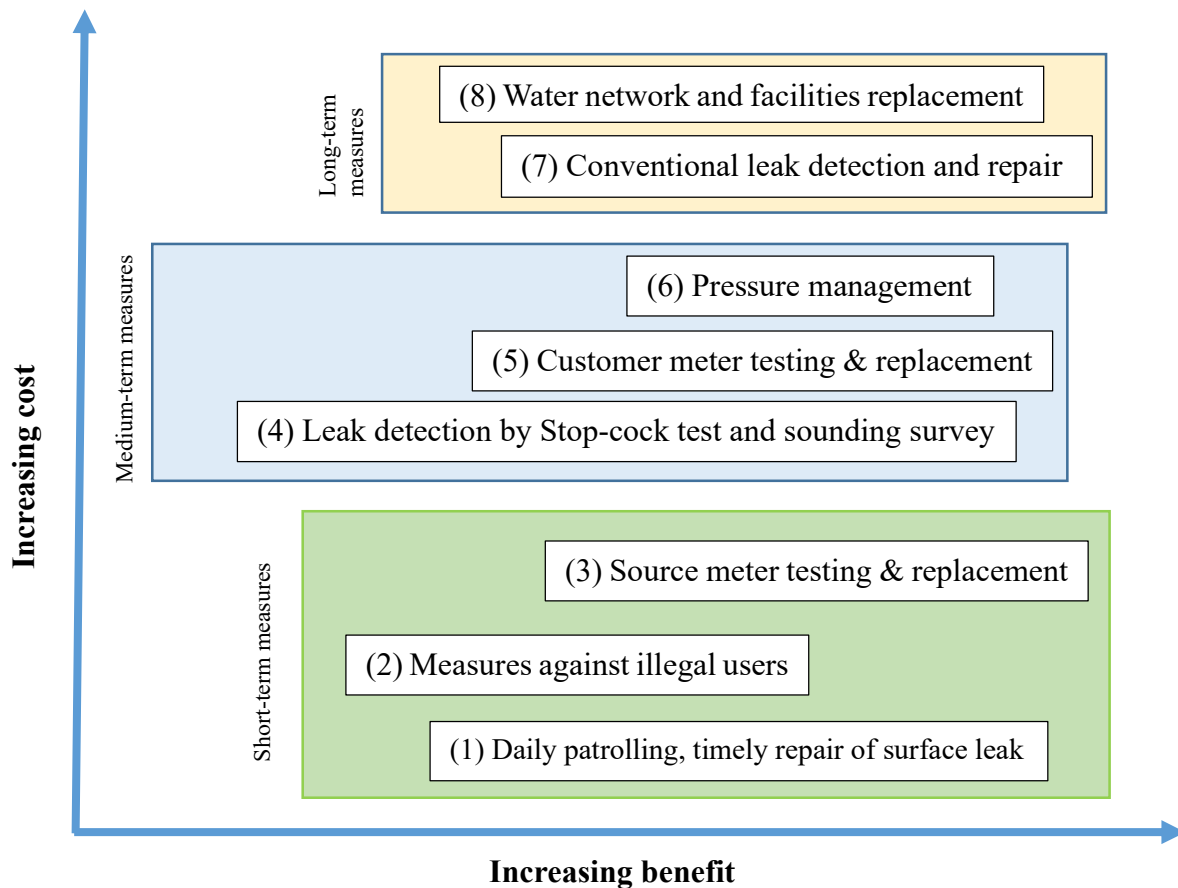


Figure 5: Cost, benefit, and timeframe of potential NRW reduction measures in Jenin

It is to be noted that the cost benefit effectiveness (payback period and BC ratio) is for the range of current NRW level (~50%) in this pilot area. The effectiveness of overall NRW measures and each measure would change as the NRW level decreases. If the current NRW level was in different range; e.g., 20% or less, the effectiveness of overall NRW measures and each measure could have been different.

8. COST-BENEFIT ANALYSIS IN PA3

8.1 Cost of Activities in PA3

The costs are shown in Table 15 below.

Table 15: Cost of activities in PA3

S. N.	Items	One time cost (USD)	Useful life/ repetition frequency (years)	Cost per year (USD)	Remarks
1	Bulk meters, valves, fittings, data loggers	5,735	8	717	
2	Chamber construction	2,104	15	140	
3	Customer database update survey	630	5	126	
4	Network update	632	5	126	
5	Leak detection survey	816	1	816	Repeat the survey every year
6	Leak repair	385	1	385	
7	Prepaid meters, gateways, fittings	88,035	10	8,804	
8	PPWM installation	8,480	10	848	
9	Illegal connection survey and rectification	252	0.08	3,024	Repeat the survey every month
	Total	107,069		14,986	

8.2 Benefit from NRW Reduction in PA3

The NRW reduction in PA3 compared to baseline NRW in Oct 2019 is as shown below in Table 16 and Figure 6 and Figure 7.

Table 16: NRW in PA3

Month	SIV (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Remarks
Oct-19	20,931	9,375	11,556	55.2%	Baseline value
Jul-20	19,119	9,189	9,930	51.9%	
Aug-20	18,191	8,847	9,343	51.4%	
Sep-20	17,402	8,528	8,874	51.0%	
Oct-20	15,721	7,788	7,932	50.5%	
Nov-20	15,721	7,788	7,932	50.5%	
Dec-20	14,438	6,936	7,502	52.0%	
Jan-21	15,171	7,249	7,922	52.2%	
Feb-21	13,671	6,377	7,294	53.4%	
Mar-21	16,201	7,253	8,948	55.2%	
Apr-21	15,874	8,102	7,772	49.0%	
May-21	16,960	8,927	8,033	47.4%	
Jun-21	15,059	8,020	7,038	46.7%	

Month	SIV (m ³)	Consumption (m ³)	NRW (m ³)	NRW (%)	Remarks
Jul-21	15,059	8,020	7,038	46.7%	
Aug-21	15,012	8,715	6,297	41.9%	
Sep-21	12,992	7,281	5,711	44.0%	

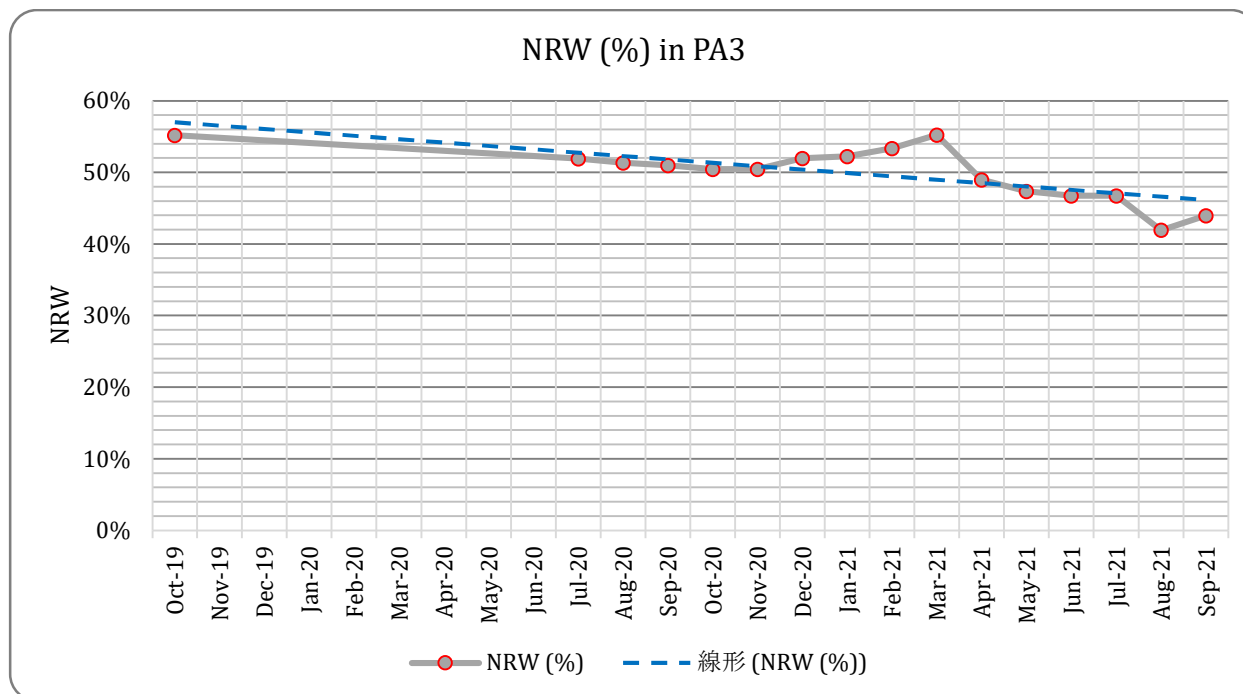


Figure 6: NRW reduction in PA3 (%)

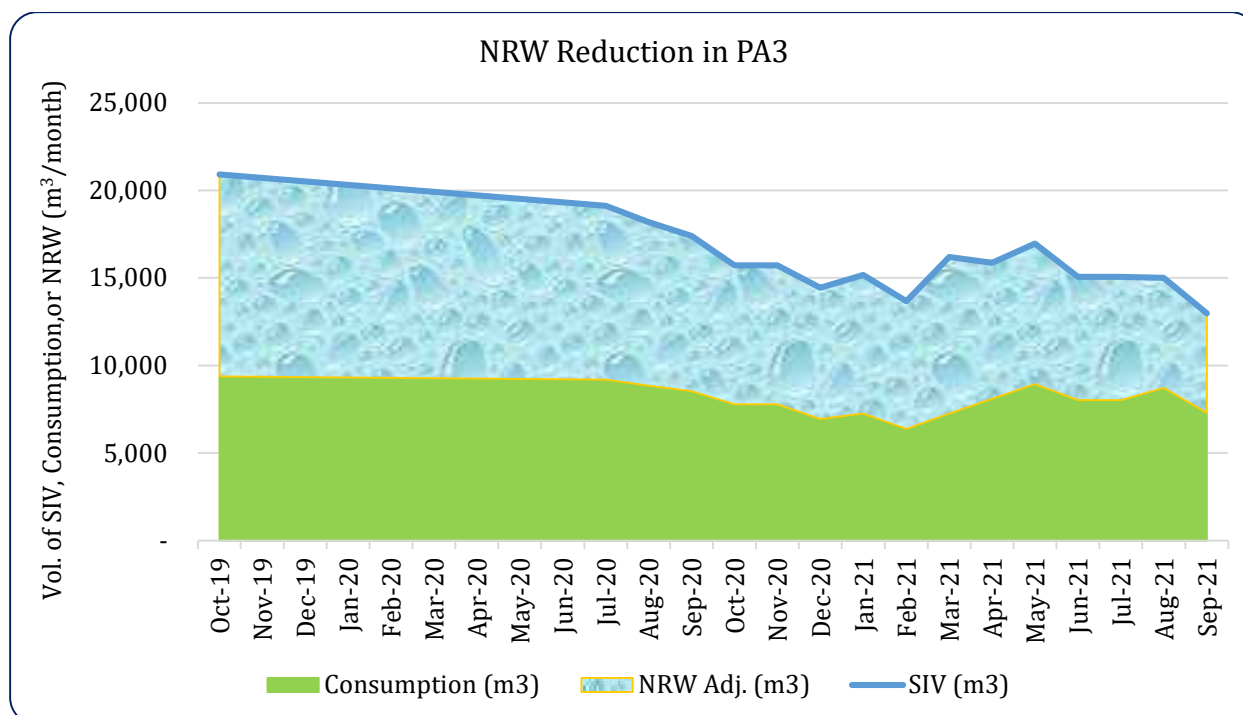


Figure 7: NRW reduction in PA3 (m³/month)

The NRW in PA3 was 11,556 m³/month in Oct 2019 (baseline period). This has been reduced to 5,711 m³/month as of Sep 2021. Thus, the NRW volume reduced is 5,845 m³/month.

The benefit resulting from this reduction in NRW is calculated as shown in Table 17 below.

Table 17: Benefit from NRW reduction in PA3

S. N.	Parameters	Quantity	Unit	Remarks
1	NRW volume reduced	5,845	m ³ /month	Baseline (Oct 2019): 11,556 m ³ /month Sep 2021: 5,711 m ³ /month
		70,140	m ³ /year	
	Average selling price of water (NIS/m ³)	5.12		Ref. 2016 Annual report
	NIS-USD conversion rate (1 NIS = 0.303 USD)	0.303		As of 12 Apr 2021
2	Benefit	359,117	NIS/year	
		108,812	USD/year	

8.3 Benefit-cost ratio

From the above values, the benefit-cost ratio comes out to be $108,812/14,986 = 7.26$. This gives the cost recovery period of 1.65 months.

The above value is by considering the NRW result of last month (Sep 2021) for which the result is available. But if we take the average of months from Jul 2020 to Sep 2021, the NRW volume reduced will be $11,556$ (baseline NRW) - $7,838$ (average of Jul 2020 to Sep 2021) = $3,718$ m³/month. In that case the benefit would be USD69,215/year and the benefit-cost ratio will be $69,215/14,986=4.61$. This will result into a cost recovery period of 2.60 months. This is still an excellent recovery period.

Thus, in conclusion, we can see that the NRW reduction work is extremely cost-effective in the existing context of Jenin. But as noted in the case of PA1, if the current NRW level in this PA was in different range; e.g., 20% or less, the effectiveness of NRW measures (payback period and BC ratio) could have been different.

9. ONGOING COUNTERMEASURES IN PILOT AREAS

NRW reduction is a cyclic process, *i.e.*, if no countermeasures are taken on continuous basis, the once decreased NRW level rebounds. This is due to gradual increase in leakage from existing undetected leaks, occurrence of new leaks, increase in illegal connections, gradual deterioration of meter accuracy, and so on. The NRW level in PA1 once reached down to 40% but it soon increased, due probably to combination of the above factors. The NRW level in PA2 increased compared to baseline level due to connection of a new well source in this area. This well has a very high head pump which caused an increase in supply pressure and reversal of flow direction at the location of a bulk meter. It also probably caused some boundary valves to malfunction. NRW level in PA3 is also high and the reduction is not consistent.

On this background, a workshop was conducted with participation of Jenin Municipality (JM) counterparts and JICA Expert team (JET) which discussed and agreed on a policy to focus on PAs and implement the following specific activities. Currently the counterparts and local JET assistants are actively implementing these activities, and as a result, NRW in PA3 and whole Jenin has started decreasing steadily.

1. Focus on PA1, 2, and 3. Activities on other new DMAs can be taken later.
2. The possible main reasons for high NRW are:
 - (a) Leakage (surface and underground)
 - (b) Illegal connections,
 - (c) Incorrect consumption estimation of non-prepaid meters,
 - (d) Leakage due to high pressure (especially near private wells in PA2 and 24-hr area in PA1) and,
 - (e) Pipe damage as a result of intermittent supply (repeated closing and opening of valves).
3. Priority cost-effective activities
 - (a) Periodical surface leakage patrol together with rapid repair: This measure is low cost and to be continuous activity.
 - (b) Finding and rectifying illegal connections: every month check all zero consumption customers. Two or three teams (2 persons in each team) may be needed. If possible, the mayor should be briefed about this very serious issue and his opinion should be considered.
 - (c) Correct and complete reading of post-paid meters: all post-paid meters within PA1, 2, and 3 should be read every month. Incorrect estimation or use of zero consumption for unread meters may be causing significant NRW increase. Meters of the suspiciously low consumption or zero consumption customers should be checked visually and if found doubtful, they should be asked to change meters to PPWM. In addition, if consumption history of such customers for last 2-3 years can be prepared, it would help to identify potential illegal water use.

In addition, replacement of post-paid meter with PPWM shall be enhanced, which avoid meter reading inaccuracy and support zero consumption customer survey.

- (d) Continue Step test and Stop-cock methods by small block or at suspicious sections. After this measure, the point of suspicious location will be narrowed down by use of acoustic sounding stick or ground microphone. By this measure, both leakage and illegal connection can be found.
- (e) Leakage due to high pressure (especially near private wells in PA2 and 24-hr area in PA1)- during supply time one person should be sent to make a round of the area to check for any surface (visual) leak and if any leak found, it should be repaired with high priority. Not much can be done about pressure management in short term (the remaining time for this project) but temporary measure such as not operating high head pump of the private well during a couple of hours at night can be considered.

別冊資料 1.3

DMA & Rollout Plan of NRW Reduction – English Version



PALESTINIAN WATER AUTHORITY

**THE PROJECT FOR STRENGTHENING THE CAPACITY OF WATER SERVICE MANAGEMENT IN
JENIN MUNICIPALITY**



DMA & ROLL-OUT PLAN OF NRW REDUCTION

August 2022

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

TEC INTERNATIONAL CO., LTD.

PADECO CO., LTD.

Table of Contents

LIST OF ACRONYMS.....	iii
1. BACKGROUND	1
2. REVIEW OF PILOT PROJECTS AND LESSONS LEARNED	2
2.1 Outline of Pilot Areas	2
2.2 Implemented Activities.....	3
2.3 Results Achieved	4
2.3.1 NRW reduction	4
2.3.2 Collection ratio increase.....	4
2.4 Lessons learned and to be incorporated in the DMA & ROP	5
3. THE PLAN	6
3.1 Basic considerations for the DMA & ROP	6
3.2 Activities included in the DMA & Rollout Plan	6
3.3 Detailed Procedure of Executing the Activities	7
3.4 Prioritization of DMAs.....	7
3.5 Details of DMAs	9
3.6 Costing of Activities.....	15
4. IMPLEMENTATION PLAN	17
5. PROJECT MANAGEMENT	20
5.1 Organizational Structure for Implementation.....	20
5.2 Interrelation among NRW and other Divisions	21
5.3 Job Description (related to DMA & ROP implementation) of Staff Members in NRW Division.....	21
5.4 Periodic Reporting.....	23
5.5 Progress Monitoring	23

List of Figures

Figure 2-1: Outline of the pilot areas	2
Figure 3-1: Planned DMAs and NRW reduction activities with implementation year	8
Figure 5-1: Organization chart of Water and Wastewater Department	20
Figure 5-2: Proposed organization for NRW Division	21

List of Tables

Table 2-1: Salient features of the Pilot Areas.....	3
Table 2-2: Activities implemented in the Pilot Areas	3
Table 2-3: NRW situation in PAs and entire Jenin city	4
Table 2-4: Collection ratio (without debt collection) in PAs and entire Jenin city	4
Table 3-1: Grouping of DMAs in priority classes and implementation lots	7
Table 3-2 : Reference for cost estimation of activities.....	15

LIST OF ACRONYMS

CSS	Customer Service Section
CDS	Customer Database Survey
Con	Connection
DMA	District Metered Area (sometimes used to denote a distribution Zone or vice versa)
GIS	Geographical Information System
JM	Jenin Municipality
masl	Metres above sea level
MoLG	Ministry of Local Government
NIS	New Israel Schekel
NRW	Non-Revenue Water
O&M	Operation and Maintenance
OJT	On the Job Training
PA	Pilot Area
PPWM	Prepaid Water Meter
PS	Pumping Station
PWA	Palestinian Water Authority
UFM	Ultrasonic Flow Meter
WWD	Water and Wastewater Department (of JM)

1. BACKGROUND

Non-revenue Water (NRW) reduction is one of the main objectives of this project. In order to build capacity of Jenin Municipality (JM) to manage NRW, three pilot areas were selected, necessary tools and equipment were procured, basic trainings and OJTs for NRW management were provided in the pilot areas. By utilizing the knowledge acquired through the project and with some support of JICA expert team (JET), Water and Wastewater Department (WWD) of JM has started expanding the NRW countermeasures outside the project PAs. Currently two DMAs have been established and preparatory work is progressing in two other DMAs.

By the end of this project the NRW levels in pilot areas have decreased to targeted levels. NRW of the whole Jenin municipality has also decreased by about 5% but the current level is way too high. To reduce the NRW of whole Jenin municipality to a desirable level it is essential to expand the NRW reduction activities in the remaining area of municipality. NRW has the tendency to increase with time, so certain activities are necessary on a continuous basis in the completed areas as well to maintain the achieved levels or reduce them further.

This document provides a plan for rolling out the NRW reduction activities in the remaining areas as well as periodically repeating certain activities in the completed DMAs. This plan draws lessons from the activities implemented in the pilot areas. In preparing this plan consideration has been given to the current progress of DMA implementation and technical and financial capacity of WWD/JM.

2. REVIEW OF PILOT PROJECTS AND LESSONS LEARNED

Three pilot areas were selected in the beginning of the project and activities centered on reduction of NRW and improvement in bill collection ratio were implemented. Salient features of these PAs, activities implemented, results obtained, and lessons learned are briefly outlined in this section.

2.1 Outline of Pilot Areas

The pilot areas were as shown in Figure 2-1.

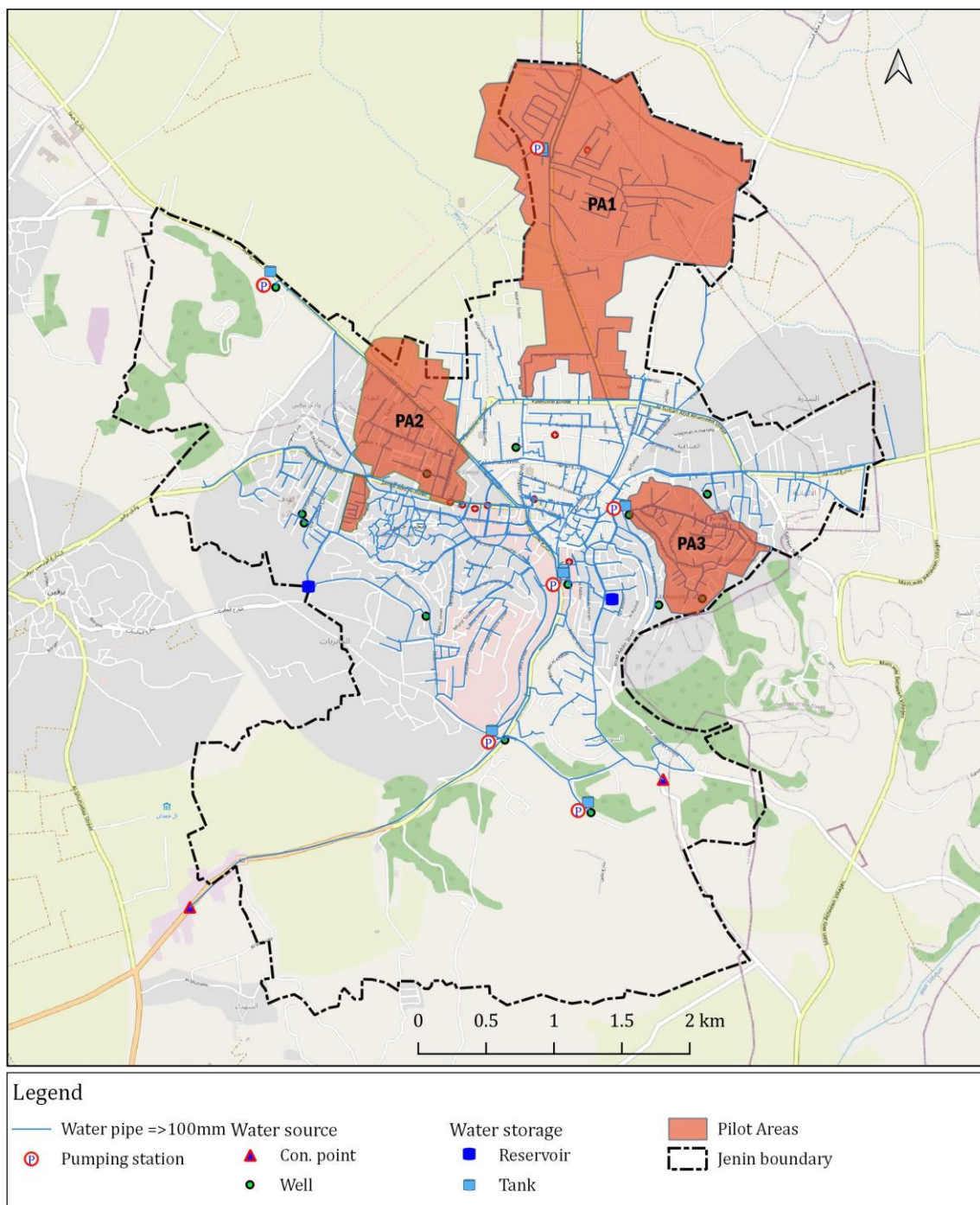


Figure 2-1: Outline of the pilot areas

Table 2-1: Salient features of the Pilot Areas

S. N.	Features	Unit	PA1	PA2	PA3	Total	Remarks
1	Area	km ²	2.72	0.76	0.56	4.04	
2	Number of connections	Nos.	863	671	575	2,109	As of June 2022
3	Length of pipe network (dia. ≥ 25 mm)	km	17.89	14.09	11.32	43.30	
4	Sub-areas/ Sub-DMA's	Nos.	4	2	None	-	
5	Number of bulk meters	Nos.	6	5	2	13	

The three pilot areas covered approximately one-fourth of the Jenin municipality in terms of area, length of pipe network as well as the number of customer connections.

2.2 Implemented Activities

The following activities were implemented in the pilot areas.

Table 2-2: Activities implemented in the Pilot Areas

S. N.	Activities	Unit	PA1	PA2	PA3	Remarks
1	Pressure measurement	Places	10	10	10	
2	Customer database update survey	Properties	1366	907	656	
3	Pipe network confirmation survey (dia. ≥ 50 mm)	km	15.94	11.45	10.15	
4	Chamber construction	Nos.	4	5	1	
5	Procurement and installation of bulk meters for DMA	Nos.	6	5	2	
6	Procurement and installation of dual channel data logger	Nos.	6	4	1	
7	Customer meter accuracy checking	Nos.	70	-	-	Using portable test bench
8	Customer meter replacement by PPWM	Nos.	737	538	533	As of June 2022
9	Leak detection survey	km	15.94	11.45	10.15	
10	Leak repair	Nos.	142	109	45	From 2018.11.16 to 31.08.2022 (45.5 months)
11	Step test	sites	4	0	0	As of Aug 2022
12	Stop-cock method	sites	12	10	4	As of Aug 2022

2.3 Results Achieved

2.3.1 NRW reduction

NRW ratio is one of the key performance indicators of the project. The NRW values of the PAs and entire Jenin city for the baseline, the latest available month (June 2022), and minimum achieved so far are given in the following table.

Table 2-3: NRW situation in PAs and entire Jenin city

Area	Baseline		Latest Available		Minimum Achieved	
	Period	NRW (%)	Period	NRW (%)	Period	NRW (%)
PA1	Oct-Dec 2018	57	June 2022	41.1	Mar~May 2020 May 2021	40.6
PA2	Apr, Jun, Jul 2021	66	June 2022	56.2	Apr 2022	53.9
PA3	Oct 2019	55	June 2022	41.0	Oct 2021	40.1
Whole Jenin	Year 2018	60	June 2022	54.0	June 2022	54.0*

* The NRW in May 2021 is lowest at 42.2% but this value was exceptional caused by reading of many previously unread meters

As indicated by the values in the above table, it is evident that NRW in the pilot areas as well as in entire Jenin city is decreasing, though slowly. The decrease is not always consistent, and it starts raising again if NRW countermeasures are not continued after achieving the lower NRW level. This points to the need of continuous sustained efforts to maintain the NRW at the lowest level.

2.3.2 Collection ratio increase

Another key performance indicator of the project is collection ratio. It has increased remarkably compared to the baseline because of various efforts and replacement of mechanical meters with pre-paid meters. As with NRW, the increase is not always consistent. The baseline, latest, and maximum values achieved so far are shown in the following table.

Table 2-4: Collection ratio (without debt collection) in PAs and entire Jenin city

Area	Baseline		Latest Available		Maximum Achieved	
	Period	Collection Ratio (%)	Period	Collection Ratio (%)	Period	Collection Ratio (%)
PA1	2018	49	July 2022	91.5	Jul 2021	99.6
PA2 (w/o camp)	2018	49	July 2022	70.2	March 2022	77
PA3	2018	49	July 2022	87.6	Feb 2022	100
Whole Jenin	2018	41	July 2022	49.0	Oct 2021	53.8

2.4 Lessons learned and to be incorporated in the DMA & ROP

From the implementation of NRW reduction activities a number of lessons have been learnt. The followings are the lessons relevant to the rollout plan:

- 1) Significant portion of population (about 40% of residents) do not have municipal water connection and rely on alternative sources of water. These residents live in the same areas where other residents have municipal water connection. Thus, it is necessary to carefully examine each household about its water source during customer database survey (CDS).
- 2) WWD has a GIS map of pipe network but its accuracy is doubtful. The updating work outside of PAs is still not regular. Thus, substantial effort is required to update and make the pipe network more accurate.
- 3) The material of distribution network pipe in Jenin is GI or black steel. These are very easily corroded and encrusted. The problems get worse in case of intermittent water supply, and Jenin has this supply system. During leak repair works Jenin's pipe network is found to be heavily corroded and encrusted.
- 4) The NRW reduction works in pilot areas showed that reducing NRW takes a lot of time and effort. It often requires repetitive works of leakage and illegal connections survey and their rectification.
- 5) NRW level tends to increase with time. So, maintaining NRW to the lowest level once achieved needs continuous efforts. This is more difficult in case of intermittent supply system, like that of Jenin, because the network is subjected to frequent pressure surges (water hammer) resulting in more pipe breaks.
- 6) The PPWM system is very important to increase the collection ratio. In addition, this also helped to make water supply more equitable. People become more aware of their water consumption, high consumer reduced their consumption, and the saving was available to others who did not have enough water before. Thus, implementation of PPWM system will be a major factor in successful implementation of this DMA & ROP.
- 7) Hydraulic isolation of water network (establishing a DMA) is easier in peripheral areas but it becomes more and more difficult as we move towards the city center. There are many reasons for this; pipe network in the city center is often older and unknown, valves are buried, excavation work is difficult due to traffic congestion, and so on. Thus, it is advisable that the DMA implementation start from easier DMAs in peripheral areas and move gradually to more difficult ones to the city center.

3. THE PLAN

3.1 Basic considerations for the DMA & ROP

The following shall be considered in the preparation of this plan:

- 1) Three pilot areas (PA1, PA2, and PA3) have been completed and NRW countermeasures have been implemented. However, various NRW countermeasures including patrolling for surface leakage detection, investigation of zero-consumption meters for possible illegal connections or problem of meter, monitoring of flow and pressure profiles for abnormal patterns, step test and stop-cock tests of suspicious sections, and investigation for underground leakage/ illegal connections of suspicious sections are needed on regular basis even in these pilot areas to further lower or sustain the achieved level of NRW. Extent of these PAs in the overall zoning plan is shown in Figure 3-1.
- 2) Preparatory works, DMA establishment, and NRW countermeasures are completed in Al Jinan. This DMA needs monitoring and periodic activities similar to PA1, PA2, and PA3 mentioned above.
- 3) Preparatory works and DMA establishment have been completed in Al Basateen North. NRW countermeasures need to be started in this.
- 4) Customer data update survey has been completed in Almaniya. It is about 40% completed in Industrial area.
- 5) The time required for implementation of various activities is estimated based on the number of household and length of pipe network in each DMA.
- 6) The cost of items is based on the experience in Pilot Areas.
- 7) The data of pipe network length, building counts, meter counts and such are taken from the latest available data in GIS. These are indicative only and should be confirmed by surveys.

3.2 Activities included in the DMA & Rollout Plan

The following activities are considered in the DMA & ROP:

1. Clarification and confirmation of new DMA boundary
2. Confirmation of required flowmeters, valves, data loggers etc.
3. Procurement of flowmeters, valves, etc.
4. Pipeline investigation
5. Customer database survey
6. Water pressure measurement
7. Construction of chamber and installation of bulk meter

8. Start of NRW measurement (before measures)
9. Customer awareness and meter replacement
10. Leakage survey (Surface patrolling and underground)
11. Leakage repair
12. Zero consumption meter checking, illegal use survey and rectification
13. NRW evaluation, monitoring, and repetition of Items 10-12 as necessary.

3.3 Detailed Procedure of Executing the Activities

Detailed procedures for the above activities are given in NRW Manual prepared under the project.

3.4 Prioritization of DMAs

The considered time period for implementation of this DMA & ROP is the remaining period of this year (2022) and two more years, i.e., until the end of 2024. With the currently available resources of Jenin Municipality, it will not be possible to cover all the areas of JM within this period. Thus, the DMAs are prioritized. Their implementation should start from the DMA which is easier to isolate or where works have already been progressing. From these prospective, the DMAs have been grouped into three groups; (i) which can be implemented quickly within the remaining period of this year, (ii) to be implemented in year 2023, and (iii) to be implemented in year 2024. The areas not included in any of the above will be out of scope of this DMA & ROP.

Table 3-1: Grouping of DMAs in priority classes and implementation lots

Group 1: Priority 0 (to be implemented in 2022)	Group 2: To be implemented in 2023	Group 3: To be implemented in 2024
<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenin camp 2. Industrial area 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Almaniya 2. North Gate H. Area 3. Basateen North 4. Basateen South 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wadi Burqin 2. Wadi Iz Al-din 3. Swetat and Marah Saad

As shown in Figure 5-2 two NRW teams have been proposed within NRW division. The DMAs will be divided and allocated to each team the implementation shall be done in parallel by both teams.

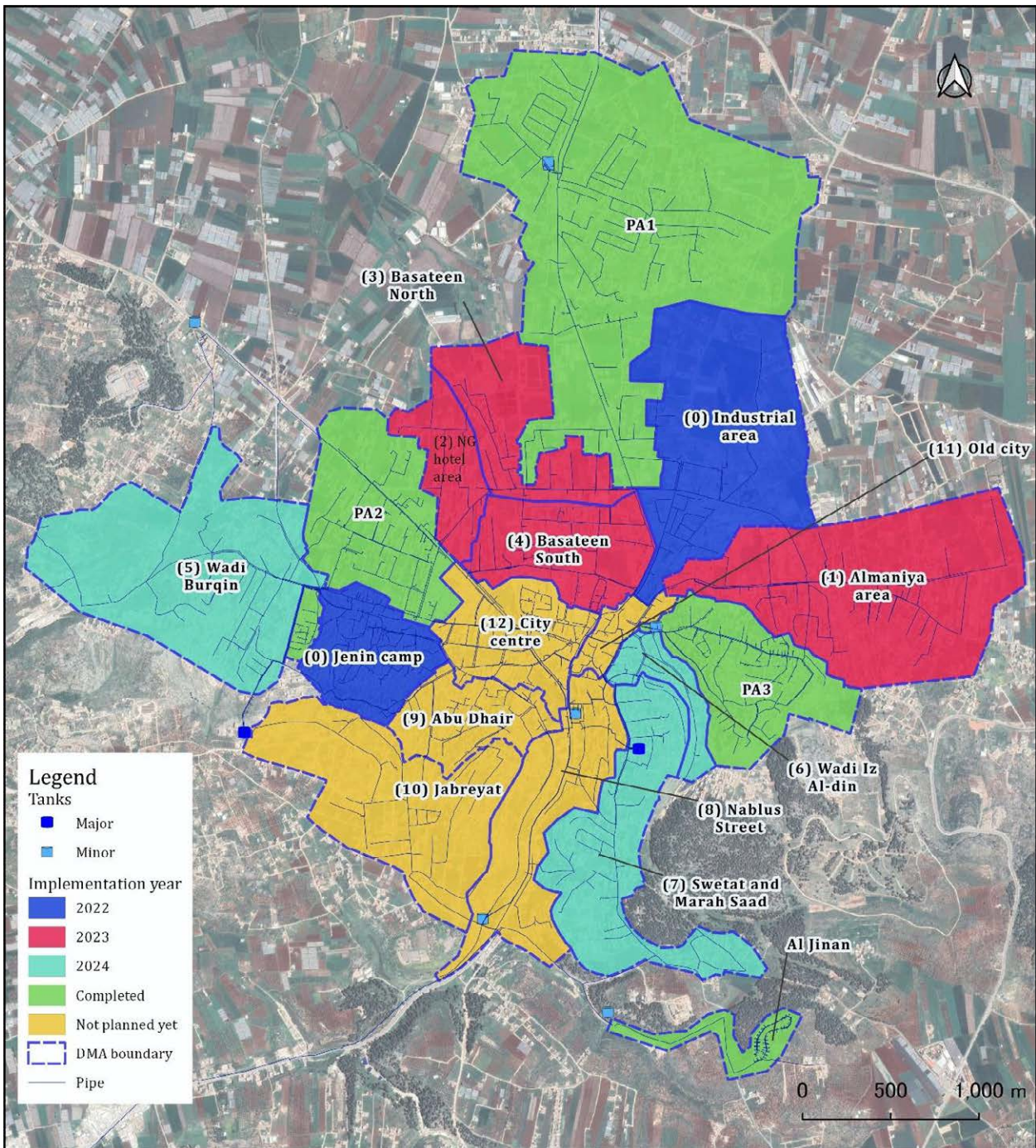
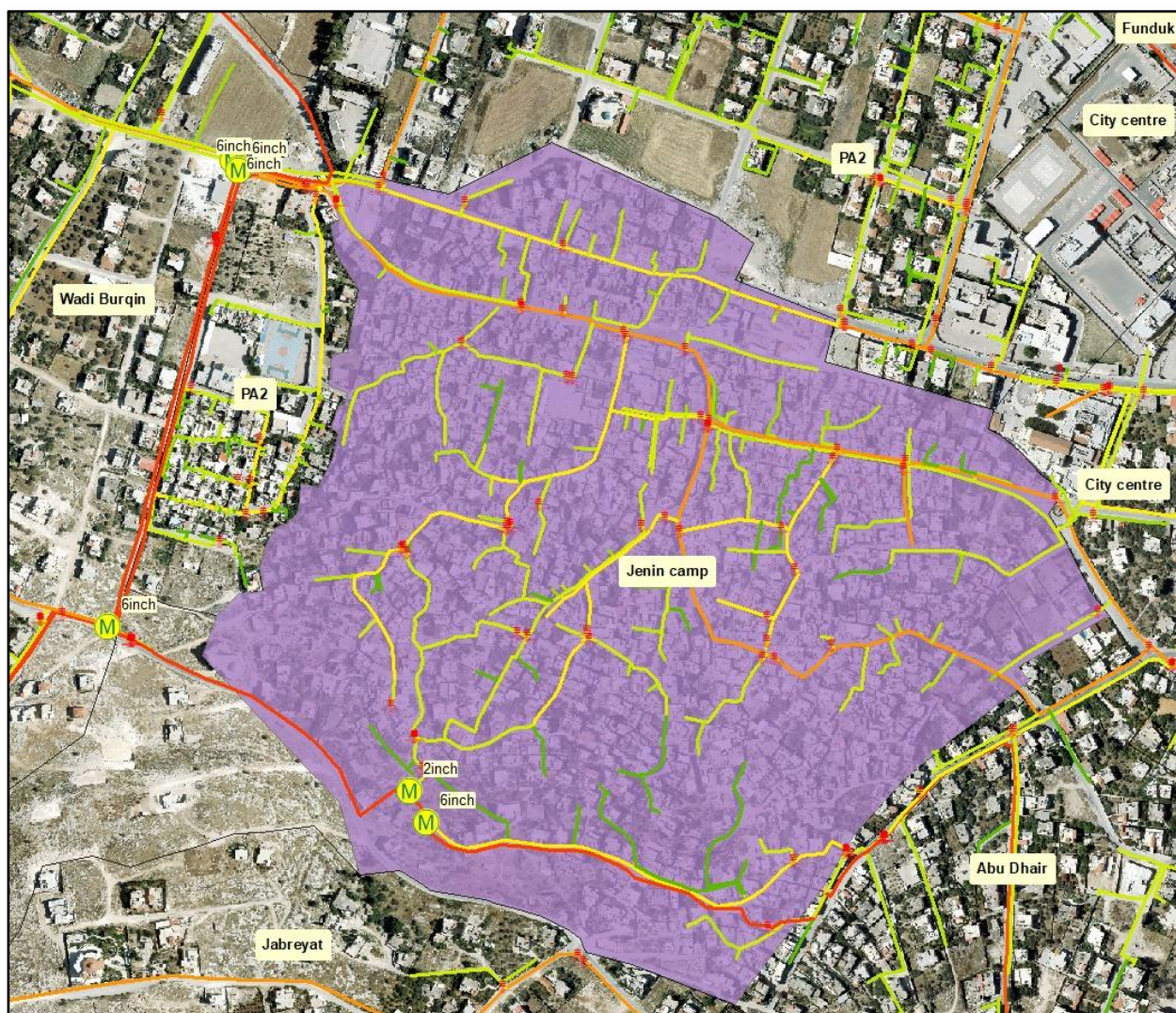


Figure 3-1: Planned DMAs and NRW reduction activities with implementation year

3.5 Details of DMAs

1. Jenin Camp

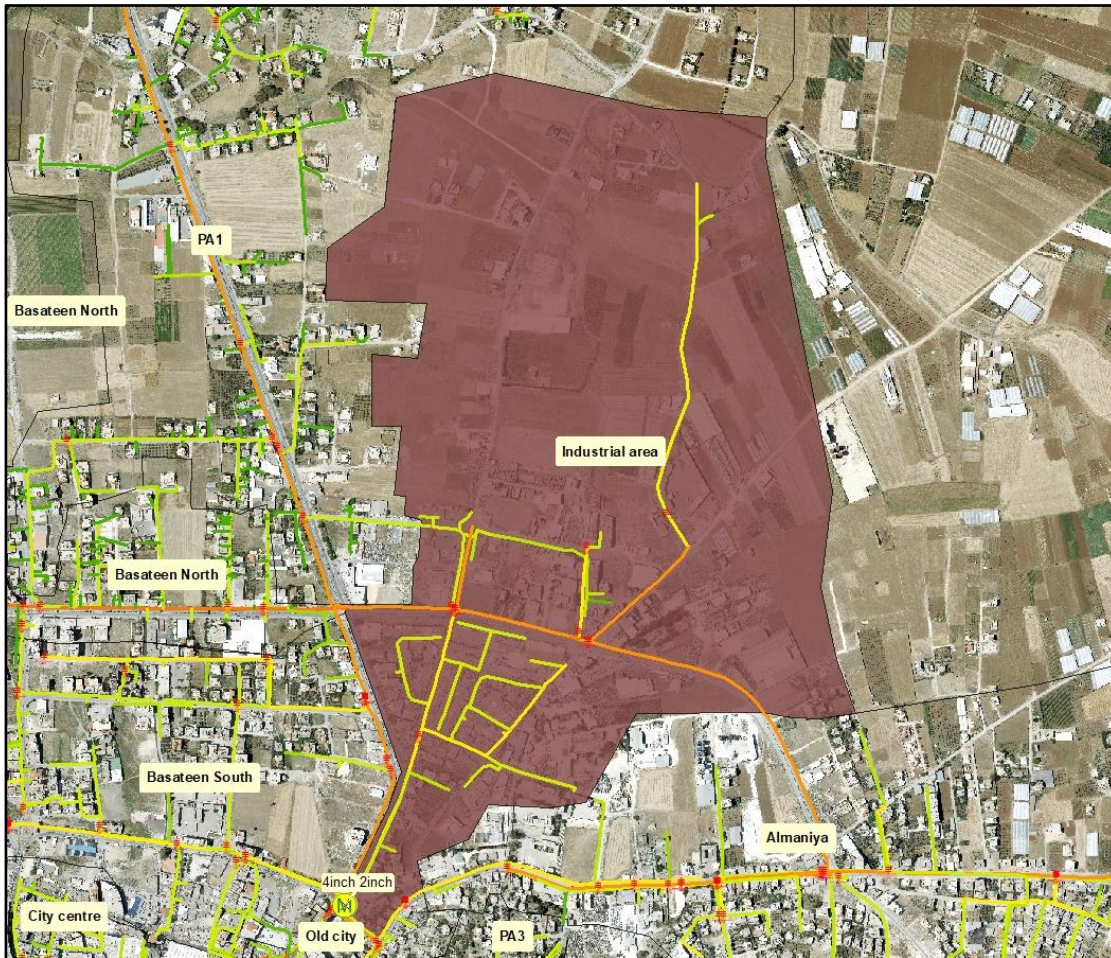


Number and size of bulk meters required:
3 meters (Día: 150mm), 1 meter (Día: 50 mm)

Likely challenges

- 1-Checking the boundary valve in the eastern side of Jenin old camp.
- 2-Not enough space for chamber at some locations.
- 3-Difficulty to merge two inlet pipelines to one line near Abu Ghada Street to install one meter.

2. Industrial area

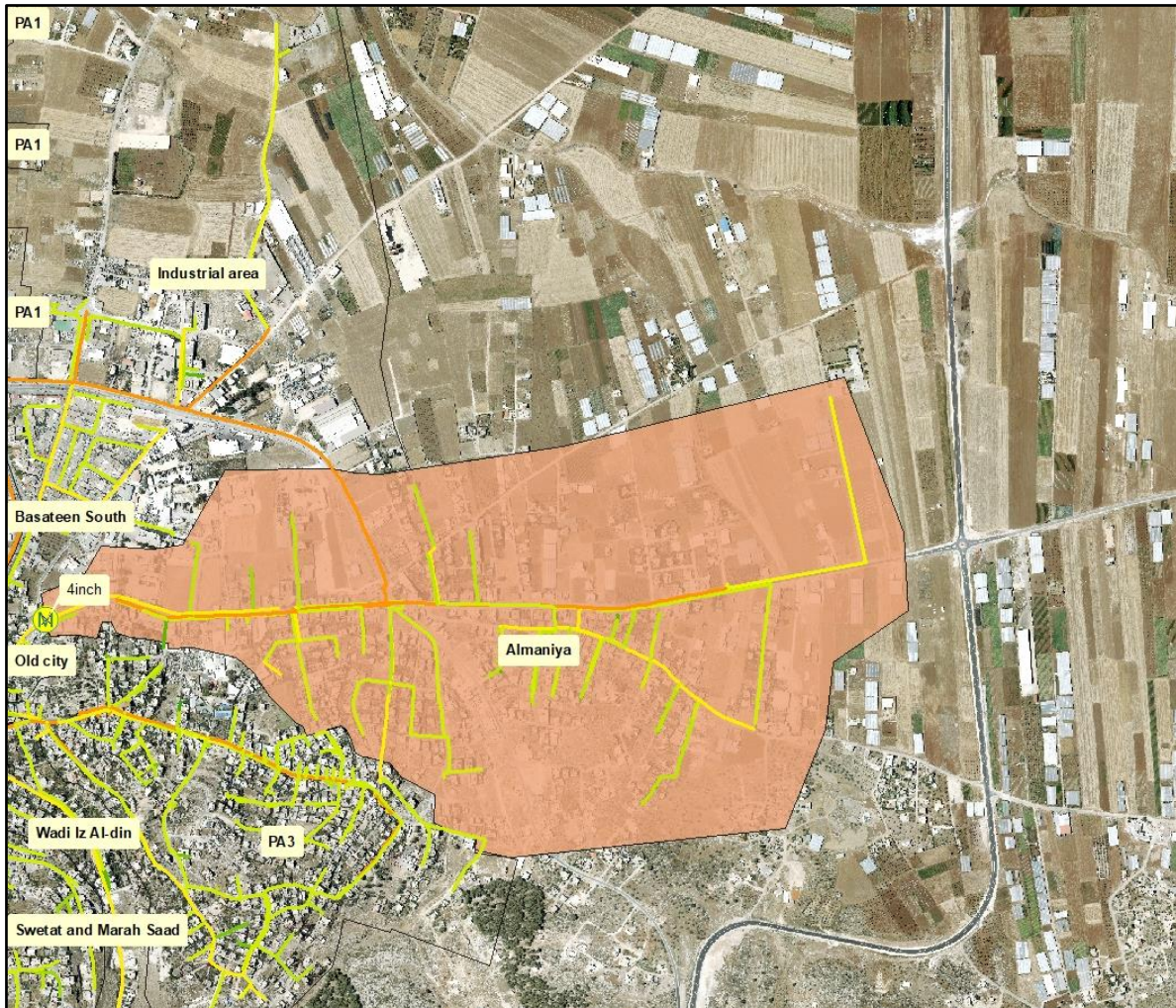


Number and size of bulk meters required:
1 meter (dia: 50 mm), 1 meter (dia :100 mm)

Likely challenges:

- 1-Make sure that boundary valve is working well near Diamond circle.
- 2-Trying to install one bulk meter instead of two by merging the two inlet pipelines together near Al-Zayed circle.

3. Al-Almanieh



Only 1 bi-directional bulk meter is needed.

Likely challenges:

- 1- The boundary of DMA is too big and it will need hard work in NRW reduction countermeasures therefore dividing it into two sub-areas and one additional bulk meter might need.

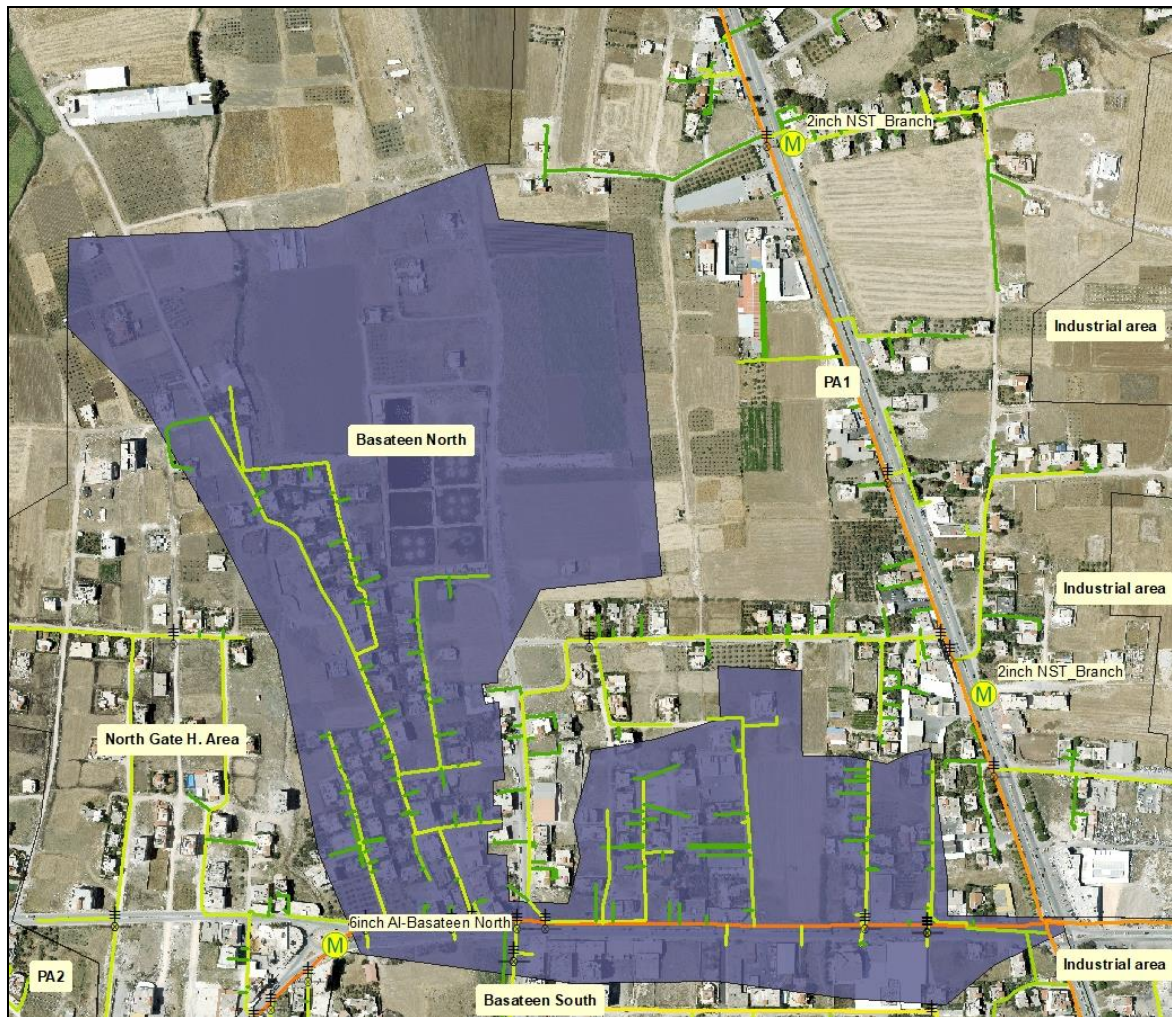
4. North Gate H. Area



The no. of bulk meter needed to calculate the SIV = 2 BMs.

The required BMs are installed already as a DMA bulk meters for other DMAs (one meter as an outlet meter from PA2 and the remaining one as an inlet bulk meter to Al-Basateen north area).

5. Basateen north Area



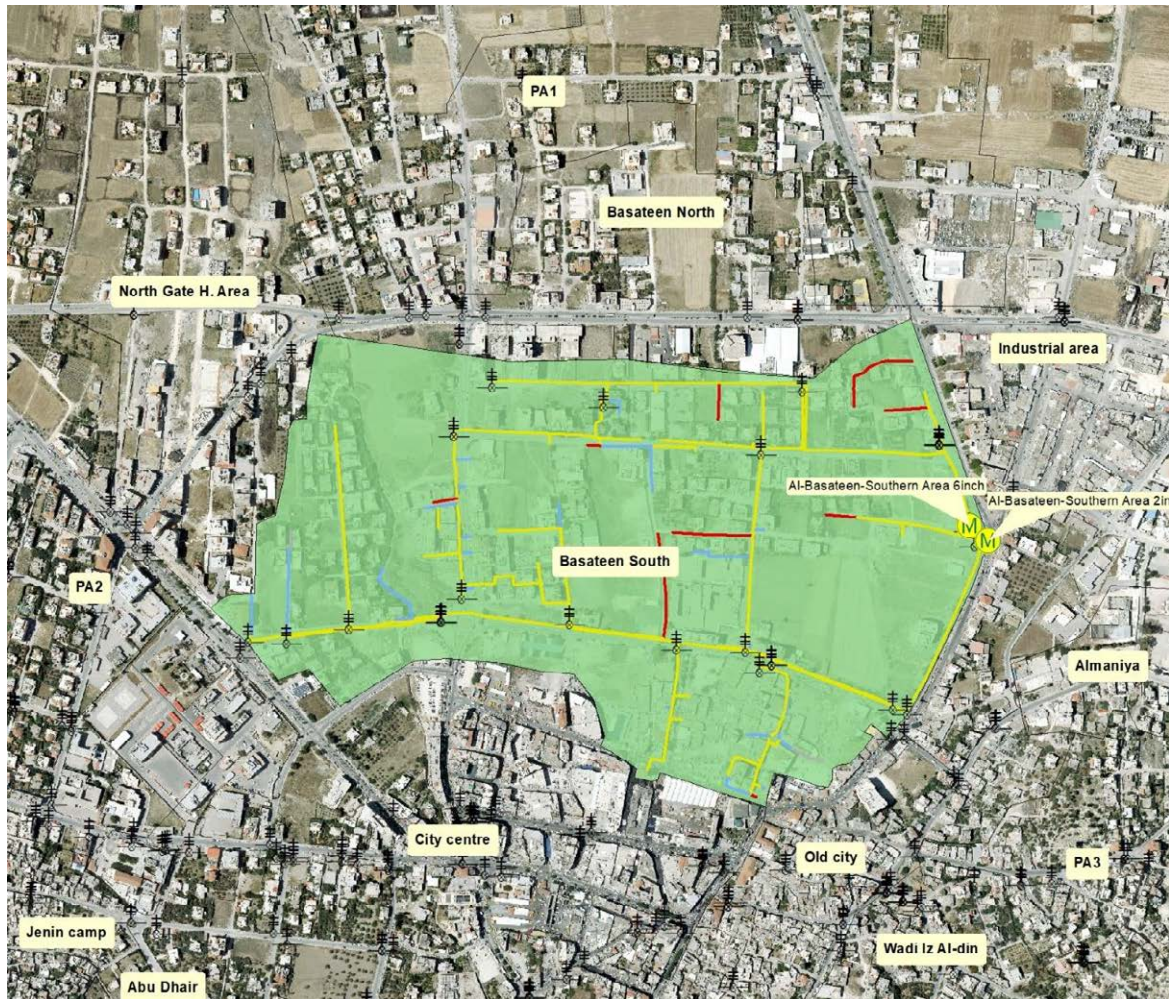
Number and size of bulk meters required:

1 meter (Dia : 150 mm).

Likely challenges:

- 1- Checking all boundary valve to make sure it works well.

6. Al-Basateen south



Number and size of bulk meters required:
1 meter (Dia: 50 mm), 1 meter (Dia :150 mm)

Likely challenges:
1-Checking all the boundary valves.

3.6 Costing of Activities

Cost references were taken from the cost compiled for cost-benefit analysis in PAs. The basics of estimating the costs and unit cost of the items are summarized in Table 3-2.

Table 3-2 : Reference for cost estimation of activities

S. N.	Items	Unit basis	Unit Cost (USD)	Remarks
1	Network update	Per km pipe length	33	
2	Customer database update survey	Per No. of household	3	
3	Water pressure measurement	Per No. of location	80	
4	Bulk meter chamber construction and installation			
(i)	Bulk meters, valves, fittings, data loggers (Material cost)	Per No. of Chamber	7,022	
(ii)	Construction of chamber and installation of bulk meter	Per No. of chamber	1,760	
5	NRW measurement	Per time per DMA		As a regular work of NRW section and customer section, no additional cost
6	Customer awareness	Per No. of household		Customer awareness by PR section not costed
7	Customer meter replacement by PPWM			
(i)	Material cost (PPWM, gateways, fittings)	Per No. of meter	159	Being arranged separately
(ii)	Installation cost of PPWM	Per No. of meter	10	Separate plan has been prepared for this
8	Leakage survey (surface patrolling)	Per km of pipeline	4	
9	Leak detection survey (underground)	Per km of pipeline	41	
10	Leak repair			
(i)	Cost of pipe and repair materials	Per No. of leak repaired	249	
(ii)	Manpower and equipment	Per No. of leak repaired	73	
11	Zero-meter reading, illegal connection survey and rectification	Per No. of customer surveyed	0.3	
12	Bulk meter accuracy checking and replacement of defective meters			
(i)	Material cost (Bulk meter)	Per No. of meter replaced	3,490	Replacement of 3 meters every year
(ii)	Replacement	Per No. of meter replaced	47	Replacement of 3 meters every year
(iii)	Accuracy checking	Per No. of meter checked	60	Checking at 2 sites every month

Assumptions made for cost estimate:

1. For cost estimate purpose, on average, three bulk meters are considered for each DMA unless otherwise decided by actual survey;
 - 150 mm EMF PN 25
 - 150 mm mechanical PN 25
 - 100 mm mechanical PN 25
2. Data loggers will be provided for all BMs
3. Strainers will be provided for all mechanical BMs
4. After accuracy checking, replacement of 3 bulk meters will be required every year, one each of 75, 100, and 150 mm
5. 23 number of leaks found in 20 km pipe network, that means the number of leak locations per km of pipe per one time = $23/20 = 1.15$

4. IMPLEMENTATION PLAN

The detailed implementation plan is given in the following two pages.

5. PROJECT MANAGEMENT

5.1 Organizational Structure for Implementation

Organization chart of Water and Wastewater Department is shown in Figure 5-1. The NRW Division is one of the three Divisions within the Water Section.

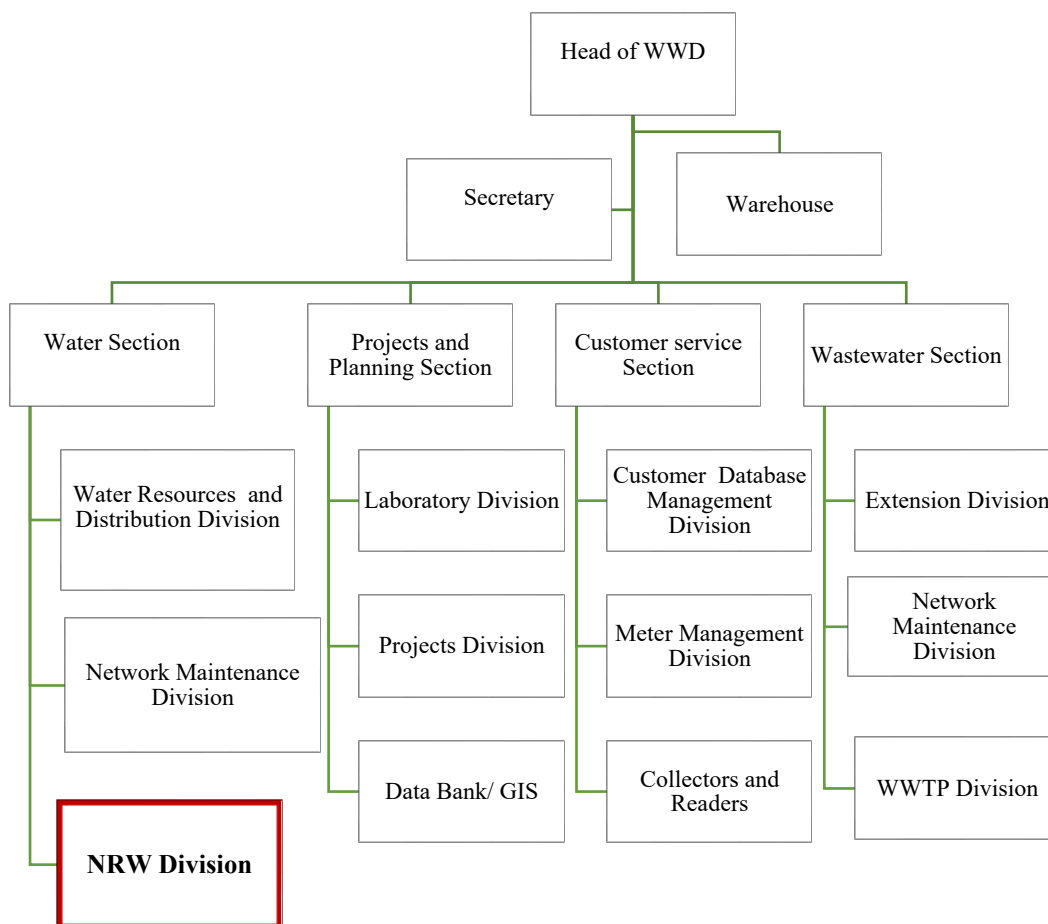


Figure 5-1: Organization chart of Water and Wastewater Department

Currently the NRW division is headed by an engineer. The technicians are common to other divisions in water sections. To implement the rollout plan within the proposed time frame two teams are suggested within the NRW division, each of these teams shall be headed by an engineer and supported by at least two suitably experienced technicians as shown in Figure 5-2.

The engineer who heads the division can also be the leader of one of the teams. The suggested job descriptions of the division head, team leader, and technicians are as given in the following section.

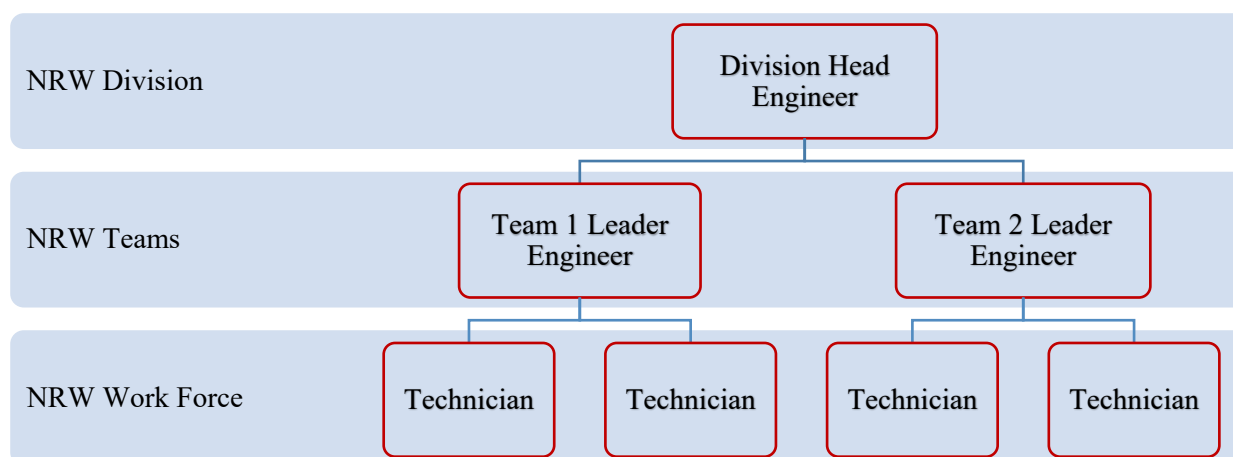


Figure 5-2: Proposed organization for NRW Division

5.2 Interrelation among NRW and other Divisions

Although the NRW division is responsible for overall NRW management activities it will focus on physical loss reduction, for apparent loss reduction it needs to coordinate with other sections and divisions as follows:

- Network Maintenance Division - for timely repair of leaks
- Customer Database Management Division – for getting up-to-date customer data
- Meter Management Division – for timely repair / replacement of faulty meters
- Customer Service Section – for getting monthly customer meter reading data, zero-meter consumption checking information, illegal connection information
- Data Bank / GIS Division – for getting up-to-date pipe network and customer location information

5.3 Job Description (related to DMA & ROP implementation) of Staff Members in NRW Division

(1) Job description of **division head** related to DMA & ROP implementation

S. N.	Main Task	Activities
1	Planning	<ul style="list-style-type: none"> - From the overall DMA & ROP, extract the list of activities that need to be implemented in the following month, - Prepare the list of required resources (personnel, equipment, transportation, and any other needs) and submit to head of WS / WWD,
2	Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - Monitor the progress by comparing with the plan on weekly basis,
3	Reporting	<ul style="list-style-type: none"> - Prepare a summary report of the activities on monthly basis and submit to the head of WWD,
4	Coordinating with	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinate with customer service section for other sections / divisions as necessary,

	other sections/ divisions	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinate with the team leaders to solve any problem or provide support for smooth implementation of activities at the site, - Coordinate with the providers/ suppliers of data loggers, bulk meters, ultrasonic flowmeters etc when there is any issue with these,
5	Monthly water balance and NRW calculation	<ul style="list-style-type: none"> - Prepare monthly water balance and NRW calculation for DMAs and Jenin from the bulk meter reading, customer meter reading, and WBWD bulk meter reading data.

(2) Job description of team leader (engineer)

S. N.	Main Task	Activities
1	Implementation	<ul style="list-style-type: none"> - Arrange transportation to and from site, - Arrange logistics such as tools, pipe, fittings necessary for the day's work,
2	Supervision	<ul style="list-style-type: none"> - Supervise the site work of technicians / third party contractors,
3	Keeping equipment and tools charged and in working condition	<ul style="list-style-type: none"> - Keep the ultrasonic flowmeters, ground microphone, pipe locators and other equipment in working condition by regularly charging / replacing batteries, - Maintain the provision of accessories such as coupling gel for ultrasonic flowmeter,
4	Reporting	<ul style="list-style-type: none"> - Prepare a summary report of the activities on monthly basis and submit to the head of NRW division,
5	Bulk meter reading	<ul style="list-style-type: none"> - On 1st day of each month read all bulk meters of water sources (source meters) and DMAs (DMA meters).
6	Any other	-

(3) Job description of technician

S. N.	Main Task	Activities
1	Implementation	<ul style="list-style-type: none"> - Carry out the site activities listed in the DMA & ROP that include pipe location, visual leak survey, underground leak survey, pressure measurement, bulk meter reading, - If some activities are outsourced to third party contractors, monitor and supervise their work,
2	Keeping equipment and tools charged and in working condition	<ul style="list-style-type: none"> - After site work clean the equipment to keep them always neat and clean,
3	Reporting	<ul style="list-style-type: none"> - Prepare a summary report of the activities on monthly basis and submit to the head of NRW division,
4	Bulk meter reading	<ul style="list-style-type: none"> - Assist team leader to read bulk meters (source and DMA meters) on 1st day of each month

5.4 Periodic Reporting

The head of NRW division shall collect and compile all progress data and report to the director of WWD every month in a simple to understand format. The director of WWD should share this report to JM for information, feedback, and any support that may be needed from JM.

5.5 Progress Monitoring

Progress of the DMA & ROP shall be monitored against the plan on monthly basis. If any delay happens due to any reason the plan shall be revised and readjusted. The division head shall be responsible for preparing the monthly report.

別冊資料 2

PPWM に関する調査報告書、計画

別冊資料 2.1

ジェニン市における顧客メーター更新に係る事例
研究報告書（PPWM ケーススタディ）

パレスチナ自治区
パレスチナ水利庁
ジェニン市役所

パレスチナ
ジェニン市における PPWM
のケーススタディ

2022 年 6 月

独立行政法人

国際協力機構（JICA）

株式会社 TEC インターナショナル

株式会社パデコ

目次

1. はじめに	1
1.1. ジェニン市における給水状況と水道メーターの状況	1
1.2. ケーススタディレポートの参考資料	2
1.3. 前払い式水道メーター（PPWM）導入の目的	3
1.4. PPWM 導入の手順	4
1.5. パレスチナの PPWM に関する規制、制度、国の政策	4
2. 料金徴収の問題と PPWM に期待する改善	6
3. パレスチナの他の水道事業者の PPWM 導入事例からの教訓	8
4. 顧客による PPWM の導入に関する懸念（社会調査の結果）	13
4.1. PPWM に関するジェニン市民の意見	13
4.2. 他の水道事業者の既存使用者の PPWM 満足度	13
5. PPWM 導入計画	17
5.1. フィージビリティ調査	17
5.1.1. 成功要因	17
5.1.2. PPWM 導入戦略	17
5.1.3. 顧客とジェニン市にとっての PPWM の長所と短所	19
5.1.4. 技術的な持続可能性	19
5.1.5. 財務的持続可能性の分析	25
5.1.6. 社会的持続可能性	29
5.1.7. 政治的意思の確認とバックアップ	29
6. PPWM システムの調達	30
6.1. 製品と機能	30
6.2. ジェニン市プロジェクトの PPWM システムの仕様	33
6.3. ジェニン市プロジェクトで調達した PPWM システム	34
7. PPWM の設置	35
7.1. ジェニン市パイロット地区での PPWM 設置計画	35
7.2. 関係部門/セクションの役割	35
7.3. PPWM の設置チーム編成	36
7.4. PPWM の設置	37
7.5. ゲートウェイと課金所の設置	38
7.5.1. ゲートウェイの設置	38
7.5.2. 課金所の設置	38

7.5.3.	水道料金.....	39
8.	PPWM の運用と維持管理.....	40
8.1.	PPWM 運用組織.....	40
8.2.	PPWM 設置後の CSS 活動の進行状況.....	40
9.	PPWM 導入の結果と効果.....	42
9.1.	導入戦略と実施内容.....	42
9.2.	給水改善.....	42
9.3.	ジェニン市における PPWM に関する新しい職務と手順の確立.....	43
9.4.	料金請求と料金徴収率.....	50
9.5.	PPWM 設置前後の顧客データの分析.....	52
9.5.1.	顧客の水消費量の変化.....	53
9.5.2.	顧客の月額支払い金額の変化.....	54
9.6.	COVID-19 パンデミック下での料金徴収.....	55
9.7.	PPWM の顧客満足度.....	56
9.7.1.	顧客満足度調査.....	56
9.7.2.	顧客満足度インタビュー.....	57
9.7.3.	PPWM 拒否のケースと対応策.....	59
9.8.	PPWM 導入後の組織と顧客の変化.....	60
9.8.1.	PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題.....	60
9.8.2.	ジェニン市での PPWM 導入後の上下水道部/ 顧客サービス課の職員職務の変更 62	
9.8.3.	PPWM 導入後の顧客行動の変化.....	62
10.	社会的弱者配慮事例に関する調査.....	63
10.1.	社会的弱者配慮事例に関する法律と定義.....	63
10.2.	ジェニン市のケース.....	63
10.3.	他の水道事業者の事例.....	64
10.4.	政府機関との協議.....	67
10.4.1.	水セクター規制評議会：WSRC（Water Sector Regulatory Council）.....	67
10.4.2.	人権機関（Human Rights Organizations）.....	67
10.5.	社会的弱者配慮事例への対応策に関するジェニン市への提案（暫定）.....	68
11.	問題・課題と教訓.....	69
11.1.	残された課題.....	69
11.2.	教訓.....	69

表 目 次

表 1. 料金徴収問題の要約.....	6
表 2. PPWM 導入後に期待される改善点	7
表 3. 4 自治体/水道事業体の PPWM 調査結果の比較の要約	9
表 4. PPWM の導入戦略	17
表 5. ジェニン市と顧客にとっての PPWM の長所と短所	19
表 6. 水道メーター3 種類の評価概要	20
表 7. 使用した流量計の特性	21
表 8. 場所別の各メータの測定累積流量の新品容積型の測定値に対する比率	22
表 9. 2017 年の請求と徴収データ	25
表 10. PPWM コストと人件費データ	25
表 11. 財務的費用と便益計算方法	26
表 12. PPWM 導入のための財政的持続可能性分析	27
表 13. 回転基金として JICA 無償調達の PPWM 1,850 個を使用した場合の試算	28
表 14. PPWM システムの調達品目	34
表 15. PPWM の実施に関与する組織	35
表 16. 広報チームの編成内容及び戸別調査に必要な期間と業務	36
表 17. PPWM 設置の概要 - 市内全域	38
表 18. ジェニン市の水道料金（後払い式）	39
表 19. ジェニン市の水道料金（前払い式）	39
表 20. ジェニン市の PPWM 運用保守組織	40
表 21. CSS 活動の進捗状況（2019 年 11 月～2021 年 2 月）	40
表 22. PPWM の導入戦略とその内容	42
表 23. パイロット地区における料金徴収率（未納金回収を含まず当月料金のみ）	51
表 24. PPWM 設置前後の水消費量の比較	53
表 25. PPWM 設置前後の水道料金の比較	54
表 26. 顧客訪問調査の戸別訪問件数	56
表 27. 設置前戸別訪問中の設置拒否数	59
表 28. 再訪問後の PPWM 拒否	59
表 29. PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題	60
表 30. PPWM 設置後の上下水道部/ 顧客サービス課職員職務の変更	62
表 31. PPWM 導入後の顧客行動の変化	62
表 32. PPWM の顧客に採用された社会的弱者配慮事例	63
表 33. パレスチナの他の水道事業体の社会的弱者配慮事例の主な対応策	64
表 34. 他の水道事業体における社会的弱者配慮事例（SC）対策	66
表 35. 違法接続の例	69

目 次

図 1. ジェニン市の主要上水道施設	3
図 2. PPWM の受け入れに関する社会調査の結果	13
図 3. PPWM 設置前後の季節別の水道水への常時アクセス顧客比率.....	14
図 4. PPWM 設置前後の季節別の週間給水日数の顧客比率	14
図 5. PPWM 設置前後の給水量の顧客比率	15
図 6. 他の水道事業体における PPWM 利用者の満足度に関する社会調査の結果.....	16
図 7. PPWM 導入のための成功戦略	18
図 8. 実験用に設置されたメーターの設置順序	21
図 9. 実験水道メーターの設置場所と給水等のデータ	22
図 10. 場所 5 の各水道メータの累積測定水量	23
図 11. PPWM システム (左) と LoRA ゲートウェイシステム (右)	32
図 12. PPWM の設置作業工程	35
図 13. 関与する部門別の PPWM のワークフローとタスク	36
図 14. ジェニン市内の課金所 (★) とゲートウェイ (■)	39
図 15. ジェニン市の関連部門の PPWM ワークフロー	49
図 16. PPWM 設置手順	50
図 17. PA1 地区での料金徴収率と徴収金額の改善	51
図 18. PA2 地区の月別料金徴収率	52
図 19. PA3 地区の月別料金徴収率	52
図 20. 顧客グループ毎の PPWM 設置前後の顧客の平均水使用量	54
図 21. 顧客グループごとの PPWM 設置前後における水道料金 (請求額、徴収額、クレジット課金額)	55
図 22. COVID-19 流行前後における前払い式と後払い式メーター (PPWM) による徴収料金と徴収率 (未収金を含むと含まず)	56
図 23. PPWM の顧客満足度	57
図 24. 社会的弱者配慮事例の原因 (ジェニン市)	64
図 25. パイロット地区での PPWM 導入から学んだ教訓集	71

写 真 目 次

写真 1. Ajja 村の PPWM 会社のメンテナンスセンター.....	25
写真 2. 課金カードと PPWM.....	30
写真 3. 課金所の実例.....	30
写真 4. ハンドヘルドユニット.....	31
写真 5. PPWM ボックス.....	31
写真 6. PPWM の設置状況.....	37
写真 7. ゲートウェイデバイス.....	38

1. はじめに

1.1. ジェニン市における給水状況と水道メーターの状況

ジェニン市 (JM) は、ヨルダン川西岸の北部に位置する。同市は人口約 60,000 人、約 9,500 世帯に平均 10,000 m³ /日の水を供給している。ジェニン市の上下水道局 (WWD) には約 60 人の従業員がおり、上下水道サービスを担当している。

ジェニン市は、市内に位置する市所有の井戸 (Al Saadeh、Al Mechanic、Balama の井戸) から水を生産し、私有井戸 (Farathy、Alwaneh、Muamar Jarrar、Alsa'di、Abu Sameer、及び AbuHatab 井戸) から購入し給水している。また、一部の水は外部から (イスラエル Mekrot 社から Al Jalameh 接続点および Al Swetat 接続点を介して)、West Bank Water Department (WBWD) から Abo Arraba 接続点を介して水を購入している。主な水道施設には、井戸、ポンプ場、送水本管、配水池、貯水タンク、配水本管、ブースターポンプ場が含まれる。これらを図 1 に示す。

給水は断続的に、一定サイクルで行われている。その周サイクルは一週間単位でないため、各地区の給水日は常に同じ曜日であるとは限らず変動する。ほとんどの地域では、夏期は週に 1~2 回の給水を受けるのみである。一方、冬期は水の需要が減少するため、供給時間が長くなる。また、雨水を貯留し飲用に使用する住民もいる。上下水道部職員が手動で管網内のバルブを開閉することにより配水を制御している。

ジェニン市の無収水率は 50%¹を超えている。この高い無収水率の理由の 1 つは、水道メーターの老朽化であり、10 年以上経過した水道メーターの割合が 50%を超えている。これに加えて、漏水、正確な検針が困難な地域の存在、違法接続などが理由として挙げられる。ジェニン市は、無収水率が高いことに加えて、料金徴収率が非常に低い (54%²) という問題も抱えている。

本プロジェクトでは、無収水対策のパイロットプロジェクトを実施するために、3 地区 (PA1、PA2、PA3) を選定した。パイロットでの実施後には、対策が市全体に適用されることが期待されている。パイロット地区の顧客数は次のとおりである。

PA1 : 850 人、PA2 : 難民キャンプ (103) を除く 560 人、PA3 : 560 人

パイロット地区では、無収水対策の一つとして顧客水道メーターの更新を実施した。更新にあたっては従来と同じ機械式メーターとプリペイドメーター (PPWM) が検討された。検討及び実施においては以下が考慮された。

- 双方のメリットや課題について十分な検討を行い、最も適した顧客メーターを導入する。
- PPWM 導入については、特に財政面の持続可能性や修理や交換に対して迅速に対応するための体制整備の確保について十分に留意する。
- プリペイドメーターが選定される場合は、支払能力の低い社会的弱者・難民キャンプ住民世帯について配慮を検討する。

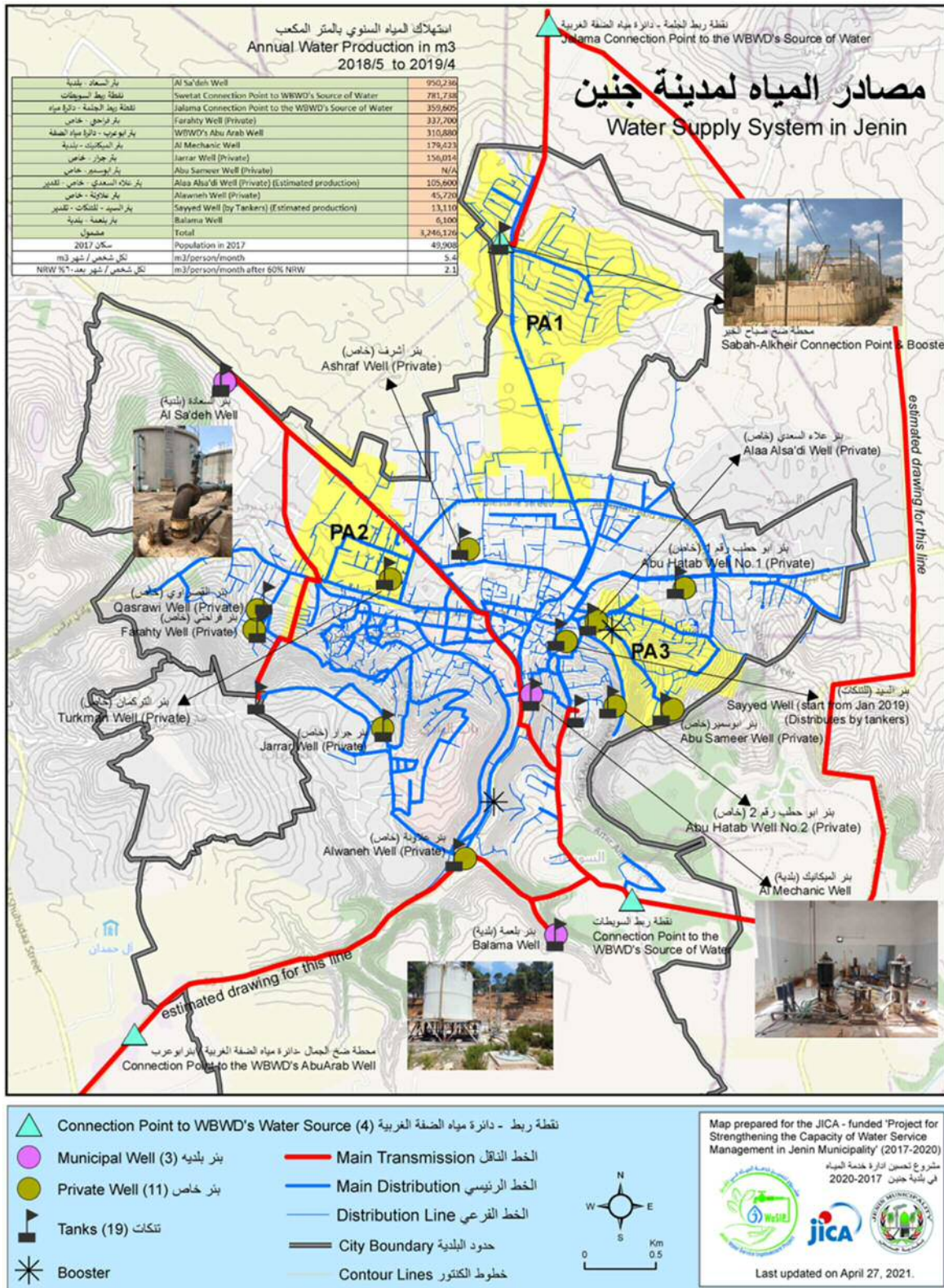
PPWM メーターシステムは、プリペイド式水道メーター、課金システム (PC コンピューター、カードリーダー、UPS、プリンターなど)、課金カード、顧客データベース管理用サーバーからなる。顧客は課金所に行き、課金カードにクレジットをチャージする。そのクレジットを自宅の PPWM にロードすることにより、クレジット分の水量を使用することができる。PPWM では料金徴収率 100% を確保できる。更に、水道事業体の集金や検針業務が廃止できる。パレスチナでは、既に PPWM が

水道事業で多数、導入されている。

1.2. ケーススタディレポートの参考資料

ジェニン市における前払い式水道メーター (PPWM) のケーススタディ報告書を作成するために、プロジェクトで作成した以下の報告書を参照した。

- 1 : ベースライン調査レポート (第 5 章 PPWM 調査)
- 2 : 家庭用メーターの実証実験の概要と結果
- 3 : PPWM の持続可能性調査と実施戦略 (F/S レポート)
- 4 : PPWM 実施計画



出典：JICA 専門家チーム

図 1. ジェニン市の主要上水道施設

1.3. 前払い式水道メーター（PPWM）導入の目的

ジェニン市に PPWM を導入する主な目的は、現在の低い料金徴収率を改善し水道料金収入を増加

させることである。加えて、以下の目的が期待された。

1. 水道料金収入を増やすことにより、給水サービスを改善し、顧客への良好なサービスを提供する。
2. 給水サービスの対価を全ての顧客が支払うことにより、給水サービスに対する公平性を確保する。
3. 大量に水道水を使用する顧客の節水意識を高め水使用量を減少させ、節減した水量をより多くの顧客に給水することにより公平な給水を実現する。

1.4. PPWM 導入の手順

PPWM を次の手順で導入した。

1. 既存の水道メーター検針、課金、徴収システムの状況を理解するためのベースライン調査
2. PPWM を導入しているパレスチナの他の水道事業者のケーススタディ
3. PPWM に関する社会調査（設置前調査）
4. PPWM に関する持続可能性と戦略の作成（フィージビリティスタディ（F/S））
5. PPWM 導入実施計画の作成
 - a) パイロット地区の選択を含む PPWM の導入戦略
 - b) 給水条件の改善
 - c) PPWM システムのセットアップ
 - d) 運用および保守計画
 - e) 顧客サービス計画
 - f) 市民意識計画
 - g) トレーニング計画
 - h) 実施計画
6. PPWM 導入に必要な決定事項のためのチェックリストの準備
7. PPWM の調達
8. 設置前各戸調査（Door to Door Survey）の実施
9. PPWM システム（課金所、サーバー）の設置
10. PPWM の各戸への設置
11. PPWM の運用と保守および顧客サービス業務の設定
12. PPWM 設置と運用責任およびワークフローの設定
13. 設置後調査（満足度調査）
14. モニタリングとメンテナンス

1.5. パレスチナの PPWM に関する規制、制度、国の政策

パレスチナ水利庁（PWA）の「水セクター財政的持続可能な資金調達戦略³」によると、料金徴収率が改善されない場合は PPWM を導入する必要があるとしている。PPWM を導入した多くのパイロットプロジェクトが進行中である。この経験に基づいて、PPWM 設置のための展開計画を作成する必要がある。しかし、PPWM は水セクターの財政的持続可能な資金調達戦略を達成するためのツールの 1 つとして PWA に認識されているものの、PPWM は未だパレスチナの水セクターにおいて議論

の余地のある問題の1つである。

2010年に内閣は、「PPWM供給、設置に関する技術要件と仕様ガイドライン」に従って、PPWMの設置を承認した。このガイドラインは、2020年にバージョン4に更新されている。加えて、2014年に内閣は、PPWMの設置と使用を希望する水道事業者がPWAに対してPPWM導入費用を請求できるようにすることで、PPWMの導入を推進することを決定した。

2. 料金徴収の問題と PPWM に期待する改善

料金徴収の問題の要約を以下に示す。

表 1. 料金徴収問題の要約

項目	問題
1. 検針	<ul style="list-style-type: none"> - 不注意な顧客：水道メーターが汚れていて、草の間に隠れている - 家屋内に設置された水道メーター - 水道メーターの設置位置が高く、読み取りにくい - 検針員の作業を阻むように水道メーターの周りに犬を飼っている - 検針員は、特に帰庁時に移動手段を持たない - 現場の検針員に対する監督や確認が無い
2. 請求と徴収	<ul style="list-style-type: none"> - 検針員や徴収員に無法行為をする顧客からの保護が無い - 検針員がメーターを読むことを許可されていない場合がある - 徴収員が顧客に請求書を送る際に、請求額に対して異議申し立てがある - 徴収員が水道料金を徴収する十分な意欲を持っておらず、市に罰則がないうえに、効率もよくない - 検針員による検針記録の提出の遅れ - 大量の請求書を印刷する印刷機（プリンター）が必要 - 市から徴収に関する明確な方針が無い - 徴収員は、より多くのお金を集金するよう、市から圧力を受けている - 顧客が支払った金額が累積残高から差し引かれない場合がある
3. 違法接続	<ul style="list-style-type: none"> - 検針員や徴収員が問題を通知しても市が対応しない - 違法接続の処理を専門とする技術チームがない - 違法接続に関する既存の規制を実施するための手順が不明確である - 顧客が水道メーターを取り外す
4. 未納金の増加と回収	<ul style="list-style-type: none"> - 料金の不払いの文化がある - 毎月の水道料金と、裁判所を通じて顧客が支払う未納金を分離していない - 一部の顧客（特に顧客が市外居住している場合）の検針をせずに、推定で請求書を作成する - 古い会計システムの問題。顧客が水道料金の免除を受けても、データベースから差し引かれない
5. メーター所有者	<ul style="list-style-type: none"> - 20歳未満の未成年者の名前で登録された水道メーター - 故人が登録名義となっている水道メーター - ファーストネーム、セカンドネームまたはサードネームの名義の水道メーター - 廃屋の水道メーター - 水道メーターを備えた建設中の建物。この場合、建設終了後に水道接続を解約する必要がある
6. 人材	<ul style="list-style-type: none"> - 検針員と徴収員の数が不足している - 顧客サービス課に十分な数の職員（技能者含む）がない - 水道管網の維持管理が不十分であり、特に水道管網に関する苦情が多い
7. 難民キャンプからの徴収	<ul style="list-style-type: none"> - ジェニン難民キャンプ（1362世帯の顧客）での徴収率が非常に低く（約1%）、未納金は700万NISある
8. 給水条件	<ul style="list-style-type: none"> - 多くの住民が私有井戸に依存している - 多くの住民がポンプを使用して水道管から水を引き込み、貯水槽に水を送っている
9. 市役所の責任	<ul style="list-style-type: none"> - 市の関連部門からの苦情に対する迅速な対応が見られない

PPWM 設置後に期待される改善点を以下に示す。

表 2. PPWM 導入後に期待される改善点

既存の問題	PPWM 導入後の改善
水道メーター検針	<ul style="list-style-type: none"> - 現場で検針する必要が無い - 読み取りエラーと入力エラーが無い - すべての検針の問題を解決できる（検針が無くなる）
請求と徴収	<ul style="list-style-type: none"> - 顧客サイトでの請求および徴収活動が無くなる - 徴収率をほぼ 100%になる - 毎月の手作業でのデータ入力や請求書の印刷が無くなる - 検針と請求のデータが正確になる。検針者や徴収者を顧客から保護する必要がなくなる - すべての請求と回収の問題を解決できること
違法接続	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM が改ざん防止機能を備えており、不正接続を減らせる - 顧客がメーターを撤去したら、水消費データがデータベース上で 0 になる - 正確なデータベースを使用することで違法接続を見つけやすくなること
未納金の増加と回収	<ul style="list-style-type: none"> - 未納金が増加しない、100%徴収される - PPWM に未納金返済機能がある
メーター所有者	<ul style="list-style-type: none"> - 顧客が水の消費量に応じて水道料金を支払うようになる - PPWM は所有者を区別せず、水の消費量に応じて請求する - PPWM が破損した場合、給水もデータ転送も止まる。水道メーターの破損が、データ分析を通じて発見される。ハンドヘルドマシン（携帯検針端末）またはゲートウェイによってデータを収集できる - 所有者が何らかの理由で、水道メーターの使用を停止した場合、消費水量 0 のデータが送られてくる。メーター使用の停止が、データ分析を通じて発見される
人材	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM 導入により検針・徴収職員が要らなくなり、人員が削減できる - 削減された職員は他の課に割り当てることが可能であり、人材のより効率的な使用につながる
難民キャンプからの徴収	<ul style="list-style-type: none"> - 政治的な理由により、PPWM の設置予定は無い
給水条件	<ul style="list-style-type: none"> - 水を消費した分だけ支払う必要があるため、顧客が水の使用をより意識して水を賢く使用するようになり、水の消費量が減少する可能性がある。また、違法な消費が減少する - 使用水量の多い顧客の消費量を削減することで、より多くの顧客に水を供給することができる - 必要に応じて、夏に消費制限モードを使用して、公平な給水を行うことができる

3. パレスチナの他の水道事業者の PPWM 導入事例からの教訓

本プロジェクトのベースライン調査では、パレスチナの 4 水道事業者の既設 PPWM システムを理解するため、カウンターパートと JICA 専門家による現場ツアーとアンケート調査を実施した。結果はベースライン調査レポートに含まれている。結果の概要は次のとおりである。

表 3. 4 自治体/水道事業体の PPWM 調査結果の比較の要約

項目	自治体/水道事業体			
	JSC-JWV	JSC-Tubas	Nablus Municipality	Aqraba Municipality
1. PPWM 導入の分類	交換	新規設置と交換	少数メーターの交換	新規設置
2. PPWM 導入後の給水条件の変化	インフラ整備とともに実施し、1日/週から 24 時間給水に改善	インフラ整備とともに実施し、1日/週から 24 時間給水に改善	変更なし 断続的な給水 5日に1日給水	以前の給水車給水から、プロジェクト後は通常 24 時間給水
3. 無収水率	40%から 13-16%へ	測定なし	測定なし	PPWM 後はわずかな漏水のみ
4. 請求書の徴収効率と収入	40%から 100%へ改善	Tamoon 地区:50%から 95%へ改善	4, 086, 308NIS の未納金のうち 304, 038NIS を回収	60%から 100%へ改善
5. 顧客数	6, 040	8, 800	40, 000	2, 000
6. PPWM 顧客数	6, 000 (99. 3%)	7, 000 (79. 5%)	1, 450 (3. 6%)	2, 000 (100%)
7. 通常メーター	40 (0. 7%)	1, 800 (20. 5%)	38, 550 (96. 4%)	無し
8. メーター所有者と設置位置	JSC が所有 私有地または公共施設に設置	JSC が所有 住居入口または屋外に設置	顧客が所有	顧客が所有
9. 導入された PPWM の種類と保証/保守契約	機械式 10 年保証 1 メーターあたり年間 6 ドル	機械式 (容積および流速) 1 年保証 保守契約なし	機械式 ニンボー製 (中国) : 3 年間の無料メンテナンス バイロン製 (トルコ) : 1 年間の無料メンテナンス	機械式 (容積) 5 年間の無料メンテナンス
10. 給水接続	JSC が設置	JSC が設置	-	市が設置
11. 啓発キャンペーン	実施なし	公開会議、関連機関会議	請求書上への啓発メッセージ	公開会議
12. 支払い方法 (販売場所)	11 か所、スーパーマーケット 14 か所 (11 村藩に給水)	6 か所	市内 1 か所	市内 1 か所
13. メーターの問題	わずか 1%の欠陥でうまく機能していない。石灰化による不正確なメーターカウント。	課金やデーター管理に任意の PPWM ブランドを使用できる SDK システム ¹ を使用したいと考えている。(現在は、ブランドにより別々の課金所やデーター管理システムが必要)	メーターへの空気混入による空転がある。	メーターへの空気混入による空転がある。
14. 違法な使用と罰則	盗水検知機能付きで罰則有り	消費量をチェックして、不正な接続を見つめる。見つかった場合	罰則有り	違法接続がないため罰則無し

¹ 様々なメーターメーカーが独自の SDK を公開することにより、自社製品と、サードパーティ製を含む他のアプリケーションを簡単に連携できるようにする。(PPWM メーカーが異なっても同じ課金機やデーター管理サーバー、ソフトが使用できる)

自治体/水道事業者				
項目	JSC-JWV	JSC-Tubas	Nablus Municipality	Aqraba Municipality
15. 運営維持管理	メーターを6か月ごとに現場でチェック	検針員が技術的な作業も行う		毎月の消費量チェック
16. 社会的弱者対策	法律では、社会的弱者のために水道料金を引き下げることが規定されている。しかし、MoLG（地方自治省）が社会的弱者を明示していないため、PPWM ソフトウェアにこの計算機能があるが実行されていない。また、法律によれば、全ての人が水にお金を払わなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> 社会的弱者配慮事例はない。 MoSA（社会開発省）が社会的弱者のリストを所有し、電気料金と同様に特定の割引が可能であると示唆。 	特になし	86の社会的弱者配慮事例が報告されている。対象者の水道料金は無料である。市はこのための予算を確保している。
17. 成功要因	<ul style="list-style-type: none"> 顧客に追加費用が不要（交換費用はJSCが負担）。 24時間給水により顧客はPPWMを受容し易い。 顧客への24時間電話サービス、「What'sApp」の使用。応答時間は約5分以内。 水道水はより安価でいつでも受水可能。 	<ul style="list-style-type: none"> PPWMの設置と水道の改善サイクルは重要。 <ol style="list-style-type: none"> 新しい水源開発 貯水容量の拡張 配水管の改善 PPWMの設置 違法接続の管理 施設の改修 NRW管理 施設の拡張 PPWMの導入は、影響力の 	<ul style="list-style-type: none"> 未だ成功要因を評価するのは困難。 	<ul style="list-style-type: none"> 24時間給水。 対応の良い顧客サービス 顧客への24時間電話サービス。 市役所は顧客と信頼関係にある。
18. 推奨事項	<ul style="list-style-type: none"> 収入を増やすためのPPWMの導入ではなく、水供給を改善することを戦略とする。 啓発は不要かもしれない。人々は反対する。設置を躊躇すれば成功しないだろう。 PAIは新興住宅であり、人々は高収入で教育を受けているため、最初のモデル 		<ul style="list-style-type: none"> PPWM導入のためのモデルエリアまたは小さなテストエリアプロジェクトが良い。 啓発活動が重要。市民の意識を高める。ラジオ、フェイスブック、NGOを活用した。 電話のような課金システムがあれば、顧客は課金所に来る必要がない。 	<ul style="list-style-type: none"> まずは、古い管網を更新して、給水状況を改善してから、PPWMを導入することを進める。

項目	自治体/水道事業者		
	JSC-JWV	JSC-Tubas	Aqraba Municipality
	<p>ルに適している。最初に成功ケースを作りそれを他地域に拡大していくべき。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 成功するには、24時間給水の改善が必要がある。 • 目的は、PPWMを設置することではなく、給水状態を改善することである。 • ジェネン市の PPWM 導入の難しい部分は難民キャンプの存在である。 	<p>ある人(市長等)、関係者から開始。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 全ての施設(水源から顧客メータまで)のモニタリング活動を統合する必要がある。 	Nablus Municipality
			Aqraba Municipality

本調査で水道事業者が説明した PPWM 導入の成功要因は以下のとおりである。

- 顧客の既存機械式水道メーターを無料で PPWM に交換
- 24 時間の給水サービス
- 支払い可能な水道料金で、良質な水の給水
- 24 時間のカスタマーサービス
- 顧客対応の良いサービス
- 良好なコミュニケーションにより顧客からの信頼を獲得すること

水道事業者によるジェニン市への PPWM 導入の推奨事項を以下に示す。

- PPWM 導入戦略は、収入の増加ではなく、水供給の改善に焦点を当てるべきである
- 高精度である容積式または超音波式 PPWM を推奨する
- パイロットプロジェクトを実施し、成功体験を得る
- 給水の改善サイクルの構築：
 1. 新しい水源の開発
 2. 配水池容量の拡張
 3. 主要な管路の改善
 4. PPWM の設置
 5. 違法使用の把握とモニタリング
 6. 水道施設の改修
 7. 無収水削減
 8. 給水サービスの拡張
- 影響力のある人々（市長、JSC マネージャー、評議会のメンバー、理事会メンバー、水道事業体職員）とともに PPWM 導入を開始する
- 給水状態を改善するために、古い管路網を使用停止し、随時新しい施設に置き換える

4. 顧客による PPWM の導入に関する懸念（社会調査の結果）

4.1. PPWM に関するジェニン市民の意見

ジェニン市で、PPWM に対する市民意識に関する社会調査を行った。この調査結果の概要は以下のとおりである。

- 56%は PPWM を肯定、44%は否定
- ジェニン市が PPWM の設置を決定した場合、PPWM を受け入れると回答したのは約 61%とわずかに増加する。これは、PPWM の設置を義務化しても、一般住民の PPWM の受け入れに違いをもたらさないことを意味する。

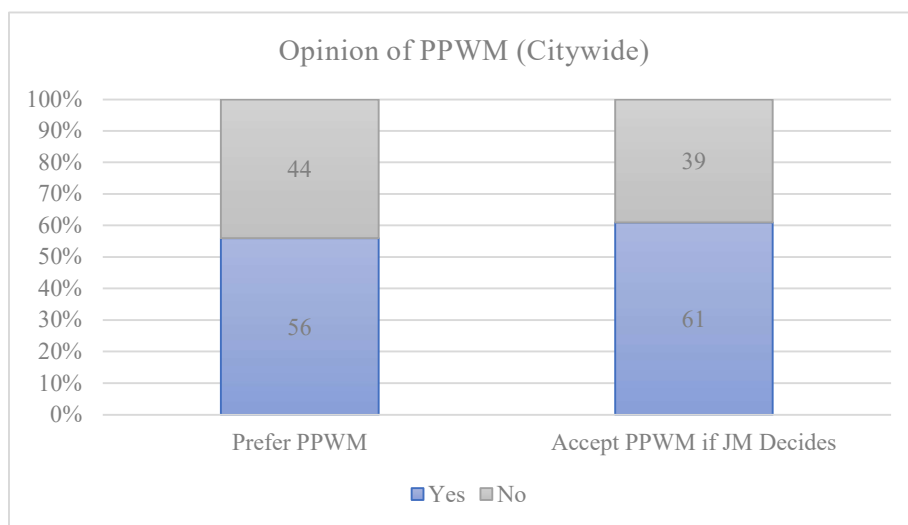


図 2. PPWM の受け入れに関する社会調査の結果

PPWM を受け入れる理由と受け入れない理由を以下に示す。

受入れる理由	受け入れない理由
1. 顧客は定期的に支払をすることができる	1. 定期的に支払える十分なお金がない
2. 定期顧客になれる	2. より多くのお金がかかる
3. 給水切断なしで毎日水を得られる	3. 市を信用していない
4. PPWM システムの方が優れている	4. 既に水道料金を現金で支払っているため、このシステムは必要ない
5. 顧客と市にとってより簡単なシステム	5. PPWM は実際の消費量よりも多く水量をカウントする
6. 水量をより正確に測定でき、消費量に応じて支払いが行われる	6. 貧しい人々には適していない
7. 毎月の請求書に注意を払う必要がない	7. より難しいシステム
8. 水をいつでも利用できる	8. 毎月支払う方が良く、家計の経済状態が悪い
9. 水消費をより良く管理できる	9. コミットメントが多すぎる（水道料金を定期的に支払い未納金をためない）

4.2. 他の水道事業者の既存使用者の PPWM 満足度

他の水道事業者の PPWM 利用者に対し満足度に関するインタビュー調査を行った。調査対象は以下の通り。

- West Jenin JSC (9 顧客)
- JSC- Tubas (3 顧客)
- Aqraba 村 (3 顧客)
- Nablus 市 (5 顧客)

(1) 基本的な調査結果 (PPWM の前後)

PPWM 設置前後の季節別の水道水への常時アクセス顧客比率と週間給水日数をそれぞれ図 3、図 4 に示す。PPWM 設置前後の給水量の変化を図 5 に示す。結果の概要は以下のとおりである。

1. 冬・夏ともに、PPWM 設置後に水へのアクセスが増加した
2. 冬・夏ともに、PPWM 設置後に給水日数が増加し週 5~6 日になった。
3. PPWM 設置後の水の消費量が減少した。

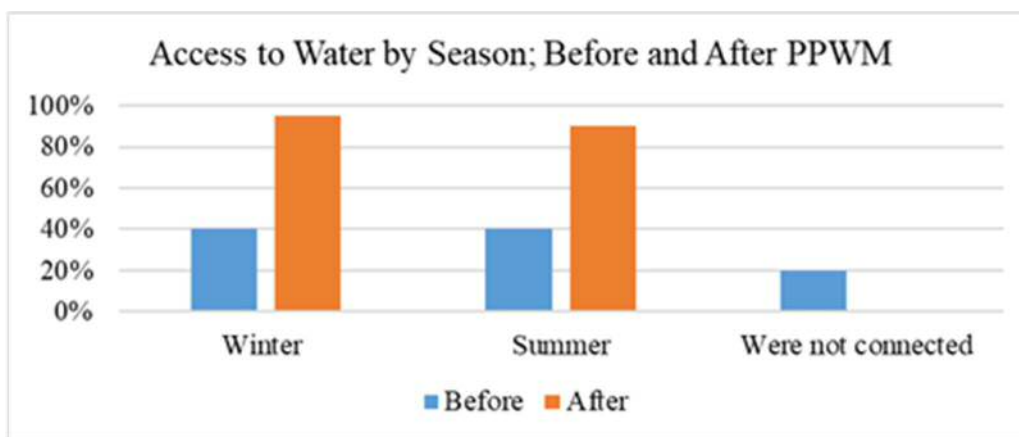


図 3. PPWM 設置前後の季節別の水道水への常時アクセス顧客比率

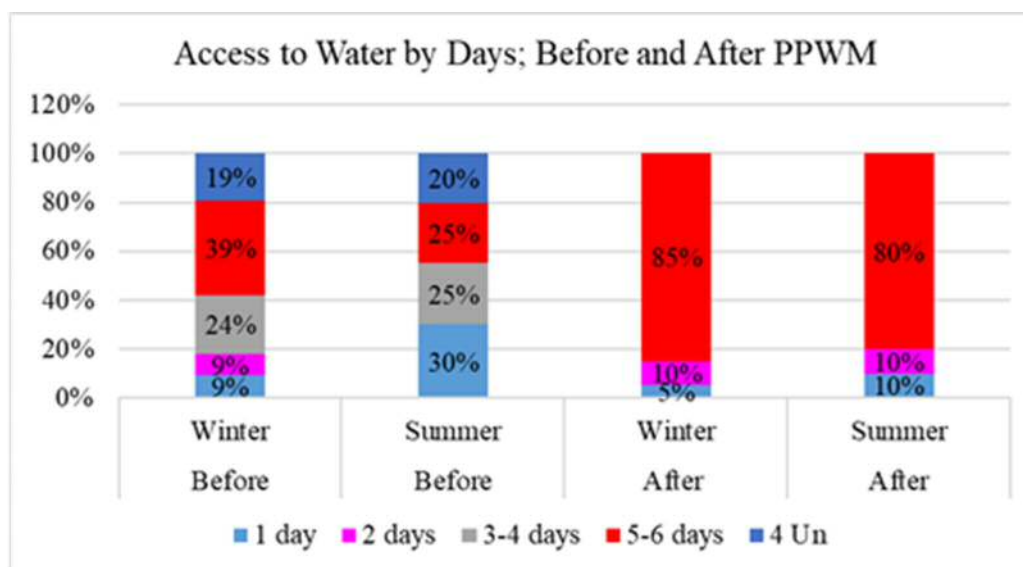


図 4. PPWM 設置前後の季節別の週間給水日数の顧客比率

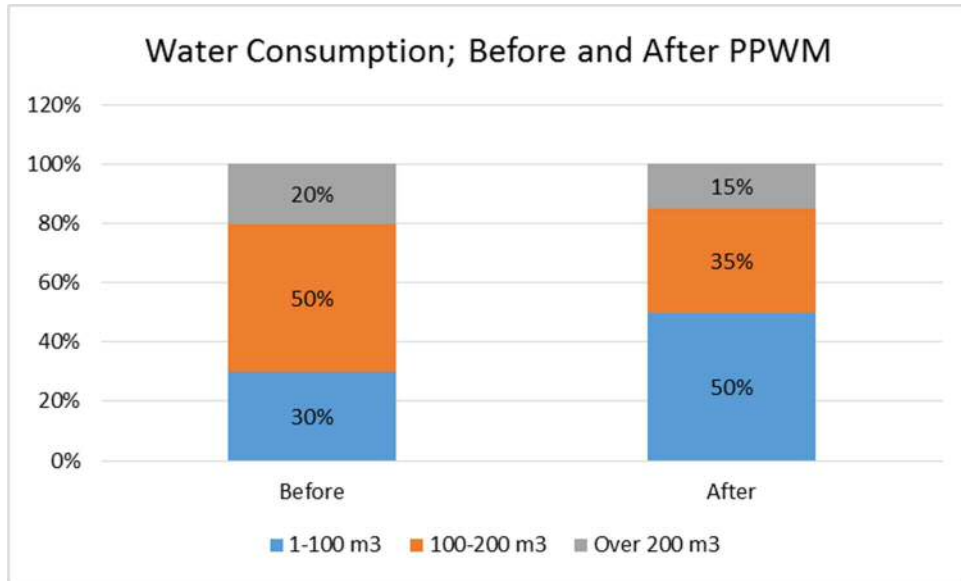


図 5. PPWM 設置前後の給水量の顧客比率

(2) 満足度

満足度に関する以下の質問の結果を図 6 に示す。

1. 課金所への距離
2. 課金の頻度
3. 支払いに対する満足度
4. PPWM システム使用の難易
5. PPWM 機器の取扱い
6. PPWM の維持管理
7. 機械式メータへ戻るか
8. PPWM を他の人に推薦するか

一般的に利用者は PPWM に非常に満足しており、他の人に推奨している。満足の理由は以下のとおりである。

- PPWM カードの課金所は近所にあり、約 0～1km 以内である。課金所までの距離は満足度に大きな影響を与えている。
- ほとんどの利用者が 1 か月に 1 回課金しており、利用者にとってより便利である。

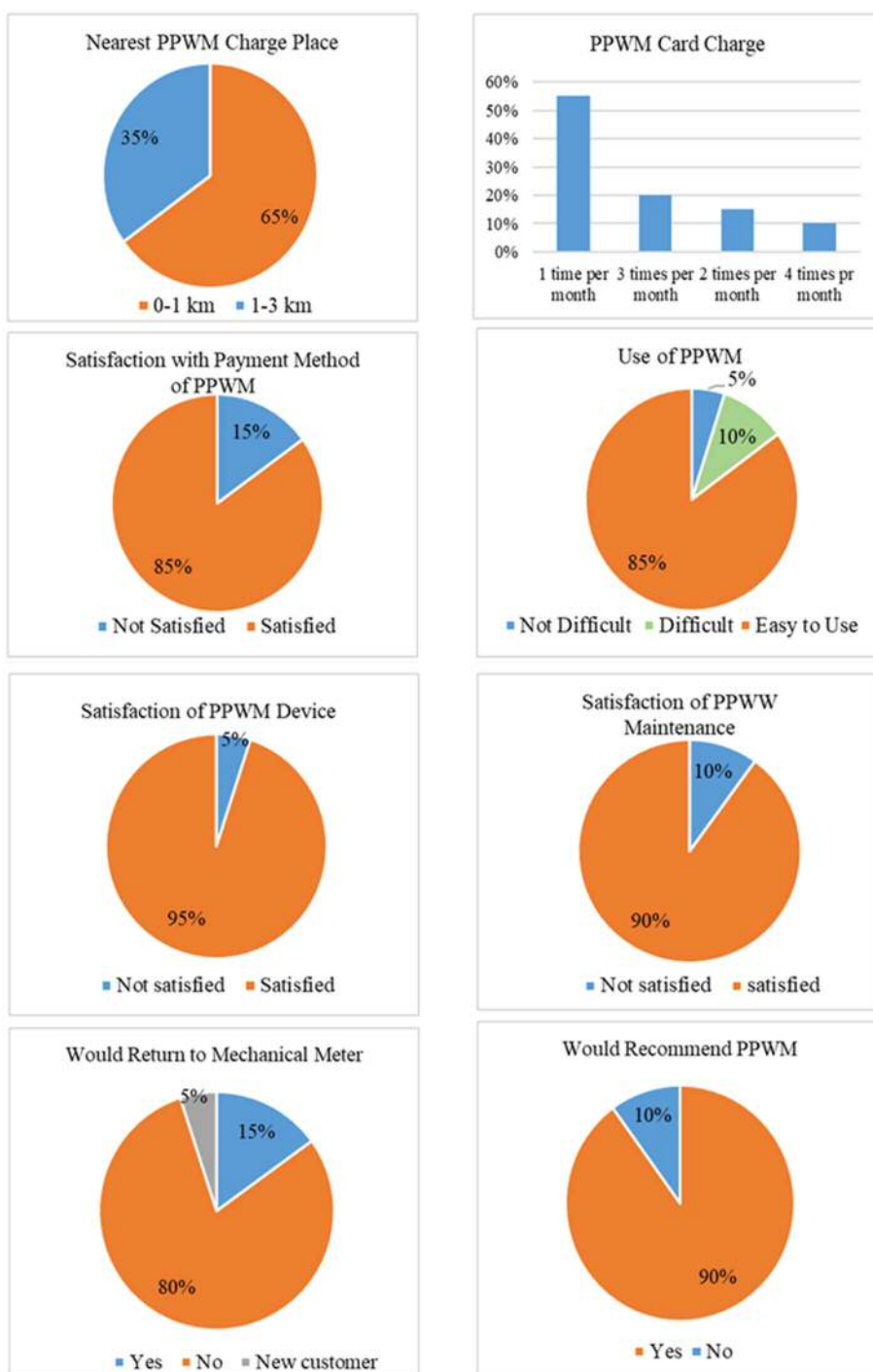


図 6. 他の水道事業体における PPWM 利用者の満足度に関する社会調査の結果

5. PPWM 導入計画

5.1. フィージビリティ調査

5.1.1. 成功要因

PPWM 導入を成功に導くための主な要因は、ベースライン調査およびカウンターパート間の議論から、次のように考えられる。

1. PPWM 機器（使用方法等）に対する顧客満足度を向上する。
2. PPWM 設置後、水道事業体が提供する給水サービスに対する顧客満足度を高める。顧客満足度を高めるには、以下が必要である。
 - 給水状況（給水圧・給水時間等の増加による出水不良）の改善
 - 顧客対応の良いサービスの提供（24 時間対応の顧客サービス）
 - 無料での既存メーター交換
3. ジェニン市給水サービスに対する顧客の意識を高める
 - 顧客の変化（PPWM 設置）に対する意識の向上

5.1.2. PPWM 導入戦略

ジェニン市のカウンターパートの意見を参考に、PPWM の導入戦略を以下のとおり作成した。

表 4. PPWM の導入戦略

項目	戦略
1. 主な成功要因	顧客満足度を高め、PPWM の受け入れ意思を向上させる
2. 導入方針	PPWM の失敗リスクを軽減し成功するための導入政策を準備する
3. 意識向上	市の給水サービスと PPWM に対する意識を向上させる
4. 技術	PPWM 導入をバックアップするための技術的能力を強化する
5. 水道料金と債権回収	顧客に PPWM 参加への経済的動機を付与する
6. 顧客サービス	PPWM システムの管理能力を強化、顧客サービスを改善する

PPWM 導入を成功させるための戦略の構成要素を以下に示す。主要な戦略は 3 つあり、各戦略はいくつかのコンポーネントにより構成されている。この戦略を実施することにより、PPWM 導入の成功確率が高まる。

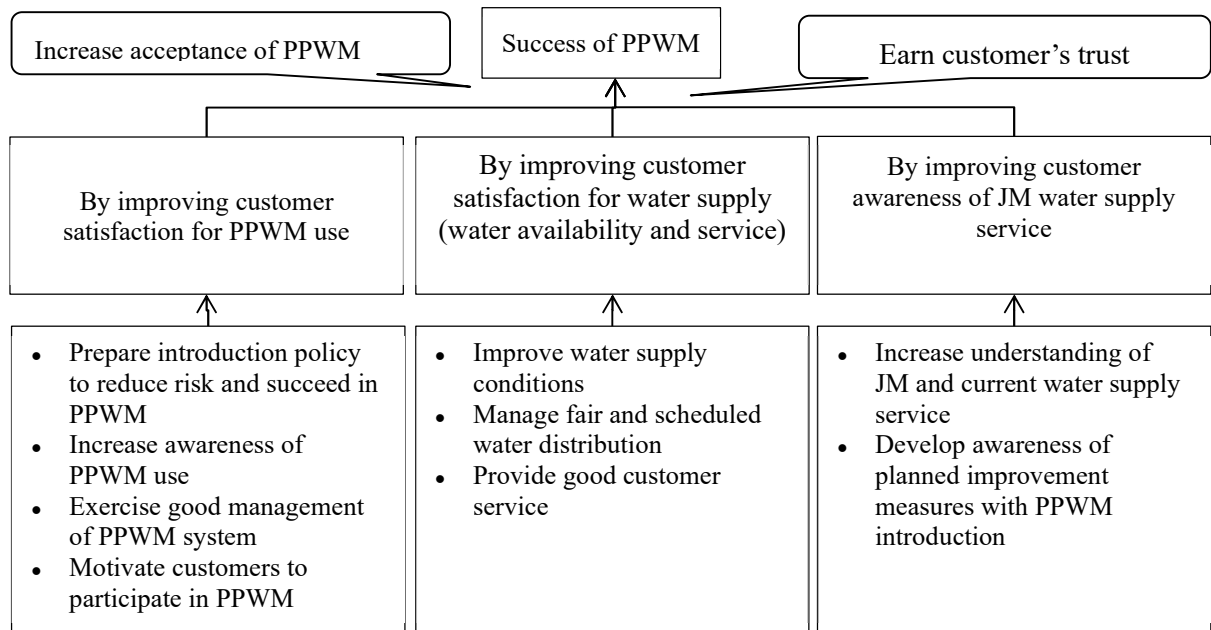


図 7. PPWM 導入のための成功戦略

パイロット地区での PPWM 導入戦略は以下のとおりである。

- (1) PPWM の導入は、成功モデルを作るために、最初にパイロットプロジェクト地区で実施する。次いで他のパイロット地区、および将来的にはジェニン市内の他地区に拡張することが期待される。
- (2) 本目的のために、3つのパイロット地区の中から、適切な地区として PA1 が選定された。本地区は料金徴収率が高く、教育を受け、高収入の居住者がいる。このような社会条件により、PPWM の導入が容易になる可能性が高い。
- (3) 導入方針として、以下のいずれかを採用する。最終的に、b) を採用した。
 - a) 水道料金を支払っている顧客のうちメータの交換を希望している顧客、新規顧客用にオプションとして PPWM を導入する。
 - b) 重点的な意識向上活動を行い、地区のすべてまたはほぼすべての顧客に PPWM を導入する。
- (4) このパイロット活動において、ジェニン市は PPWM に必要な組織の設定とトレーニングを行う。

5.1.3. 顧客とジェニン市にとっての PPWM の長所と短所

ジェニン市と顧客の双方にとっての PPWM の長所と短所を以下の表に要約する。

表 5. ジェニン市と顧客にとっての PPWM の長所と短所

	ジェニン市	顧客
長所	<ul style="list-style-type: none"> - 定期的な検針/料金徴収が不要 - 水道料金収入の増加 - 徴収率 100% - 未納金の一部の回収 - 検針読取りエラーと入力エラーがない - 水消費データの精度が高くなる - 水需要管理の改善 - 作業負荷の削減とコストの節約 - 顧客満足度の向上と水道料金の支払いに対する市民の意識の向上 - 水の無駄な使用の減少、時間の経過に伴う利用可能水量の増加、より多くの顧客への供給 - 収入の増加を給水サービスの改善に利用できる 	<ul style="list-style-type: none"> - 検針員の訪問が不要、PPWM 残額を各自読取り可能 - 顧客が使用水量を管理できる - 顧客は自身の水消費量をより意識するようになり、無駄な使用と水道料金の削減につながる - 水の無駄な使用を減らし、水の効率的な使用を高め、より多くの顧客に給水できる - 正しいメーター消費量に応じて水道料金を支払うことができる - 未納金が増える恐れが無い - 未納金（もしあれば）を経済的な負荷が無く徐々に返済できる - 収入増加とコスト減少のおかげで水道料金の値上げを延期できる - 多くの場合、水道メーターは水道事業者が既存の顧客に無料で設置する - 全顧客が水消費量に応じて支払うため、すべての顧客を公平に扱う - 給水サービスの改善につながる
短所	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM の初期費用が高い - PPWM の導入は、設置意思のない顧客によって反対される可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> - メーターが故障しバルブが閉止すると水が使えなくなる - 現在、水道料金未納の顧客も料金を支払う必要がある。（現在料金を払っていない顧客にとっては短所） - 前払い式で水道料金を支払う必要がある - 手元の現金が不足すると水が使えなくなる

5.1.4. 技術的な持続可能性

(1) 水道メーター形式の選定

水道メーターの形式の選定は、技術的な持続可能性にとって最も重要である。技術的な持続可能性を確保するうえで最適な PPWM 形式を選定するために、次の手順で選定を行った。

- パレスチナにおける既存の水道メーターの実績を調査した。

超音波式メーターと機械式メーター（容積式と流速式）の実証実験を行い、その有効性を確認した。

パレスチナではこれまで、機械式メーターが主に使用されてきた。本プロジェクトでは、給配水管内の空気の混入が与える影響を考慮して超音波式の水道メーターも併せて検討・評価対象とした。各型式の測定原理の概要を以下に示す。

機械式（流速式）：内蔵する羽根車により流れている水の流速を測定して流量に換算する型式。

機械式（容積式）：内蔵するカップにより流れている水の体積を測定して流量に換算する型式。

超音波式：水の流れに超音波を送受信し、超音波の伝播時間の差を流量に換算する型式。水道メータの流体が流れる部分に機械部品がない。

3種類の水道メータの評価結果を次表に示す。その結果、超音波式が選定された。

表 6. 水道メータ3種類の評価概要

項目	メータ種類		
	流速式	容積式	超音波式
利点	<ul style="list-style-type: none"> - 維持管理が容易 	<ul style="list-style-type: none"> - 任意の位置に取付け可能 - 最小流量が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> - 空気を計測しない - 定格最小流量が小さい - 機械的/可動部品がない - 場合により精度が高く、寿命が長い
問題点	<ul style="list-style-type: none"> - 間欠給水により空気をカウントしてしまう - 水平位置にのみ設置可能 - 流れの中にある機械部品が損傷する可能性あり - 定格最小流量が大きく、低流量では感度が低い 	<ul style="list-style-type: none"> - 間欠給水により空気をカウントしてしまう - シルト質の水、鏽、粒子、または石灰化があるとメータが詰まって正確に機能しなくなり、寿命が短くなる 	<ul style="list-style-type: none"> - プリペイドユニットを使用した超音波流量計の実績が非常に少ない - 従来のメータよりも高価
寿命	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に原水の水質がよければ7年以上 - 機械部品のため、正確な測定のためには寿命が短い 	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に原水の水質がよければ7年以上 - シルト質の水(粒子)と石灰化により短寿命、または頻繁なメンテナンスが必要 	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に7年以上 - 機械部品や可動部品がなく、寿命が長い - バッテリー寿命は10年
採用実績	<ul style="list-style-type: none"> - 設置は多い - 経年化している - 空気混入の問題と低流量での精度低下により設置数は減少傾向 	<ul style="list-style-type: none"> - 採用実績は多い 	<ul style="list-style-type: none"> - 採用実績は少ない - 超音波式PPWMをJSC-JWVでテスト採用
PPWM単価(概算)	<ul style="list-style-type: none"> - 約120-130USD 	<ul style="list-style-type: none"> - 約120-130USD 	<ul style="list-style-type: none"> - 約140-150USD
顧客の視点	<ul style="list-style-type: none"> - メータが混入空気をカウントし、実際の水消費量よりも多くカウントするという否定的な先入観を持っている 	<ul style="list-style-type: none"> - メータが混入空気をカウントし、実際の消費水量よりも多くカウントするという否定的な先入観を持っている 	<ul style="list-style-type: none"> - 実績が少ないと主張される可能性がある
水道メータの実証実験結果 (Box1参照)	<ul style="list-style-type: none"> - 管内が満水でない場合、空気または空気混合水が管を流れている場合でも計測した。しかし、その量は超音波式よりも少ないため、ジェニン市では空気の問題は無視できる可能性がある。 - この実験で使用されたメータの定格最小流量は大きい(低い流量では精度が低い)ため、記録された流量は他の2つのタイプよりも小さくなった。 	<ul style="list-style-type: none"> - 既存容積式メータのうち2つが機能しなくなった。異物が詰まった可能性がある。 - 管内が満水でない場合、または空気/空気混合水が管内を流れている場合も計量が継続される。しかし、その量は空気をカウントしない超音波式とほぼ同じであるため、ジェニン市では空気の問題は無視できる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> - 目視によると、管内が満水でない場合、空気/空気混合水が流れると停止する(動作しない)ことを確認した。 - ジェニン市では、間欠給水であっても、容積式と超音波式の流量値に大きな違いはなかった。
評価	<ul style="list-style-type: none"> - 低流量精度が低い - 機械部品は破損の恐れがある。 - 経年化によって精度が低下する。 	<ul style="list-style-type: none"> - 粒子/混入物の問題は深刻 - 空気の混入が測定値に影響を与えない可能性があるが、過少でも空気はカウントされる可能性がある。ただし、空気をカウントする 	<ul style="list-style-type: none"> - 良好なパフォーマンス(最小流量が低い) - 空気と空気混合水は計測しない。 - 機械部品が無いため寿命が長い。

項目	メーター種類		
	流速式	容積式	超音波式
	- 空気の混入が測定に影響を与えない可能性があるが、過少でも空気はカウントされる可能性がある。ただし、空気をカウントするという先入観があるために、それを払拭することに困難が伴う。	という先入観があるために、それを払拭することに困難が伴う。	- 混入物や砂の粒子で遮られにくく、間欠給水時や、水中に錆、砂、カルシウムなどの混入物が含まれている可能性がある家庭用メーターとして利用できる。
判定			採用

Box1 : 水道メーターの実証実験

(1) メーターの種類と場所

メーターの機能を評価するために、ジェニン市内の 11 か所で新品の 3 種類の家庭用水道メーターと既存の設置済みメーターの比較実験を行った。3 種類とも定格最大流量は同じで、定格最少流量と開始時流量が異なる以下のメータを用いて実験を行った。既存メーターは設置されていた場所によって型式や特性が異なる。

表 7. 使用した流量計の特性

形式	開始時流量	定格最小流量 (Q1)	定格最大流量 (Q3)
超音波式	2 L/h	5 L/h	2,500 L/h
容積式	2 L/h	6.25 L/h	2,500 L/h
流速式	計測不可	25 L/h	2,500 L/h
既存メーター	流速式、容積式		

実験用に設置されたメーターの順序を以下に示す。

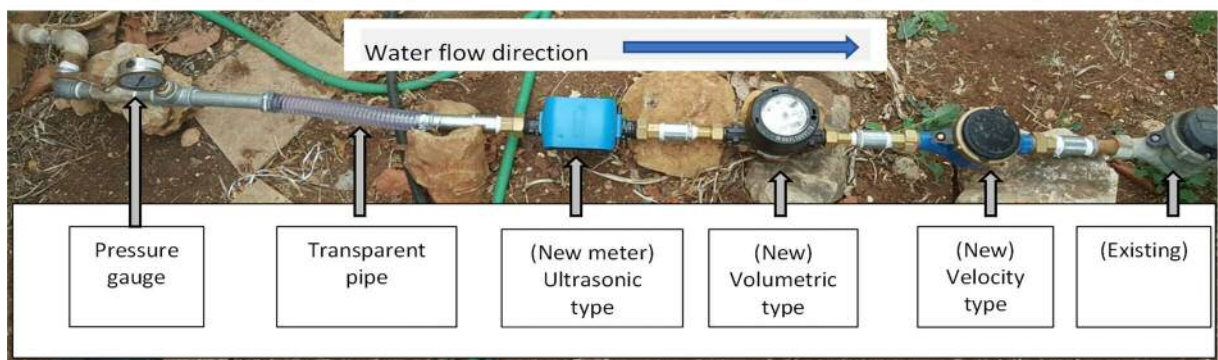


図 8. 実験用に設置されたメーターの設置順序

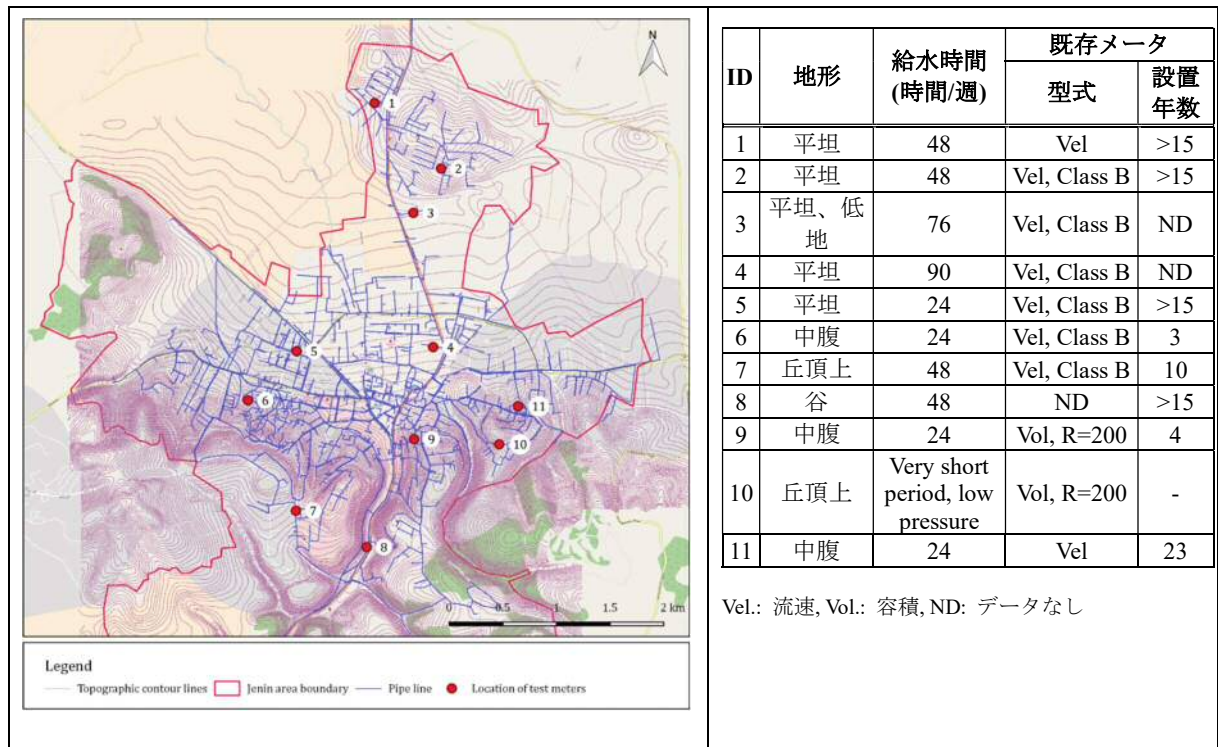


図 9. 実験水道メーターの設置場所と給水等のデータ

(2) 結果

4 種類の水道メーターを 11 か所で実験した結果を次表に示す。すべてのメーターの累積計測値を、容積式の値と比較して示してある。また、参考として場所 5 の水道メーターの累積測定流量を図 8 に示す。

表 8. 場所別の各メーターの測定累積流量の新品容積型の測定値に対する比率

メーター 位置番号	2018 年 5 月～2018 年 7 月 (3 カ月)				2018 年 5 月～2019 年 7 月 (15 カ月)				備考
	超音波 (US) %	容積 (m ³)	流速 (VEL) %	既存 (EX) %	超音波 (US) %	容積 (m ³)	流速 (VEL) %	既存 (EX) %	
1	-1.0%	71.8	-3.0%	0.7%	-1.0%	181.2	-7.1%	-1.9%	
2	-0.3%	74.0	-3.1%	3.7%	0.1%	285.6	-3.4%	2.2%	
3	7.5%	126.5	2.4%	-14.0%	-	-	-	-	
4	-3.2%	33.7	-7.9%	-69.2%	-	-	-	-	口径 25mm
5	-1.3%	80.0	-2.2%	-0.5%	-1.0%	412.1	-1.8%	-3.2%	
6	-2.5%	53.4	-2.6%	-5.3%	-1.8%	257.2	-1.4%	-4.3%	
7	-0.8%	80.2	-0.6%	-1.0%	-1.2%	360.6	-1.1%	-1.5%	
8	5.4%	33.4	-13.3%	-16.1%	6.8%	205.8	-15.0%	-22.7%	
9	-1.3%	33.6	-12.3%	0.7%	-1.0%	169.8	-8.9%	-0.2%	
10	-80.7%	9.3	-6.1%	-81.0%	-	-	-	-	給水圧が極低
11	1.0%	28.4	-6.7%	-20.1%	1.4%	134.5	-8.1%	-29.3%	

場所5の各流量計の累積計測流量

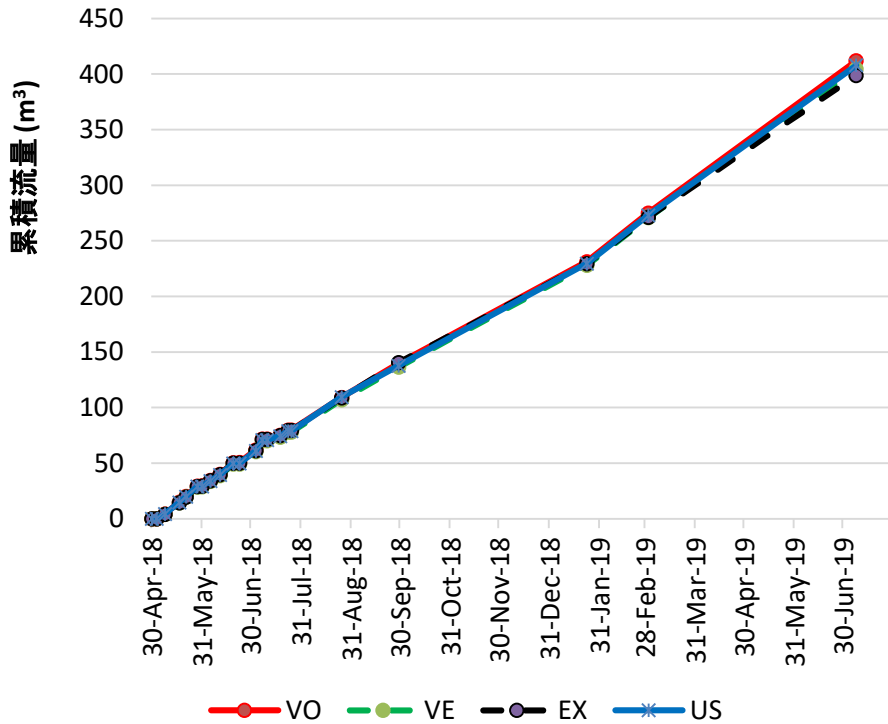


図 10. 場所 5 の各水道メータの累積測定水量

場所 3 の既存メーターは 14%過少流量を示した。場所 4 の既存メーターは 69%過少流量を示したが、その口径は 25 mm であり、これは、顧客の消費量に比べて口径が大きすぎたため、測定精度に影響を与えた可能性がある。場所 10 は丘の頂上に位置し、供給期間は非常に短く、不規則で、非常に低い水圧であったため、水中に継続的な気泡が発生していた。この場所では、超音波式と容積式の読み取り値の差が大きく、これは上記の給水条件が原因である可能性がある。

給水中の観察により、水が気泡を含むとき超音波式メーターが読み取りを停止したことを確認した。上記の場所 3、4、および 10 の結果を除いて、容積式と超音波式の両方で記録された総量はほぼ一致した。しかし、個々のサイトを考慮すると、8つのサイトのうち5つでは超音波メーターの記録が少なく、3つのサイトでは容積式よりも多く記録されていた。流速式は、容積式および超音波式と比較し少ない累積水量となっている。

一般に、機械式メーター（流速式および容積式）は空気が混入しても計測を継続するが、超音波式メーターは気泡が水中に存在する場合は計測しない。これにより、制限（間欠）給水が行われている水道では、機械式の計測値は増加するが、超音波式の計測値は減少するはずです。この調査結果は、間欠的な供給でも、供給が安定していて給水時に十分に加圧されている場合は、容積式と超音波計の両方がほぼ同じ計測結果を示した。しかし、両型式の計測値は、場所が丘の頂上にあり給水が非常に低圧で不安定である場合は、大幅に異なることが分かった。

(2) 運用・維持管理 (O&M)

技術的な持続可能性のために必要な PPWM システムの運用と維持管理に関する推奨事項を以下に示す。推奨事項のほとんどは、PPWM だけでなく、通常のメーターシステムにも必要である。

a) 運用設定

- 顧客の苦情への迅速な対応を確実にする (両メーターシステム)
- 水道メーターのチェック、修理、交換 (両メーターシステム)
- 違法な接続を見つける (両メーターシステム)
- データベースを管理する (両メーターシステム)
- クレジット販売所とプログラムを管理する

b) PPWM のための維持管理組織の設立

c) 新しいシステムに関与する職員の研修訓練 (水道メーターの設置、システム管理、PPWM の顧客データベース管理)

d) 水消費傾向と異常値データをチェックするための PPWM のデータ分析のための研修訓練

e) PPWM の保守において、PPWM サプライヤーと役割の分担

JSC-JWV での PPWM の維持管理の例を以下に示す。

- 一般的に、PPWM の故障率は約 1% である。時折、センサーが壊れることがある。
- 交換方針：JSC は保守会社と契約を結んでいるため、PPWM の交換は無料。
- 2 個のバッテリーが入っている。寿命は 10 年だが、より頻繁に課金すると寿命が短くなる (8 年程度)。
- 定期的なキャリブレーション (校正) はない。破損した場合、Ajja 村にあるメンテナンスセンターが対応する。
- 6,000 水道メーターのうち、10~12 メーター/月の修理が必要であった。
- JSC-JWV がストックしているスペアパーツは、バッテリー、キャップなど。

ジェニン市 Ajja 村にある PPWM 会社のメンテナンスセンターでの PPWM のメンテナンス方法を以下に示す。

- 7 つの事業体がメンテナンスセンターのサービスを受けている。
- セクションが 3 つ (メーター機械部分、電子部分、IT (ソフトウェア)) ある。
- 技術スタッフ：8 名
- 破損したメーターのみ、修理のために水道事業体から回収される。
- 平均して、1 日あたり 10 個の水道メーターを修理する。



写真 1. Ajja 村の PPWM 会社のメンテナンスセンター

5.1.5. 財務的持続可能性の分析

PPWM の導入の財務的持続可能性を 2017 年の料金収入をベースに財務的費用便益分析によってチェックした。

(1) 基礎データ

基礎データとして 2017 年の請求と収入データ及び PPWM コストと人件費を以下に示す。

表 9. 2017 年の請求と徴収データ

項目	顧客	総請求額	徴収額	未納額	回収率
(NIS)	数	NIS /年	NIS /年	NIS /年	%
2017 年の総数	10,220	7,393,416	2,820,888	4,572,528	38.2
難民キャンプ	1,409	1,104,650	205,259	899,391	18.6
難民キャンプ以外の地域	8,811	6,288,766	2,615,629	3,673,137	41.6
(USD)	数	USD/年	USD/年	USD/年	%
2017 年の総数	10,220	2,121,910	809,595	1,312,316	38.2
難民キャンプ	1,409	317,035	58,909	258,125	18.6
難民キャンプ以外の地域	8,811	1,804,876	750,686	1,054,190	41.6

為替レート : NIS = 0.287US \$

表 10. PPWM コストと人件費データ

項目	単位	費用
PPWM の単価 (メーターボックスと設置を含む) 設置費用 : 5USD/メータ (想定)	USD/メータ	170
PPWM 付属品 (サーバー、ソフトウェア、ハンドヘルド)	USD/セット	10,000
PPWM 付属品 (課金機 5 台)	USD	10,000 (USD2000 / setx5)
PPWM メーターの維持管理費	USD/メータ/年	5
ジェニン市従業員の平均給与	NIS /月	2,780

為替レート : NIS = 0.287US \$

(2) 費用便益分析

1) 財務的便益と費用

財務的実現可能性は、費用便益比（BCR）、正味現在価値（NPV）、内部収益率（IRR）、および初期費用回収期間（PBP）によって分析した。分析には以下の費用と便益を使用した。回収期間（PBP）は、収入の増加によって初期費用を回収するために必要な年数を示す。

表 11. 財務的費用と便益計算方法

項目	内容	計算方法
財務的便益	PPWM 導入による追加収入と削減された費用	- 収入の増加 (PPWM を使用した場合、請求額の回収率 100%) (注：過去の未納金の徴収は含まず) - 人件費 (検針員と徴収員等) の削減 ▶ 既存の検針員と徴収員 16 人のうち 8 人は削減され、残りの 8 名はメーター維持管理者となる ▶ 料金監査員とサブキャッシャーの減員
財務的費用	PPWM の追加費用	- 導入の初期費用 (PPWM システム費用) - PPWM 運用と維持管理費

人件費の削減 (財務的便益) :

PPWM の導入により削減できる人件費は以下の通り。

● 検針員と徴収員 : 8 人 * 2,780NIS /人/月 * 12 か月

= 266,880NIS /年

● 料金監査員 (Auditor) およびサブキャッシャー : 2 人 * 2,780NIS /人/月 * 12 か月

= 66,720NIS /年

● 合計 : 333,600NIS /年

増加した収入 (財務的便益) :

2017 年における収入の増加 :

2017 年の総請求額 (7,393,000 NIS) - 2017 年の総徴収額 (2,820,000 NIS) = **4,573,000 NIS /年**

2) 仮定

財務的費用便益計算の仮定を以下に示す。

- 徴収率 : PPWM 導入後 100%
- 想定プロジェクト期間 : PPWM システム 8 年間の使用
- 初期費用 : ジェニン市負担 (PPWM はジェニン市が無料で交換)
- 顧客あたりの水消費量の削減 : PPWM システム後は水消費量が 10% 減少する
- 保証期間 3 年間の PPWM システム維持管理費はゼロ
- NPV の割引率 : 10%

3) 分析ケース

次の2つのケースを分析した。

ケース	内容
1	全顧客のメータを全て PPWM に交換
2	難民キャンプを除くすべての顧客のメーターを PPWM に交換

4) 結果のまとめ

両ケースとも、予想される大幅な収入の増加のおかげで、正味現在価値と内部収益率は非常に高く、投資回収期間が短くなっている。したがって、両ケースとも財務的持続可能性が高い。加えて、他の水道事業体は、PPWM の有する未納金回収プログラムを使用している。ジェニン市がこの機能を使用すると、未納金が回収され、追加収入となる。計算シートは本節末に添付する。なお、収入増加の一部は、将来の PPWM の交換または改善に利用される必要がある。

表 12. PPWM 導入のための財政的持続可能性分析

ケース	内容	年間財務的 便益-費用 (USD) 開始5年後の 数値	平均年間 経済的便 益費用 (USD) 8年間の平 均	内部収 益率 (IRR)	初期費用 回収期間 (PBP) (年)	割引 (10%) 便 益/コスト比 (BCR)	8年間の 合計正味 現在価値 (NPV) (USD)
1	すべての顧客のメーターを PPWM に交換	943,638	565,790	53%	1.86	1.44	2,377,960
2	難民キャンプを除くすべての顧客のメーターを PPWM に交換	725,697	416,068	46%	2.09	1.19	1,695,237

付録：財務的費用便益計算シート

Meter replacement of all customers with PPWM

USD

Sq No.	Year	Financial Cost with PPWM			Financial Benefit with PPWM			Benefit -Cost
		Initial cost	O&M	Total	Personnel saving	Increased revenue from unpaid customers	Total	
1	2020	878,700		878,700	0	0	0	-878,700
2	2021	878,700		878,700	95,743	656,158	751,901	-126,799
3	2022			0	95,743	1,312,316	1,408,059	1,408,059
4	2023		25,550	25,550	95,743	1,312,316	1,408,059	1,382,509
5	2024		51,100	51,100	95,743	1,312,316	1,408,059	1,356,959
6	2025		51,100	51,100	95,743	1,312,316	1,408,059	1,356,959
7	2026		51,100	51,100	95,743	1,312,316	1,408,059	1,356,959
8	2027		51,100	51,100	95,743	1,312,316	1,408,059	1,356,959
total		1,757,400	229,950	1,987,350	670,202	8,530,051	9,200,253	7,212,903
NPV	10% discount			1,653,102				4,036,455
IRR								79%
Payback period (year)								1.25
BCR								2.44

Consumption decrease -10%

Financial Benefit by reduced water consumption (10%)		Benefit -Cost by reduced water consumption (10%)
Increased revenue from unpaid customers	Decreased revenue from current paying customer	
0		-878,700
686,285	141,044	-333,459
1,276,827	282,089	994,738
1,276,827	282,089	969,188
1,276,827	282,089	943,638
1,276,827	282,089	943,638
1,276,827	282,089	943,638
1,276,827	282,089	943,638
8,347,248	1,833,577	4,526,321
		2,377,960
		53%
		1.86
		1.44

Meter replacement of all customers except refugee camp with PPWM

USD

Sq No.	Year	Financial Cost with PPWM			Financial Benefit with PPWM			Benefit -Cost
		Initial cost	O&M	Total	Personnel saving	Increased revenue	Total	
1	2020	758,935		758,935			0	-758,935
2	2021	758,935		758,935	82,543	527,095	609,639	-149,296
3	2022			0	82,543	1,054,190	1,136,734	1,136,734
4	2023		22,028	22,028	82,543	1,054,190	1,136,734	1,114,706
5	2024		44,055	44,055	82,543	1,054,190	1,136,734	1,092,679
6	2025		44,055	44,055	82,543	1,054,190	1,136,734	1,092,679
7	2026		44,055	44,055	82,543	1,054,190	1,136,734	1,092,679
8	2027		44,055	44,055	82,543	1,054,190	1,136,734	1,092,679
total		1,517,870	198,248	1,716,118	577,804	6,852,237	7,430,041	5,713,923
NPV	10% discount			1,427,587				3,167,794
IRR								73%
Payback period (year)								1.34
BCR								2.22

0.1

Consumption decrease -10%

Financial Benefit by reduced water consumption (10%)		Benefit -Cost by reduced water consumption (10%)
Increased revenue from unpaid customers	Decreased revenue from current paying customer	
0		-758,935
556,929	130,781	-332,787
1,031,315	261,563	769,752
1,031,315	261,563	747,724
1,031,315	261,563	725,697
1,031,315	261,563	725,697
1,031,315	261,563	725,697
1,031,315	261,563	725,697
		3,328,541
		1,695,237
		46%
		2.09
		1.19

(3) JICA 無償調達の 1,850 個の PPWM による回転基金による PPWM の増加

パイロット地区に 1,850 個の PPWM を設置し、同地区の料金徴収率が 55% から 100% に改善されれば、年間 170,532 米ドル/年が追加で回収されると推定される。

この追加収入の半分 (85,266 米ドル/年) を PPWM の増加に使用できる場合、翌年には約 502 個の水道メーターが購入できる。毎年、PPWM の追加設置数は、収益の増加に伴って増加する。ほぼすべての既存の顧客に PPWM を設置するのに約 7 年を要すると試算される。また、すべての追加収入を PPWM 購入に利用する場合、その期間は約 4 年となる。

表 13. 回転基金として JICA 無償調達の PPWM 1,850 個を使用した場合の試算

年	ケース 1：追加収入の半額を PPWM 追加購入に充てる		ケース 2：追加収入の全額を PPWM 追加購入に充てる	
	年間増加数	全数	年間増加数	全数
JICA 無償 PPWM 設置数	1,850	1,850	1,850	1,850
1 年目	502	2,352	1,003	2,853
2 年目	635	2,986	1,541	4,394
3 年目	806	3,793	2,373	6,766
4 年目	1,024	4,817	3,654	10,420
5 年目	1,301	6,117		
6 年目	1,652	7,769		
7 年目	2,098	9,867		

5.1.6. 社会的持続可能性

(1) リスク

パレスチナの他の水道事業者の PPWM 調査を通じて以下のリスクまたは課題が特定されている。これらは、ジェニン市の PPWM システムの成功を社会的に妨げる可能性がある。

- 給水サービスを改善せずに PPWM を導入すると、顧客から抵抗を受ける可能性がある。特に、水道料金を支払っていない顧客が PPWM の利点を十分に理解していない場合、PPWM への反対を表明する可能性がある。
- PPWM はより正確に消費水量を読み取ることから、新しい請求額が以前の請求額よりも高くなる可能性がある。そのような顧客は PPWM に抵抗を示す可能性がある。
- 低収入世帯は前払い方式により影響を受ける可能性がある。
- PA-1 地域で給水サービスが改善しなかった場合、他の地域への PPWM 導入が難しくなる可能性がある。

(2) 社会的配慮のための提言

- PPWM の導入とともに給水（水の利用可能性とサービス）に対する顧客の満足度を向上させる必要がある。それは顧客の PPWM の受け入れを容易にする。
- 市民の理解を深めるために、PPWM システム導入前後に市民の意識向上と参加を目的とした活動を実施する。
- 給水状況が悪い地域や難民キャンプを避けるなど、設置の優先順位が必要である。
- 前払い水道料金として、低所得世帯が支払い可能な料金設定を考慮する必要がある。

5.1.7. 政治的意思の確認とバックアップ

- ジェニン市市議会は、2017 年以来 PPWM を導入することを決定している。
- 資金が利用できれば、市はいつでも PPWM を導入する意思がある。
- JICA による PPWM 導入のパイロットプロジェクトが成功すれば、他の地域にも拡大していく。
- 市は、新規顧客向けの PPWM の購入も計画している。

6. PPWM システムの調達

6.1. 製品と機能

PPWM メーターシステムには、プリペイド水道メーター、課金カード、課金システム (PC コンピューター、カードリーダー、UPS、プリンターなど)、携帯検針端末 (ハンドヘルドユニット)、ソフトウェア、PPWM ボックス、ゲートウェイシステムが含まれる。

- (1) PPWM デバイス：このデバイスには、クレジットやその他のデータをロードするためのユーザーインターフェイスが含まれている。改造を防ぐために、PPWM デバイスを保護する必要がある。



写真 2. 課金カードと PPWM

- (2) 課金所：顧客の利便性のため、アクセス可能な場所に営業時間の長い課金所を設置する。PPWM 代理店は、1,000 顧客あたり 1 課金所をの設置を提案している。課金所に必要な設備は、ソフトウェアを含むパソコンシステムやクレジット課金端末などとし、課金所には 1 名の人員を配置する。課金所の運営は、スーパーマーケットやパレスチナのパルペイ社のようなクレジット課金サービスを提供する会社への外注が可能である。より便利で手間のかからない支払い方法として、営業時間が長く、フレンドリーで知識豊富な販売員のいる課金所を市内の適切な場所に設置する。ソフトウェアは、カードリーダーを接続した標準的なコンピューターで使用できる。

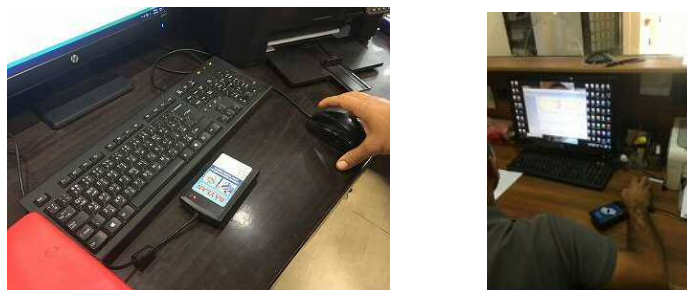


写真 3. 課金所の実例

- (3) ソフトウェア：特定の水道事業体の PPWM システムは、PPWM にリンクされたデータベースコードまたは識別子を介して一意にコード化され、ある地区のメーターとトークンを別の地区

で使用できないようになっている。ジェニン市の PPWM は同市の既存の会計ソフトウェア (Alshamel) と統合され、PPWM 顧客の財務情報を PPWM サーバーから既存の財務部門サーバーのデータベースに転送する。

- (4) ハンドヘルドユニット (携帯検針端末) : ハンドヘルドユニットを使用すると、オーソリティカードを介して水道メーターに直接アクセスしてデータを読み取ることができる。ハンドヘルドユニットにより、トークンの読み取りや、時間、承認、メンテナンス、オープン、クローズ、制御 (情報) などを含む特別目的カードを作成できる。



写真 4. ハンドヘルドユニット

- (5) PPWM プラスチックボックス: 保護の目的で、PPWM はボックス内に取り付ける。写真のように、JICA 専門家チームとジェニン市がジェニン市用にカスタマイズしたプラスチックボックスを設置することを提案した。既存の金属製のボックスは、カードタッチするためには、蓋を大きく開ける構造であり、ボックスの設置には、大きなスペースを必要とし、小さなスペースに設置できない。プラスチックボックスでは小さなスペースでも設置できるように、カードタッチする小窓を設置するデザインに変更した。なお、金属ボックスは、PPWM とゲートウェイシステム間の信号送受信に影響を与える可能性があった。

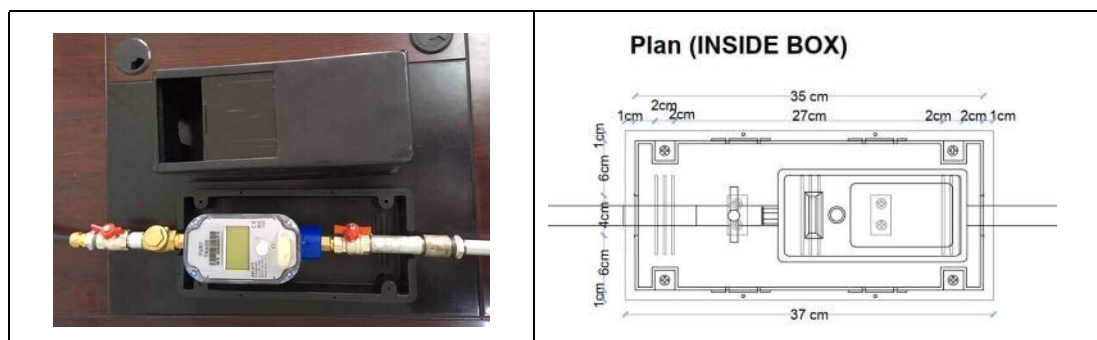


写真 5. PPWM ボックス

- (6) 市の財務ソフトウェアとの統合 : PPWM ソフトウェアは、ジェニン市の会計および財務ソフトウェアと統合されている。統合により、PPWM システムは会計および財務ソフトウェアと同時

に運用されている。クレジット等の PPWM データは、市の会計ソフトウェアに継続的に転送されている。統合の目的/利点を以下に示す。

- 経理をスピードアップし、手入力時間・コスト、人的エラー、入力ミス、追加の従業員または従業員の時間を節約できる。統合しない場合、毎日、PPWM 取引のすべての課金記録を会計および財務ソフトウェア (Alshamel) に手動で入力する必要がある。
- 違法な取引/セキュリティ機能 (詐欺/金銭の悪用により、データが変更されたり、許可されていない人物によってコピーまたは表示されたりするのを防ぐ) を有し、PPWM 課金の違法な使用を防ぐ。
- すべての財務ソースの取引が財務システムに確実に入力され、実際の公庫および銀行の残高を取得することができる。
- リアルタイムの財務取引情報を取得できる。

(7) ゲートウェイシステム: PPWM の監視プロセスを効率的にし強化するために、管理者が PPWM をリモートで完全に監視し、レポートを作成し、必要に応じて技術的な指示を与えることができる LoRA テクノロジーを使用したゲートウェイシステムを採用した。PPWM とゲートウェイシステムの全体的なシステムレイアウトを次図に示す。

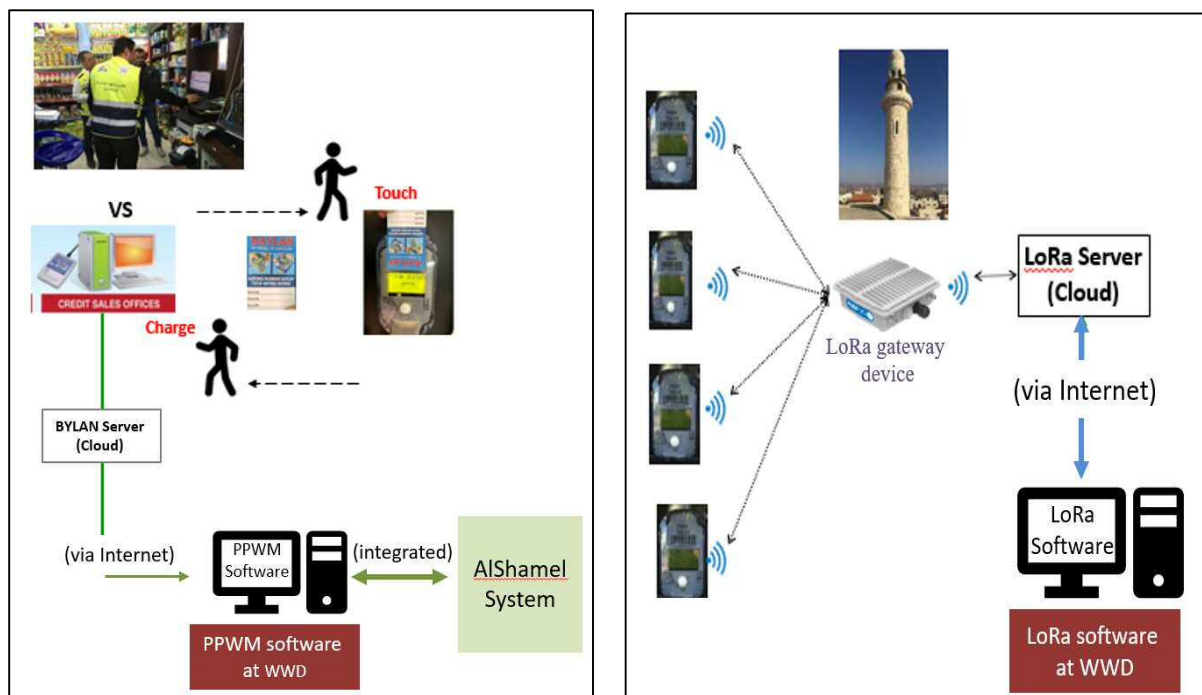


図 11. PPWM システム (左) と LoRA ゲートウェイシステム (右)

(8) 保証

Fury Trade 社による PPWM の保証期間は、納入日から 3 年間である。Fury Trade 社は、ジェニン市から故障の通知を受けた後、速やかに機器の検査を行い、無料で修理ないしは交換を行う。

6.2. ジェニン市プロジェクトの PPWM システムの仕様

- (1) PPWM デバイス：パレスチナにおける PPWM の利用可能性を考慮し、超音波式 PPWM の必要な仕様を以下に示す。
- a) 口径：3/4 インチ（呼径 20mm）
 - b) Q3（定格最大流量）= 2.5～4.0 m³/h かつ
Q1（定格最小流量）≤ 0.016m³/h
- (2) 課金機：ハードウェア機器およびソフトウェア。PC、LCD スクリーン、プリンター、カード（タグ）リーダー、スタンバイカード（タグ）リーダーユニットと UPS、オンラインソフトウェア、ルーターなどが含まれる。
- (3) ソフトウェアとサーバー：アプリケーションに適した BAYLAN 社 PPWM ソフトウェア、サーバー管理ソフトウェア、ハードウェアサーバーが必要。適切な UPS、オンラインソフトウェア、ルーターなども含まれる。
- 技術仕様：8 コアプロセッサ 32GB メモリ 1TB ハードディスクを搭載した HPE コンピューター。Windows ライセンスおよび 8 コア & Unlimited Cals の SQL2016 標準ライセンスを含む。
- (4) ハンドヘルドユニット：
- モデル：Symbol、Workabout pro4
 - プラットフォーム：PXA270 624MHz プロセッサ
 - 1 GB フラッシュ ROM、256 MB RAM
 - OS：Microsoft Windows CE 5
- (5) PPWM ボックス：硬質プラスチックボックス
- (6) ゲートウェイシステム：

項目	仕様および規格	
ゲートウェイ デバイス	コミュニケーション	LoRaWAN1.0 および 1.01 準拠
	アンテナコネクタ	凹型 POE 用の「N」タイプ RJ-45
	最大送信機電力出力	27 dBm
	外部 LoRa アンテナ	3.0dB の追加ゲイン
	外部 H5 または LTE アンテナ	2.15dB の追加ゲイン
	PoE スプリッター (IP67 エンクロージャー内)	25 ワットで 48 ボルトの PoE
	作動温度	-40°C～ +70°C
	保管温度	-40°C～ +85°C
	付属品	避雷器、屋外ケーブル、アンテナなど 操作に必要な付属品を含む
	モデル	プログラム可能なイーサネット mLinux
デバイス ボックス	<ul style="list-style-type: none"> • アンテナを備えたゲートウェイデバイスを保管するのに十分な容量でなければならない。 • 木製またはガラスファイバー製とする。 • 屋外設置に耐えうる十分な強度が必要である。 	

6.3. ジェニン市プロジェクトで調達した PPWM システム

2018年9月にPWA技術仕様ガイドラインに従ってPPWMシステムの入札がJICAパレスチナ事務所により実施され、Fury Trade社とElectromed社の2社が応札した。評価後、Baylan製の水道メータで応札したFury Trade社が落札した。PPWMは2019年2月に納入された。調達されたPPWMシステムを以下に示す。その後ジェニン市が1,500個のPPWMを調達している。

表 14. PPWM システムの調達品目

番号	アイテムと仕様	JICA が 調達した数量	ジェニン市が 調達した数量
1	プリペイド水道メーター (DN20)、PN 16 bar、 超音波式	1,850 個	1,500 個
2	仕切弁 (DN20mm)、PN 16 bar	1,850 個	1,500 個
3	ボール弁 (DN20 mm)、PN 16 bar	3,700 個	3,000 個
4	PPWM、バルブ、付属品を取り付けるための 硬質プラスチックボックス	1,850 個	1,500 個
5	ハードウェア機器とソフトウェアを備えた課金機	4 セット	6 組 (カードリーダー とライセンスの み)
7	サーバー管理ソフトウェアとハードウェア	1 式	0
8	サーバー管理の試運転を含むインストール	1 式	0
9	ハンドヘルドユニット (フィールドベリファイア)	3 組	0
10	ゲートウェイ	3 組	0

7. PPWM の設置

7.1. ジェニン市パイロット地区での PPWM 設置計画

3 パイロット地区に PPWM を設置するための設置スケジュールと作業工程は以下のとおりである。

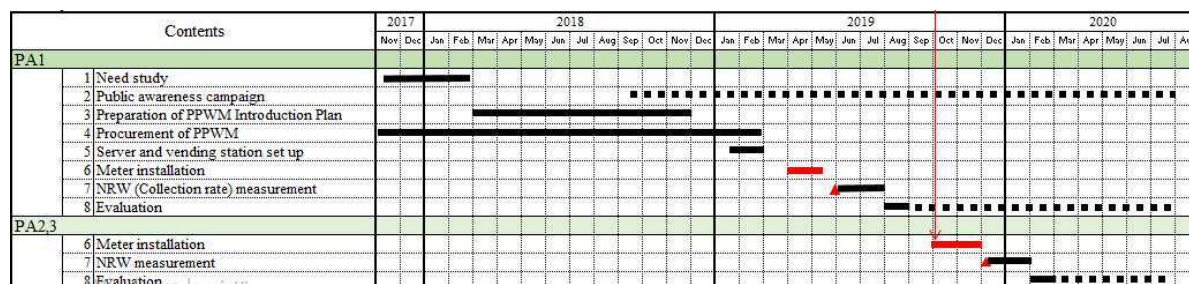


図 12. PPWM の設置作業工程

7.2. 関係部門/セクションの役割

市内全域への PPWM の設置はチームワークであり、多くの 部門とセクションが関係している。役割が少ない部門もあるが、プロジェクトの成功にとって重要である。

下表は、特定サービスを提供することによってさまざまな役割を果たしているジェニン市の関連部門を示している。上下水道部（WWD）が、主に顧客サービス課の関与により、プロジェクトの実行において最も重要な役割を果たしており、他にも水道課、GIS ユニット、およびジェニン市広報部の協力を得ている。

表 15. PPWM の実施に関与する組織

組織	主な役割
上下水道部	カスタマーサービス課、水道課、料金徴収係
GIS ユニット	GIS データベースと顧客マップの準備
市広報部	市民の意識向上と設置前戸別訪問調査、満足度調査
IT 部	PPWM のソフトウェアとサーバーに関する技術的な問題の解決
財務部	顧客支払データベース、財務レポート
市民センター	DMAS システム上のサービスアプリケーション
法務ユニット	違法な利用者の対応、罰則の施行
人事部	必要に応じたスタッフの新規雇用
市議会	必要に応じたチームへのサポート
市長室	必要に応じたチームへのサポート

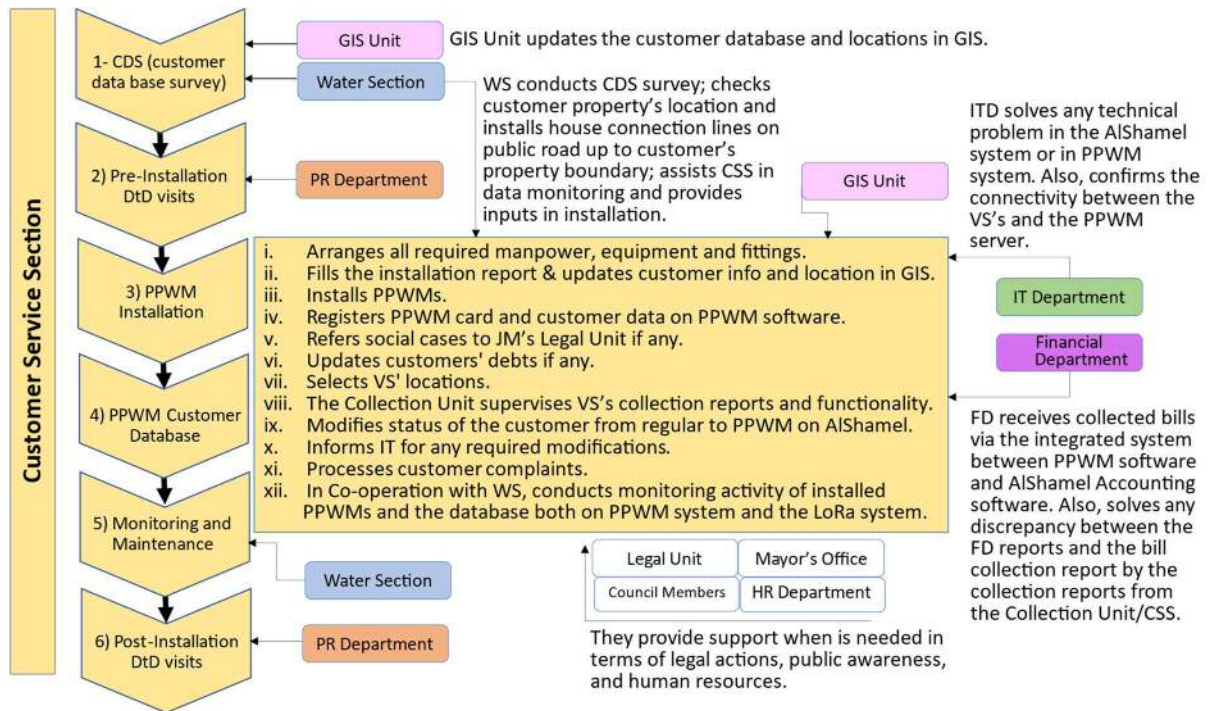


図 13. 関与する部門別の PPWM のワークフローとタスク

7.3. PPWM の設置チーム編成

(1) CDS チーム

無収水管理パイロットプロジェクトにおいて、パイロット地区（DMA）内の顧客情報を収集するために既に、CDS（顧客データ調査）チームが編成されていた。CDS チームからパイロット地区の顧客データを基礎情報として PPWM 設置に活用した。

(2) 広報チーム

設置前に顧客を訪問（DtD）して、PPWM について説明し設置同意を確認するために、広報チームを編成した。広報チームは、設置後の顧客満足調査も担当する。広報チーム内に以下の 3 チームを編成した。

表 16. 広報チームの編成内容及び戸別調査に必要な期間と業務

要員		日当たり作業量	その他の作業
第 1 チーム	市広報員 調査員	約 10 件 10 時から 14 時	初期トレーニング、現場でのフォーム記入、写真撮影、不在/不同意の顧客の特定、再訪問
第 2 チーム	市広報員 調査員	約 10 件 10 時から 14 時	初期トレーニング、現場でのフォーム記入、写真撮影、不在/不同意の顧客の特定、再訪問
データ入力	調査員補助	18~24 件/日 8 時から 16 時	GIS へのデータ入力、スキャン、写真整理、データ集計

(3) 設置監理チーム

公報チームが訪問し、設置の同意を取り付けた顧客に PPWM を設置する設置監理チームを編成した。設置は、水道課による直営、あるいは再委託で実施する。設置監理チームは技術者 2 名で構成され、水道メーターの交換作業中に以下の記録作業を行う。

- a) 交換直前の既設メーターの最後のメーター読み取り値を顧客情報として文書で記録する。
- b) 最終検針票に記入・署名したのち、以下の写真を撮る。

写真 1：既存の水道メーター

写真 2：既存の水道メーターの周囲状況

写真 3：設置された PPWM

写真 4：設置された PPWM の周辺状況

- c) 記入済みの書式と写真は、各顧客の世帯 ID ごとに電子ファイル化する。

7.4. PPWM の設置

2019 年 4 月に PA1 から設置を開始した。当初は水道課職員が設置作業を行い、その後、外部委託業者を通じてメーターを設置することで、設置作業の迅速化を図った。PA1 完了後、PA2 および PA3 への設置は、別の外部委託業者によって実施された。2021 年 2 月 15 日時点で 1,792 個の PPWM が 3 パイロット地区に設置された。



写真 6. PPWM の設置状況

パイロット区域内の PPWM の設置作業は、大きな設置拒否の動きもなく、成功裡に完了した。この成功体験のあと、ジェニン市は自己資金で PPWM を調達し、以下の方針に基づいて市内の他地域への PPWM の設置拡大を開始した。

- 1) 新規顧客：全ての新規顧客に PPWM を設置する。ジェニン市は新規接続料金を 1,150 NIS に引き上げ、PPWM 設置コストをこの料金に含めた。PPWM は市によって設置され、市がメーターの所有者となる。
- 2) 破損した機械式メーター：交換の可否は現場検査によって決定され、破損したメーターは、顧客の契約変更にあわせて PPWM に交換され、市が所有者となる。
- 3) 新しく 7 つの DMA 地区を設定し、CDS、DtD 訪問、PPWM 設置、必要なデータ入力などの JICA プロジェクトと同じ手順で実行する。
(注) 現顧客は PPWM を無料で交換できる。

これまでに、ジェニン市は3つのパイロット区域以外の地区に1,187個のPPWMを設置し、次表に示すように、合計3,119個のPPWMを市全体に設置した。

表 17. PPWM 設置の概要 - 市内全域

区域	設置数
パイロット区域	
PA-1	732
PA-2	534
PA-3	526
小計	1,792
新 DMA	
Al-Jinan DMA	44
Al-Basateen DMA	96
小計	140
市内の他区域	1,187
計	3,119

備考：2021年2月15日時点

7.5. ゲートウェイと課金所の設置

7.5.1. ゲートウェイの設置

PPWMをリモートで監視し、分析とデータ管理に必要なレポートを作成するために、2019年11月に3つのゲートウェイをジェニン市内に設置した。

7.5.2. 課金所の設置

ジェニン市は、最初に3つの課金所を設置した後、PPWMの増設にあわせて、市内にさらに多くの課金所を設置することを決定した。



写真 7. ゲートウェイデバイス

課金所の管理を容易にするために、ジェニン市はパルペイ (PalPay) 社 (カード課金及び支払い関連のサービス会社) と契約した。パルペイ社との契約で、ジェニン市は低コストで簡単に課金所を増設できることとなった。2020年6月にはパルペイ社によって8つの課金所が設置され、市内の課金所の総数は10か所となった。現時点で、PPWMの平均月額料金収入はすべての課金所で200,000NIS/月を超えている。

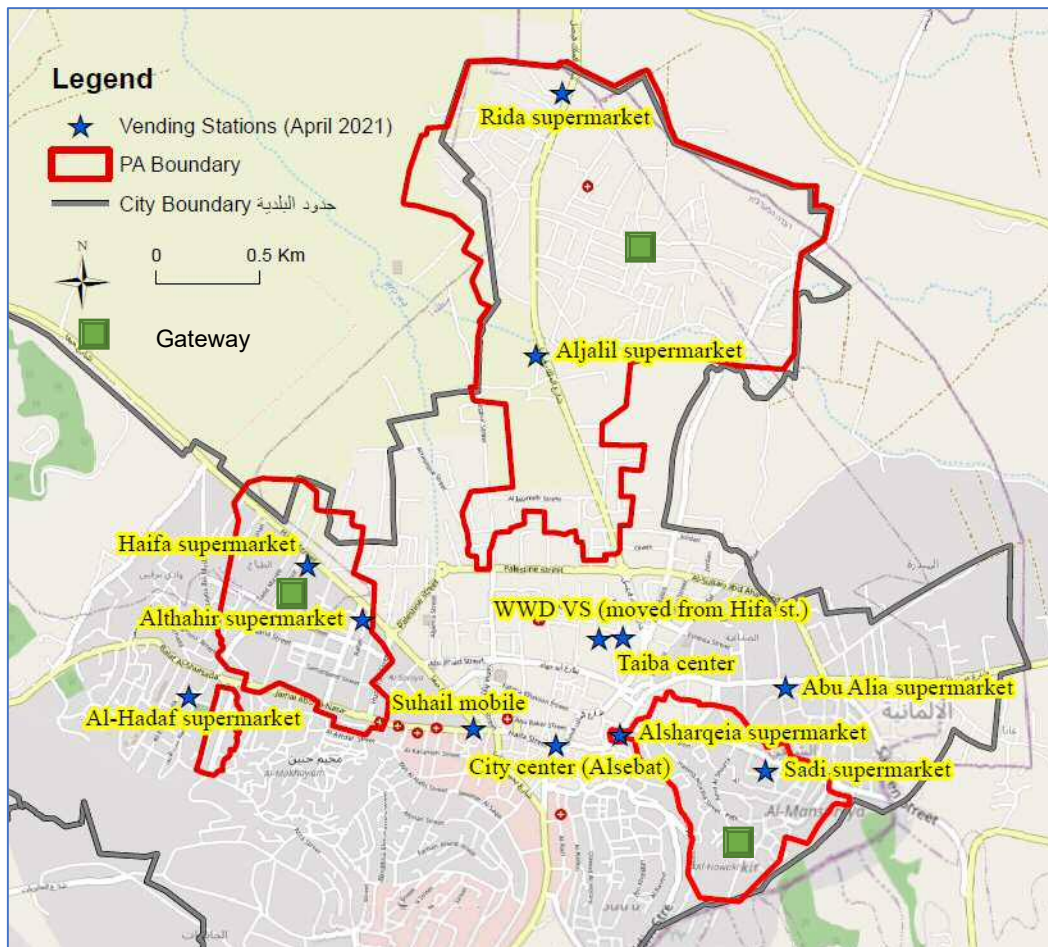


図 14. ジェニン市内の課金所 (★) とゲートウェイ (■)

7.5.3. 水道料金

ジェニン市の水道料金（後払い式と前払い式）を以下に示す。前払い式では最低料金を廃止した。これは PPWM へ交換するインセンティブでもある。

表 18. ジェニン市の水道料金（後払い式）

カテゴリ	料金	備考
最低料金（固定）	17.36 NIS/月	最低使用水量（4 m ³ ）の料金に相当
従量制料金	0-50m ³	請求書は月 1 回発行
	Over 50m ³	
管網の維持管理費	6.2 NIS/月	

表 19. ジェニン市の水道料金（前払い式）

カテゴリ	料金	備考
従量制料金	0-50m ³	前払い
	Over 50m ³	
管網の維持管理費	6.2 NIS/月	

8. PPWM の運用と維持管理

8.1. PPWM 運用組織

CSS（顧客サービスセクション）は、PPWM の運用保守チームを結成した。運用保守チームは、PPWM をフォローアップおよび監視し、適切な対策を実施するために設置された。現在、以下の人員が PPWM の運用・保守に従事している。

表 20. ジェニン市の PPWM 運用保守組織

No.	作業名	人数	部門	役割
1	PPWM 維持管理	技術者 2 名 (常勤)	CSS	<ul style="list-style-type: none"> PPWM のメンテナンス： <ul style="list-style-type: none"> バッテリー交換 PPWM が故障した場合、メーターを交換し、故障メーターを外部委託のメンテナンスセンターに送って修理する。修理後は再設置する。 1～6 か月ごとの PPWM の定期検査 異常値を示したメーターについて、不法接続が無いか現場確認
2	課金所管理人	市職員 (外部委託)	CSS/ 外部委託	<ul style="list-style-type: none"> 課金作業と販売クレジットの市へ送金
3	データベース/ プログラム管理	1 人 (常勤)	CSS	<ul style="list-style-type: none"> データベースおよびサーバー管理作業 <ul style="list-style-type: none"> 顧客申請、登録、切断など レポート作成 プログラム管理 課金所の監視とフォローアップ 月間消費量の確認、異常値の発見、カスタマーサービス課への広告レポート
4	顧客の苦情への対応	技術者 2 名 IT 技術者 1 名 (常勤)	CSS	<ul style="list-style-type: none"> 苦情への迅速な対応と解決 顧客との良好なコミュニケーションによる優れたサービスの提供

8.2. PPWM 設置後の CSS 活動の進行状況

2019 年 11 月から 2021 年 2 月までの CSS 活動の進捗状況を次表に示す。

表 21. CSS 活動の進捗状況 (2019 年 11 月～2021 年 2 月)

活動	進捗状況
顧客の苦情への対応	878 件
PPWM の定期検査	615 個
保証契約による PPWM の維持	91 個

CSS が解決した主な苦情の概要を以下に示す。

1. PPWM の弁が閉じたままである
2. カード課金の問題／カードと PPWM 登録番号の不一致
3. PPWM の精度：一部の顧客から、PPWM の精度を確認するよう要求があった。

4. 製品の欠陥
 5. COVID-19 パンデミック初期に課金できないため、火災モードをアクティブにしれ水を使用したい要求があった。
 6. メーター内部の水漏れ
- 注) 火災モード：クレジットがない場合や貯留タンクが空の場合に火災が発生した場合、火災モードをアクティブにすることにより、バルブが開いたままになり、緊急時に 180 分間水を使用できるようになる。火災モード中に使用した水は、後日、課金した際にクレジットから差引かれる。

9. PPWM 導入の結果と効果

9.1. 導入戦略と実施内容

PPWM の導入戦略とその実施内容を以下にまとめる。実施結果に関しては次節以降を参照のこと。

表 22. PPWM の導入戦略とその内容

項目	戦略	実施内容
1. 主な成功要因	顧客満足度を高め、PPWM の受け入れ意欲を向上させる	下記 3~6 の実施を通して満足度を向上した。更に、給水状況の改善を行った。
2. 導入方針	PPWM の失敗リスクを軽減し成功するための導入政策を準備する	PPWM を受け入れやすいと考えた PA1 で最初の導入を実施し成功例を作った。
3. 意識向上	市の給水サービスと PPWM に対する意識を向上させる	住民公開会議の実施、ソーシャルメディアでの発信、DtD 訪問による PPWM の個別説明等により市民の意識向上を図った。
4. 技術	PPWM 導入をバックアップするための技術的能力を強化する	PPWM 調達業者による訓練と JICA 専門家チームによる OJT により強化。 PPWM 会社のメンテナンスセンターを訪問して PPWM のメンテナンスを視察した。 3種類の水道メーターの測定実験を行い最適な水道メーター（超音波式）を導入した。 Gateway を導入し、リモートによるメーター状況の確認やメーター管理制御能力を身に付けた。
5. 水道料金と債権回収	顧客に PPWM 参加への経済的動機を付与する	PPWM 用の水道料金から最低料金を廃止した。
6. 顧客サービス	PPWM システムの管理能力を強化、顧客サービスを改善する	下記 9.3 項のとおり、PPWM 管理組織体制を構築し、PPWM 導入実施を通して顧客サービスを改善した。

9.2. 給水改善

導入戦略の一つである給水改善について PA 毎に以下にまとめる。なお、PA の配水水理モデルを作成し、改善すべき配管内容（ルート、口径、延長）を算定したが、予算が無いため、配水管の更新事業は実施できなかった。

地区	給水改善策	効果
PA1	バルブの開閉位置を変更して、出水不良地域に水が届くようにした。 PA1 の水源から給水していた AlBasateen 地区を別地区からの水源に変更した。	バルブの操作による一部の出水不良地域が改善した。 水源の変更により、PA1 に配水できる水源量が増加し給水サービスが改善した。
PA2	PA2 内の 1 民間井戸業者と契約し、民間井戸を市の水道に接続した。 PA2 の破損した境界バルブを改修し PA2 用の水源量を確保した。	民間井戸の追加により給水圧と給水量が増加した。 2021 年 6 月の PA2 の配水量は約 1100m ³ /日。その中、約 600m ³ /日が契約井戸から配水されている。
PA3	PA3 内の 1 民間井戸業者と契約し、民間井戸を市の水道に接続した。	標高の高い地区に給水できていなかったが、地区全域に給水できるようになった。2021 年 2 月の PA3 の配水量は約

		560m ³ /日、その中、約 300m ³ /日が契約井戸から配水されている。
全市	PA 地区を含み、4 民間井戸業者と契約し、民間井戸を市の水道に接続した。 Alsaadeh 市有井戸の改修を行った。ただし改善効果は十分でなかった。	配水量が 2018 年の平均 8,640m ³ /日から 2020 年の平均 9943m ³ /日に増加した。増加量は約 1,303m ³ /日。

9.3. ジェニン市における PPWM に関する新しい職務と手順の確立

ジェニン市は、PPWM 設置の進捗状況を把握し、PPWM 設置に関係する各部門の職務を明確することが重要である。以下は、ジェニン市の関連部門との議論から作成した職務と手順である。

(1) 顧客サービス課 (CSS) (上下水道部)

PPWM の設置/既存メーター交換の第一ステップはこの課から始まる。

- 1) 設置場所を決定、必要な情報を準備し、設置日の 1~2 週間前に顧客の PPWM 設置受け入れ確認のために広報部職員とともに戸別訪問を実施する。必要に応じて設置拒否顧客を再訪する。
- 2) 顧客データベース調査 (CDS) によって GIS に記録された顧客位置、水道メーター番号、名前などの顧客情報を示す GIS マップを準備する
- 3) 事前に PPWM ソフトウェア内に顧客データベースを作成し、顧客が PPWM に課金する前に、PPWM データベースをクロスチェックしてデータが正しいことを確認する。パイロットプロジェクト期間中の設置チームの実績によると、毎日約 20~30 個の水道メーターが登録可能である。
- 4) 水道メーター設置前に、顧客の特定名で PPWM とその課金カードを識別させる。これにより、水道メーター設置後、速やかに PPWM に課金できるようになる。
- 5) PPWM 設置直後に、Alshamel ソフトウェアの顧客のステータスを PPWM 利用者に変更する。この機能は、Alshamel プログラムを変更して追加された。この変更の結果、請求書の発行の停止と検針リストから PPWM 顧客が削除される。
- 6) Al Shame1 アカウンティングソフトウェアと PPWM ソフトウェアは統合されており、顧客の財務状況は自動的に更新される。
- 7) 水道課と一緒に、(再委託契約業者による) PPWM 設置を監督する。PPWM 交換前に、最後の既存水道メーターの読み取りを実行する。チームの広報 (PR) 職員が、顧客満足度を聴き取り、必要に応じて苦情を記録する。
- 8) 顧客サービス課は、広報部と協力し、PPWM システムの顧客への理解や認識を深める活動を実施する。特に設置前には、新規の PPWM 顧客に対して個別に、PPWM 説明用の小冊子などを用いて必要なすべての情報を提供するとともに、ソーシャルメディアやジェニン市のウェブサイトなどのツールを使用して広く一般に広報する。
- 9) 顧客サービス課 (GIS アシスタント) は、設置チームから設置報告書を受け取り、GIS 上で顧客データベースを記録/更新する。
- 10) データベース上の課金機能に影響を与える問題がある場合や設置作業自体に問題がある場合等、徴収ユニットや水道課などの他の部門からの要請に対応する。また、顧客サービス課は、PPWM の使用に問題がある場合、または PPWM の誤動作/破損、消耗などの問題がある場合には、

顧客からの苦情を処理する。顧客サービス課は、誤動作した PPWM の必要な維持管理/交換をこれらの職員とともに行う。

- 11) 要求に応じて、PPWM ソフトウェアまたは Alshamel から必要な報告書を発行する。
- 12) 顧客サービス課は、PPWM 顧客データベースを定期的にモニタリングする職員を割り当て、請求料金の異常値や長期間のゼロ/低消費を監視し、水道課の担当職員と協力して発見された問題を解決する。
- 13) 顧客サービス課/水道課モニタリングチームは、設置された PPWM のランダムチェックおよび定期点検を調整・実行し、問題を解決するために必要な行動を実行する。
- 14) 未納金支払請求の SMS メッセージを送信する。

顧客サービス課の徴収ユニットは、水道料金集金人から現金を受け取るユニットである。PPWM 関連の活動に関しては、徴収ユニットは課金所を担当する。

- 1) 課金所の機能が良好な状態にあり、顧客にクレジットを販売できる状態にあることを確認する。
- 2) 課金所 (例: 契約したスーパーマーケット) と毎日連絡を取り、水道料金徴収報告を収集する。
- 3) 課金所で技術的な問題が発生した場合は、顧客サービス課に報告する。

(2) 水道課 (上下水道部)

水道課は、顧客サービス課によって顧客登録作業が完了した後、給水接続を実施する責務を有する。

- 1) PPWM 設置前には、顧客データベース調査 (CDS) を完了して、次の情報を収集する。
 - a) 建物の所有者名
 - b) 建物のコード番号
 - c) 世帯と家族の数
 - d) 顧客データベースへの登録状況
 - e) 水道メーター番号、接続ルート、使用される管の材質とサイズ
 - f) 水道メーターの位置と給水管分岐点の XY 座標
 - g) 私設配管網の使用の有無
 - h) 貯水タンクの容量とその数
 - i) 建物の写真
- 2) 顧客位置図と家屋への給水管ルート図のデジタル化のために GIS ユニットの支援を受ける。現場およびマップ上の家屋の給水管または水道メーターの位置に変更が必要な場合に情報を提供する。
- 3) 顧客の給水管の設置報告書に必要な全情報の記入に際し、顧客サービス課を支援し、そのフィードバックを求める。
- 4) クレジットチャージ (課金残高) の異常、ゼロ/低消費水量、バッテリーの問題に関する PPWM データベースの監視について、監視協力職員を割り当て、顧客サービス課の監視職員と協力し

て監視を行う。顧客サービス課と調整してレポートを作成することで、発見された問題を解決する。

- 5) 同じ顧客サービス課/水道課協力監視職員は、PPWM ランダムチェックおよび定期的な PPWM チェックの実施を調整し、実施する。水道課からは必要なフォローアップをする。

(3) GIS ユニット

- 1) 上下水道部および顧客サービス課によって選定された PPWM 設置対象地区の CDS および戸別訪問用の図面を準備する。
- 2) 同上区域の GIS データベースの準備と PPWM 設置図を作成する。
- 3) PPWM 設置後に、GIS データベース上の顧客状況と PPWM の場所を更新する。
- 4) 顧客サービス課と連携して、顧客情報とステータス（凍結、切断、違法）を更新する。
- 5) 要求に応じて GIS データベースから顧客サービス課の部門長あてに必要なレポートを発行する。

(4) 広報部 (PR)

ソーシャルメディアやジェニン市ウェブサイトを活用した PR 活動を実施し、PR 資料の制作、インタビュー、短編動画制作を行うほか、以下の主要な啓発活動は、設置地区の設置前に実施された場合、顧客による PPWM の受け入れを成功させる上で重要な役割を果たす。

1) 設置前の戸別 (DtD) 訪問

顧客から PPWM 設置の同意を得る目的で、設置の 1~2 週間前に顧客を戸別訪問する。顧客には、1) PPWM とその利点、2) 選択した PPWM のタイプと理由、3) PPWM の使用方法、4) PPWM カードの課金場所、5) 設置方法やその必要日数について十分に説明および通知する。

必要な情報がすべて記載された PPWM ブックレットも顧客に配布し、PR 職員は、顧客が PPWM を理解し、設置日の前にすべての質問に回答することを顧客に確認する。設置を拒否した顧客を記録する。後日、ジェニン市の高位の管理職とともに再訪問して説得が行われる。



設置前の DtD 戸別訪問を実行する際は、以下の手順を参照する。

- i. 訪問地区を設定する。
- ii. 選択した地区の AlShamel データベースから顧客情報を抽出する。
- iii. チーム員、交通手段、訪問時間を設定する。顧客の在宅が予想される場合は、平日の朝が適する。
- iv. 添付書類の作成：1) GIS マップを使用した訪問地区のハードコピーマップ、2) PPWM 説明小冊子、課金所営業時間などの PR 資料、3) 名前、水道メーター番号、申請図書を含む顧客リストのハードコピー

小冊子で顧客は以下を知ることができる。

- ジェニン市の PPWM について
- PPWM の利点
- パイロット地区 (PA) の PPWM 種類と PPWM の仕組み
- 水道料金と課金方法
- PPWM スマートカード (課金用カード) での課金場所
- PPWM に関する顧客の責任
- 破損や誤操作から PPWM を守る方法
- PPWM の破損または誤動作に気付いた場合の報告場所
- 設置スケジュール
- PPWM 画面通知



追加情報：

- パイロット区域でテストされた PPWM の場所
- テストされた 3 種類の水道メーターの精度テストの結果
- JICA プロジェクトの活動内容

2) 拒否した顧客への再訪

2 回目の訪問の目的は、個人敷地内への PPWM の設置拒否を続けている顧客への説得である。パイロット地区での経験によると、これらの顧客のほとんどは設置を最終的に受け入れている。より成功するためには、高位の管理者、例えば、市長、上下水道部長、コミュニティの重要人物、または市議会メンバーが 2 回目の訪問時に PR チームに同行することが重要である。

3) 設置後の訪問

PPWM 顧客の前向きな態度を確認し、顧客が抱える問題に対処するための訪問。顧客の満足度を測定し、市民意識の向上を図るために、顧客の満足度を共有する。

4) 近隣住民とコミュニティリーダーとの会合

近隣住民会議は、設置前のグループディスカッションの中でも最も重要である。よく計画され、モスクのイマーム (集団礼拝の指導者) などのコミュニティの主要メンバーやリーダーも参加している場合に効果的である。これらの近隣会議では、ジェニン市の幹部クラスの高位の管理者の出席が不可欠である。

5) 設置および使用中の住民啓発

この活動は、PPWM の適切な使用、関連する供給サービス規定、新しいサービス手順、苦情システムなどに焦点を当てている。

- PPWM の使用方法に関する説明シートを作成して配布する。
- サービスの誤操作に関する情報シートを作成して配布する。
- 顧客のドアを開かせることにより、設置チームの作業を促進する。
- 顧客からの苦情を受け取り、顧客サービス課の責任者に報告する。



- 市民の意識を高めるために、ジェニン市のウェブサイトと Facebook で導入プロジェクトの進捗状況に関する情報を定期的に発信する。
- PPWM の利点に関して定期的に Face Book に投稿更新する。
- PPWM 短編動画の制作。つまり、PPWM の顧客にインタビューして、市民と経験を共有する。動画は、FaceBook、YouTube、およびジェニン市の Web サイトで共有する。
- パンフレットなどの PR 資料を作成する。

(5) IT 部（市本庁）

ジェニン市の IT 部門は、主に PPWM システムに関連する技術的な問題を担当する。

- 1) 課金所、サーバー、インターネットの設置を実行し、問題を解決する。
- 2) 課金所と PPWM サーバー間の接続を確認する。
- 3) PPWM サプライヤーと調整して、PPWM システムの技術（IT）問題を解決する。
- 4) Alshame1 ソフトウェアサプライヤーと調整して、Alshame1 システムの技術（IT）問題を解決する。
- 5) Alshame1 と PPWM ソフトウェア間の統合の機能を確認し、この点に関して顧客サービス課職員にトレーニングを提供する。

(6) 財務部（市本庁）

Alshame1 ソフトウェアの財務データを毎月確認し、PPWM と Alshame1 ソフトウェアの統合により、送金の動きが正しいことを確認する。顧客サービス課および徴収ユニットと連携する。

(7) 市民サービスセンター（市本庁）

- 1) PPWM の新規顧客の申請を受け付ける。
- 2) 接続料金を受け取り、申請を顧客サービス課に転送して PPWM を設置する。
- 3) PPWM に関する顧客の苦情がある場合は、フォローアップする。

(8) 法務ユニット

- 1) PPMM の設置を拒否されたケース、特に顧客に未納金がある場合については、顧客サービス課をフォローアップする。
- 2) 設置拒否した顧客情報を市長室に送付し、設置通知の送信や顧客ファイルの裁判所への送付などの必要な措置を講じる。
- 3) PPWM の設置後の違法なケースをフォローアップする。

(9) 人事部

必要に応じて、上下水道部と顧客サービス課をフォローアップして、PPWM 設置に新しい職員を割り当てる。

(10) 市長室および市議会議員室

- 1) PPWM の設置過程について上下水道部と顧客サービス課を監視、指示を出す。

- 2) 財務面と組織面から PPWM 設置の促進と成功のために可能なすべてのサポートを提供する。
- 3) 設置を拒否された場合に、顧客サービス課とフォローアップし、これらのケースに PPWM を設置するために必要な行動を実行する。

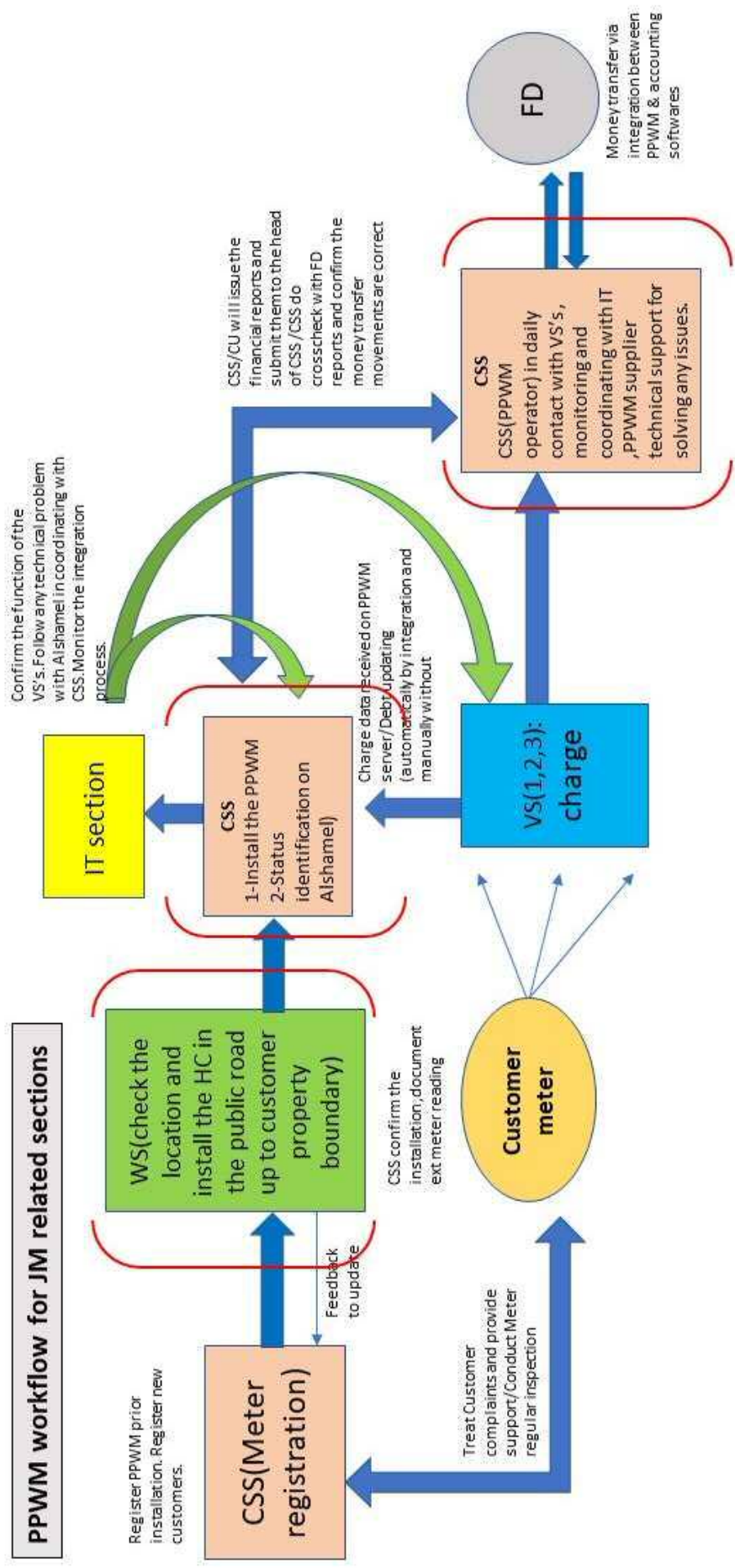


図 15. ジェニン市の関連部門の PPWM ワークフロー

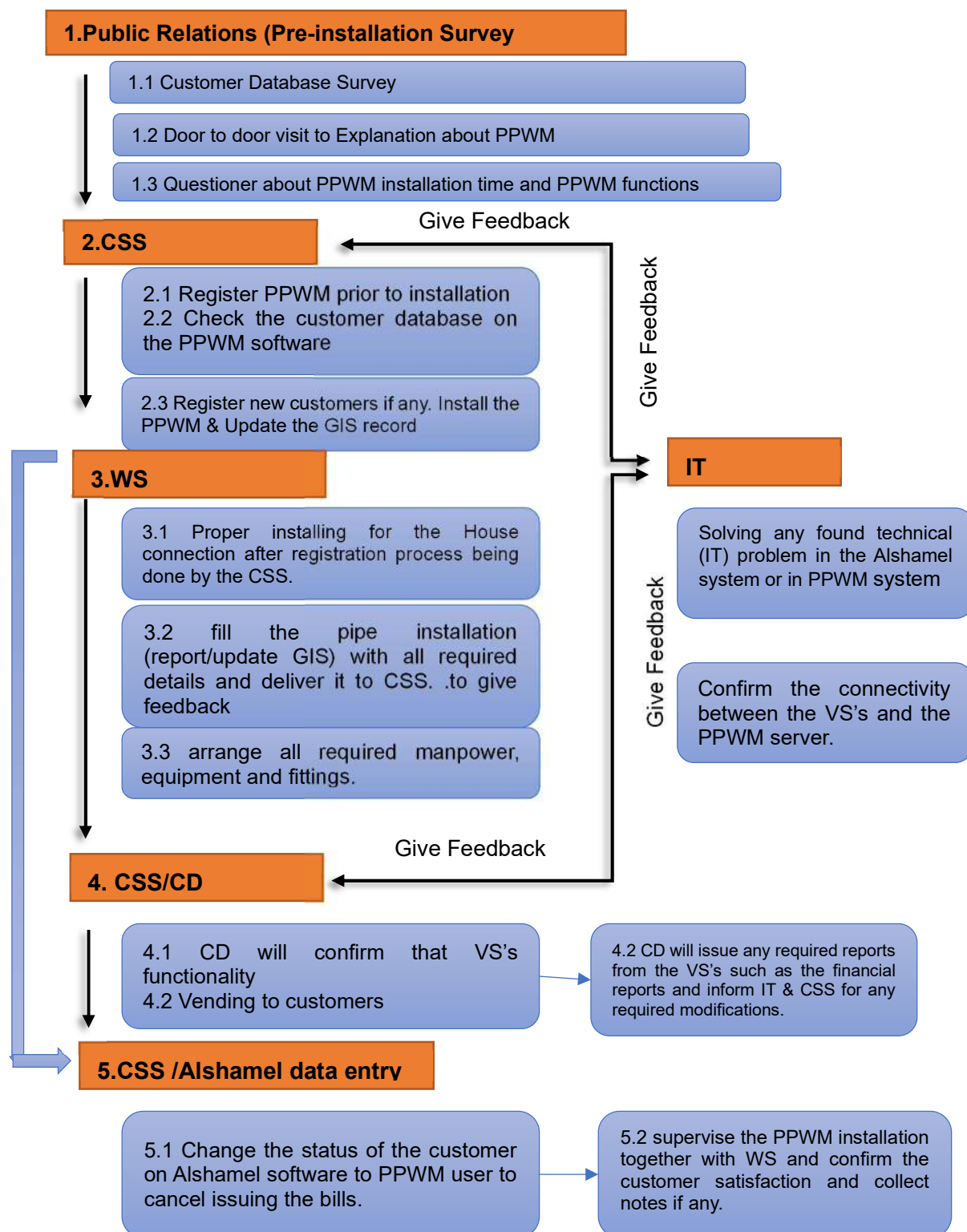


図 16. PPWM 設置手順

9. 4. 料金請求と料金徴収率

PPWM の設置により、以下図表に示すようにパイロット地区での料金徴収率が大幅に向上した。なお、PA2 では、難民キャンプと公共機関の顧客が多い。これらの顧客には PPWM が設置されていないため、料金徴収率が低くなっている。これらの顧客を除けば、約 90% の徴収率となっている。

また、2020年1月にデータの欠損があるが、これはMBS（Mobile Billing System(携帯検針端末)の使用開始月であるため、データが入手できなかった。

表 23. パイロット地区における料金徴収率（未納金回収を含まず当月料金のみ）

区域	設置前	設置後
PA1	約 50%	約 90%
PA2	20-50%	50-80%
PA3	20-50%	80-95%

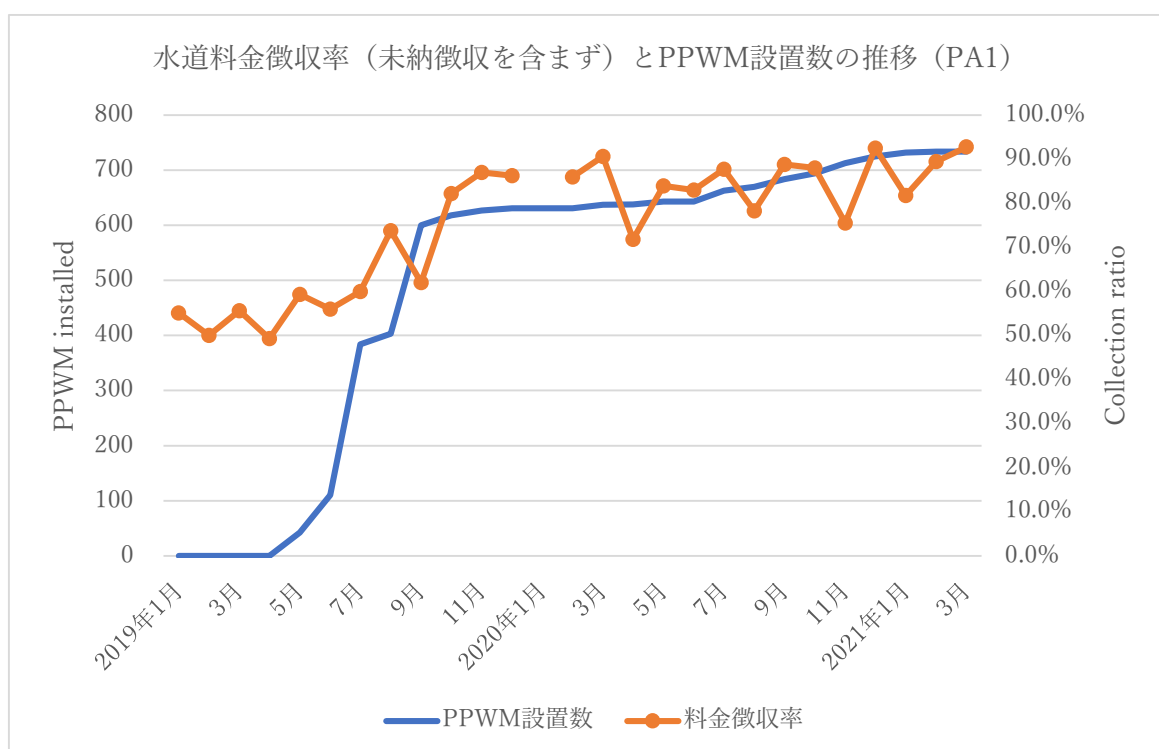
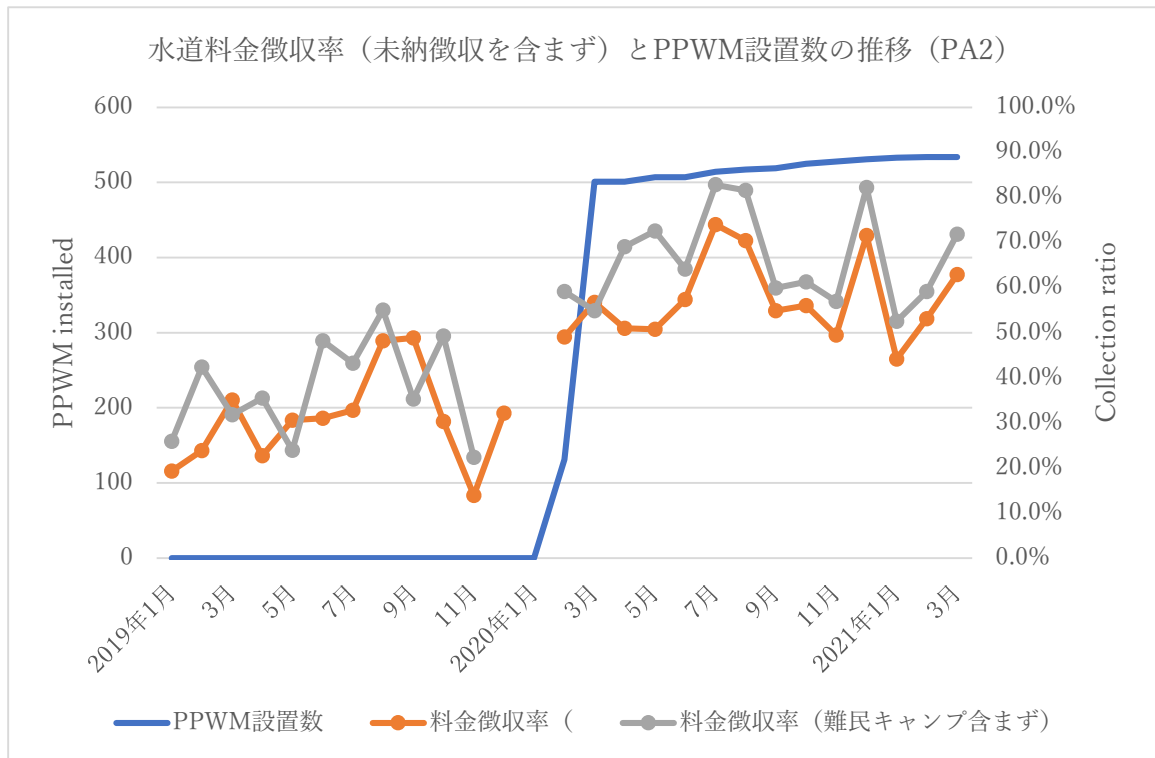
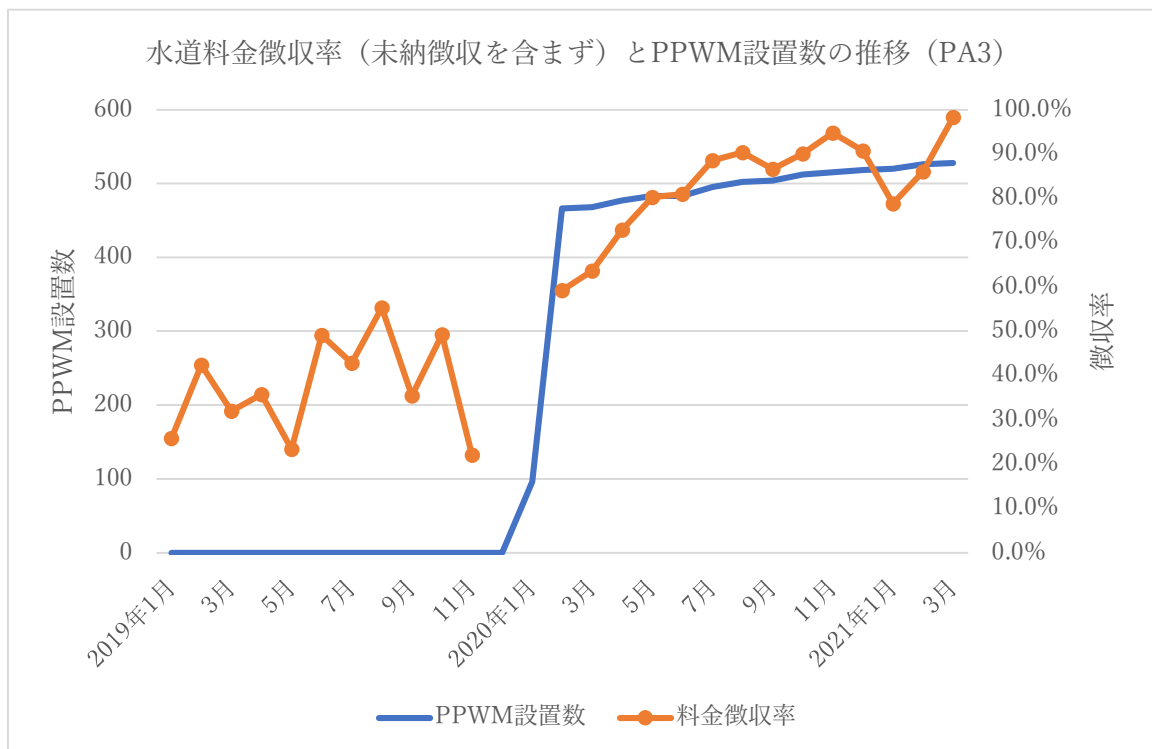


図 17. PA1 地区での料金徴収率と徴収金額の改善



備考：2020年2月設置開始

図 18. PA2 地区の月別料金徴収率



備考：2020年1月設置開始

図 19. PA3 地区の月別料金徴収率

9.5. PPWM 設置前後の顧客データの分析

9.5.1. 顧客の水消費量の変化

Alshamel の後払い顧客データと同じ顧客の前払いデータを基に、PA1 の全 603 顧客の毎月の水消費量データを分析した。後払い式水道メーターを使用していた時期（2018 年 10 月から 2019 年 3 月）と前払い式水道メーター（PPWM）を導入した後の時期（2019 年 3 月から 9 月）の毎月の水消費量データを集計した。次表はその統計である。なお、後払い式メーターの水消費量は請求水量を示している。

全顧客と顧客 1 人あたりの平均使用水量は、後払いメーター時は 9,602 m³、15.9 m³ /月、PPWM 設置後は 9,142m³、15.2 m³ /月であり、ほぼ同じである。後払いメーターの場合、水消費量が 0 の顧客数は 54 であったが、PPWM に更新された後は 8 に減少した。

表 24. PPWM 設置前後の水消費量の比較

項目	水消費量(導入前) (m ³ /月)	水消費量(導入後) (m ³ /月)
合計	9,602	9,142
月平均/顧客	15.9	15.2
最大	167	88
0 値の数	50	24

PPWM 設置前後の顧客の平均水消費量の比較を次図に示す。青い棒グラフは、後払い式水道メーターを使用していた時期の顧客を水消費量の降順（大から小）で並び、全顧客数を 60 顧客ずつのグループに分け、各グループの顧客の月平均水消費量を示したものである。赤い棒グラフは、同じ顧客グループが、PPWM 設置後の期間にはどのくらいの月平均水消費量になったかを示している。全顧客の総水消費量が同じであっても、各顧客グループの水消費量が大幅に変化していることを示している。後払いメーター時には大量の水を使用する顧客が多くいる一方で、水をほとんどあるいは全く使用していない顧客も多いということがわかる。一方、同じ顧客グループで後払いメーターから PPWM に切り替えた後、大量の水を使用した顧客は消費量を減らし、水を最小限または使用していなかった顧客が消費量を増やしている。これは、水を大量使用する顧客の水消費量の減少分が、以前は十分な水を得ることができなかった顧客に移動したことを示している。これら水を使用できなくなった顧客は、配管網で水理的に不利な地区に住んでいたと考えられる。

以上から PPWM の導入により、各顧客の水使用量は平準化され、PPWM が水の公平な使用を促進する役割を果たしているといえる。

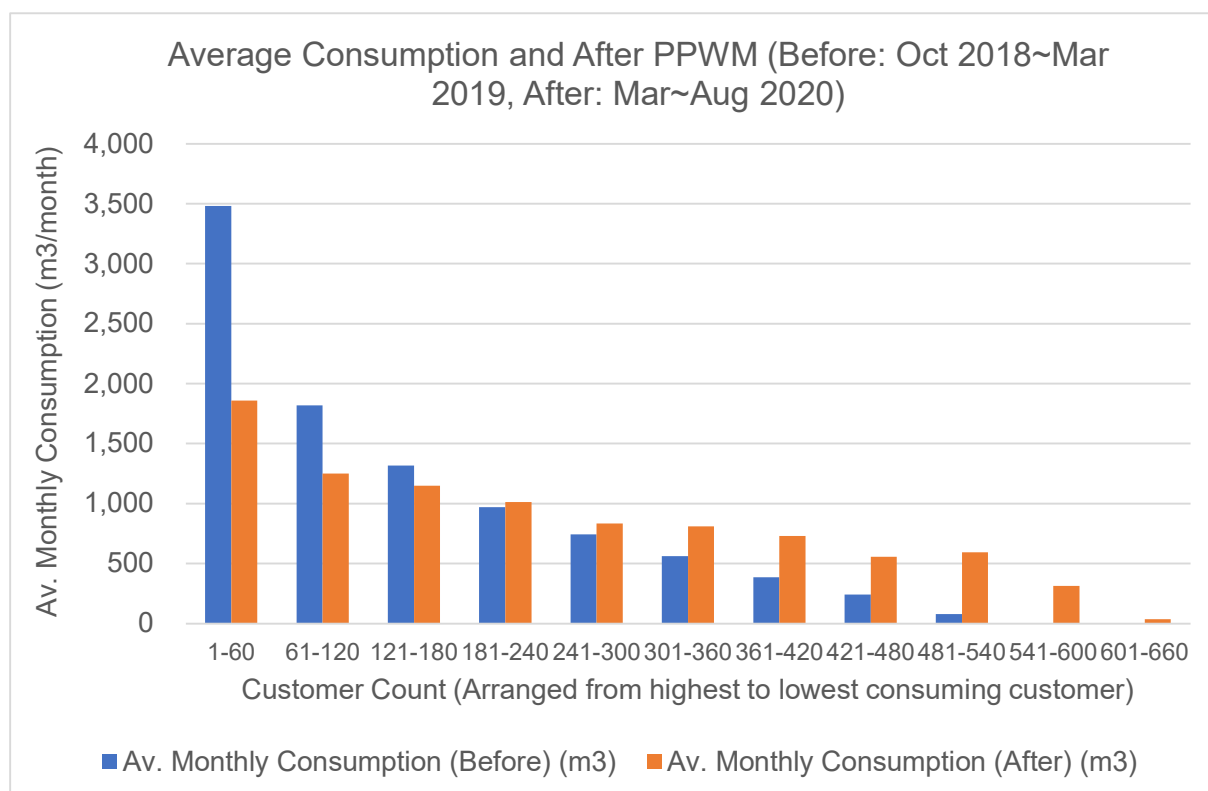


図 20. 顧客グループ毎の PPWM 設置前後の顧客の平均水使用量

9.5.2. 顧客の月額支払い金額の変化

水消費量と同じ顧客の同時期の後払い式による水道料金請求額、徴収額及び PPWM 設置後の課金額のデータ統計を次表に示す。全顧客の平均水道料金請求額は設置前が 55,004NIS、その中、徴収額が 22,102NIS である。設置後には、総クレジット課金額（徴収額）は 50,389NIS に増加した。設置後の総クレジット課金額は設置前の総料金請求額にほぼ等しい値になっている。また、顧客 1 人当りの料金徴収額/クレジット課金額は、設置前後で 36.7NIS から 83.6NIS に大きく増加した。後払いメーターの場合、徴収金額が 0 の顧客数が 195 であるのに対して、設置後は 111 に減少している。

注：上記 111 には、分析対象期間前に課金をしてその残りを使用している顧客を含む。

表 25. PPWM 設置前後の水道料金の比較

項目	請求額(設置前)	徴収額(設置前)	課金額(設置後)
合計 (NIS)	55,004	22,102	50,389
顧客平均 (NIS/顧客)	91.2	36.7	83.6
最大	1075	430	650
0 値の数	1	195	111

前述の水消費量と同じ顧客グループの PPWM 設置前の料金請求額と徴収額及び設置後のクレジット課金額の比較を次図に示す。全てのグループで設置後のクレジット課金額が、設置前の料金徴収額より増えている。設置前には料金未納だった多くの顧客が PPWM で課金を行っていることになる。

水道料金の一番多いグループ（1~60）では、請求金額に対して徴収率は約40%である。このグループの設置後のクレジット課金額（11,722NIS）は、設置前の請求額の約62%となっている。これは、このグループが水消費量を大きく減らしことも意味する。このグループのこれまで水道料金未納顧客が、設置後は前払いで100%の水道料金を払わなければいけなくなったため、水消費量を減らし水道料金の支払いを抑えたことが考えられる。また、毎月水道料金を支払っていた大量水使用顧客も、同様に前払いのため、クレジット課金購入及び水消費を考えてするようになったと思われる。設置後には、水消費量の多い顧客の節水意識が高まったと考える。

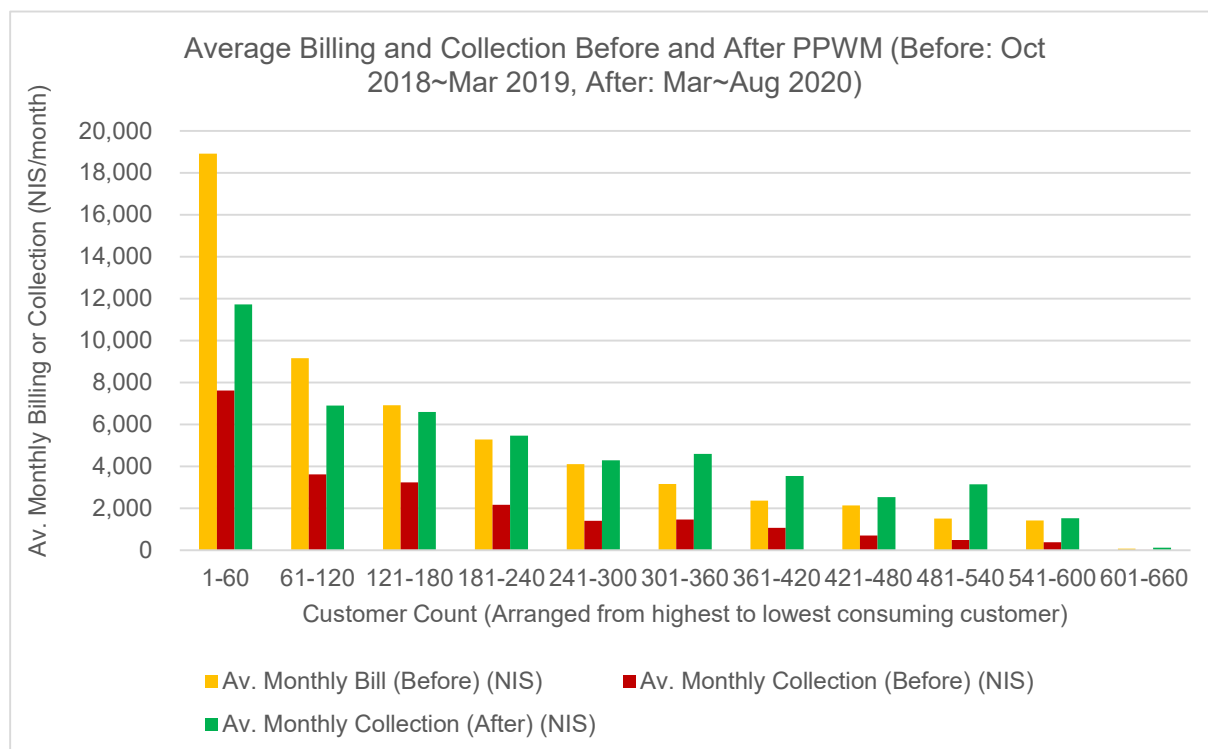


図 21. 顧客グループごとの PPWM 設置前後における水道料金（請求額、徴収額、クレジット課金額）

9.6. COVID-19 パンデミック下での料金徴収

COVID-19 流行前後における前払い式と後払い式メーターによる徴収率を次図に示す。COVID-19 流行当初（2020年3月～5月）、水道料金徴収が大きく低下した。これは主に後払い式メーターの顧客の支払いが COVID-19 流行により影響を受けたことによる。一方、PPWM 顧客の支払いに影響はなかった。COVID-19 流行当初の PPWM からの料金収入が給水サービスの維持に大きく貢献した。なお、2020年3月～5月には、政府公共機関職員への給与支払いが停止した。ジェニン市には、政府公共機関で働く職員が多いとのことから、給与支給停止により、これら公共機関職員の顧客の水道料金支払い能力が減少したため、料金収入が減少したことも一因として挙げられる。



図 22. COVID-19 流行前後における前払い式と後払い式メーター（PPWM）による徴収料金と徴収率（未収金を含むと含まず）

9.7. PPWM の顧客満足度

9.7.1. 顧客満足度調査

これまでの PPWM の一般的な使用経験に関する意見聴取、PPWM に対する顧客の満足度を測定することを目的として顧客訪問調査を実施した。戸別訪問件数は次表の通りである。

表 26. 顧客訪問調査の戸別訪問件数

地区	PPWM 全顧客	訪問件数
PA1	753	70
PA2	526	62
PA3	524	60
合計	1,803	192

ジェニン市の広報チームが顧客を訪問し、質問票に回答を得ることで本調査を実施した。広報チームはパイロット地区で PPWM の顧客を訪問、満足度を測定し、顧客が PPWM の使用に際して直面した問題を把握した。2019 年 9 月に PA1、2020 年 6 月に PA2 および PA3 で調査を実施した。質問内容は以下のとおりである。質問は、原則 Yes No 式であり、その選択理由を聞いている。

- 設置されている流量計の種類
- PPWM 設置時の満足度
- PPWM 使用時の問題
- 課金場所と課金時の問題
- PPWM 実施に対する住民説明方法の満足度
- PPWM 使用の満足度
- 課金カード利用に関する満足度
- 検針員が訪問しないことへの満足度
- 請求書が配達されないことへの満足度
- 水へのアクセスの満足度

項目ごとの顧客満足度を次図に示す。調査結果の概要を以下に示す。

- 1) 3か所のパイロット地区で、ジェニン市が超音波式 PPWM を選択した理由を理解し、超音波形式の PPWM を選択して設置したことに好意的な回答をした。
- 2) 設置の日時、チーム、配布された有益な PPWM 小冊子、および PPWM の使用方法に関するマニュアルや PPWM 運用手順について満足している。
- 3) 検針と請求書の配達の必要がないことから、概ね PPWM に満足している。
- 4) 顧客の 98% は、設置された PPWM に満足しており、カードへの課金や PPWM デバイスに関する大きな問題は生じていない。
- 5) 全体的な満足度は 98% である。残りの 2% の理由は、PPWM システムの使用の問題ではなく、主に給水不足によるものであった。給水状況の改善により注意を払う必要がある。

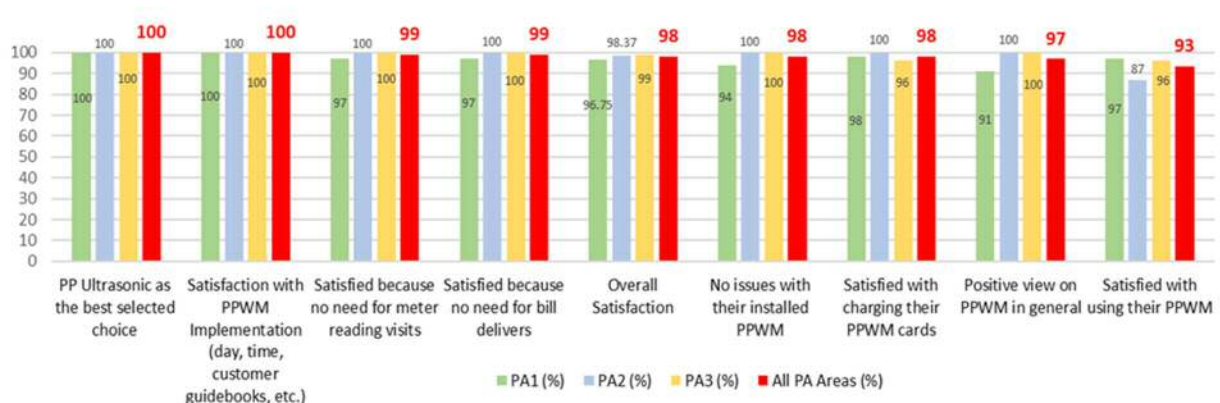


図 23. PPWM の顧客満足度

ジェニン市は、現在では、顧客からの苦情を受け取った後、その解決に多くの努力を払っている。苦情には、24 時間年中無休の電話番号が利用できる。このような対応も顧客満足度を高めるのに貢献していると考えられる。

9.7.2. 顧客満足度インタビュー

- a) 2019 年 12 月のインタビュー：

インタビューは短篇動画として記録され、一般市民への啓発を目的としてジェニン市の FaceBook で共有された。以下は、インタビューで表明された顧客のコメントである。

1) 「よりコミットメントが高く使いやすい。」

備考:水道料金の支払いと未納金の減少に責任を持つようになった。後払い式の場合は、料金徴収人が来ない等、定期的に支払えず未納金も増加することがある。

2) 「メーターは非常に優れておりより便利である。」

3) 「メーターの仕組みは簡単で、顧客が水消費量をより抑制するのに役立つ。」

4) 「新しいものはすべて良い。人々は試してみるのが好き。PPWM には無収水はない。私は人々にこれを設置することを勧める。未納金もない。クレジットが終了したら、ALjaleel スーパーマーケットで金額をチャージできる。家に 2 か月間の PPWM クレジットがあり満足している。」

5) 「いいアイデアだと思う。顧客は自分が何を消費しているか、満足しているかを理解している。未納金の累積がない。水がいつでも利用できることを願っている。このサービスの導入に同意することをお勧めする。」

6) 「1 つ目の利点は、PPWM は人々が未納金を増加しないようにしている。従来の後払い水道メーターシステムでは、顧客は支払いを忘れる。2 つ目は、使用状況をフォローアップし、残りのクレジット残高を確認できること。PPWM を使用すると、水の消費量が合理化される。十分なクレジットがないことを知っているなら、水をたくさん使う必要はない。ジェニン市のすべての人に PPWM を設置することを勧める。」

7) 「嬉しい。検針員が来ても時々不在の場合がある。今は簡単である。PPWM 支払い用に 100NIS、200NIS、または 500NIS で課金できる。支払いが滞らないように、PPWM を導入することを勧める。」

8) 「PPWM を使用すると、自治体や検針員/徴収者との支払いの諸問題を回避できる。これは古い方法ではなく、検針員も必要ない。私たちにはテクノロジーがある。」

b) 2020 年 10 月のインタビュー :

インタビューは、より長いプロジェクト動画の一部として記録された。本動画は、プロジェクトの 2 回目の技術移転セミナーで上映され、一般の人々の意識を高める目的でジェニン市の FaceBook でも共有された。以下は、プロジェクト動画で表現された顧客のコメントである。

1) 「私の PPWM は以前の機械式水道メーターよりも優れているので、すべての人に PPWM を使用することを強く勧めます。」

2) 「私の PPWM は、以前の機械式水道メーターよりも正確である。以前の物は空気をカウントしていた。私の場所への給水は以前より改善している。」

3) 最初は、PPWM の基礎知識や経験がなかったため、PPWM の設置には抵抗があり、確信が持てなかった。しかし、わが家に PPWM を設置してその結果を体験したところ、PPWM が便利で簡単に料金の支払いができることに気が付いた。また、PPWM を使用すると無収水が減少する可能性があることも理解しており、設置することを強く勧めます。」

4) 「PPWM を使用すると、消費量と正確な料金の管理とモニタリングができることに満足している。」

- 5) 「特に徐々に債務が減少していること、現在、良好な給水が得られていることに満足している。」
- 6) 「顧客は水消費量を合理化している。支払いに対してのコミットメントも示している。」
- 7) 「PPWM は非常に優れており、多くの問題を解決する。」
- 8) 「顧客にとってより便利で、水の消費量を制御できるようになった。」
- 9) 「新しい経験とアイデア。無収水を減らすのを助ける。PPWM を設置することを勧める。」

9.7.3. PPWM 拒否のケースと対応策

ジェニン市の場合、下表に示すように、パイロット地区では、PPWM 設置前の戸別訪問中 (DtD) に 3.8% の設置拒否があった。

表 27. 設置前戸別訪問中の設置拒否数

Pre-DtD (年)	顧客数	訪問数	設置拒否数
PA1 (2019)	753	753	29 (3.8%)
PA2 (2020)	625	524	15 (2.8%)
PA3 (2020)	526	526	25 (4.7%)
合計	1,803	1,803	69 (3.8%)

設置拒否の数は、設置工事当日まで増加した。その結果、2021 年までに拒否された数は 6% に達した。拒否率が増加した理由は次のとおり。

- 1) 設置工事が遅れたため、設置前の戸別訪問では設置に同意した顧客の一部が、拒否した他の顧客などの影響を受けた可能性があり、設置工事当日に設置を拒否した。

注：顧客の同意を得た後で設置工事日を遅らせないことが重要である。

- 2) 戸別訪問後、一部の新しい建物や一部の人々が他の地区から（難民キャンプ地区からも）移動してきたため、拒否の数が増加したと考えられる。また事前の戸別訪問無しで設置を行ったケースがあるため、追加の拒否に直面した。

注：設置前の戸別訪問を継続的に実施し、新規または移転した顧客の設置前の戸別訪問を無視しないことが重要である。

拒否された状況に対処するためにソフトアプローチを採用した。プロジェクトチームと PR 職員は、高位のジェニン市管理チーム（例えば市議会議員）の同行の下に再訪問活動を行い、これらの顧客に設置するように説得した。活動は継続中であるが、正の影響を示しており、一部の顧客は再訪問後に PPWM を設置した。2021 年 4 月の時点で、PA1 区域の拒否率は 4% に減少している。

表 28. 再訪問後の PPWM 拒否

事前訪問 (年)	顧客総数 (設置済)	設置当日の拒否	再訪問後の設置拒否	注記
PA1 (2021)	860 (732)	66 (8%)	38 (4%)	残りの拒否顧客は、ジェニン市の法務ユニットに報告した。

PA3 (2021)	667 (534)	40 (6%)	23 (3%)	再訪問を継続中。
PA2 (2021)	568 (526)	24 (4%)	24 (4%)	再訪問は未開始。
合計	2,095 (1792)	130 (6%)	47 (4%)	再訪問の完了後、拒否する顧客の割合は低くなると予想される。

設置拒否が長期化するケースでは、よりハードアプローチとして、法的措置を取るため顧客情報をジェニン市の法務部門に送っている。

ジェニン市パイロット地区で設置を拒否された主な理由は以下のとおりである。

- 1) 高額未納金がある
- 2) ジェニン市のサービス全体に満足していない
- 3) 期限内に水道料金を支払い未納金も無いのに、(支払いを強制する) PPWM に変更する理由がない
- 4) 私有井戸がある
- 5) 潜在的な違法使用者
- 6) 給水圧力と給水量への不満

9.8. PPWM 導入後の組織と顧客の変化

9.8.1. PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題

表 29. PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題

	PPWM 導入前の問題	PPWM 導入の結果
メータ検針	上下水道部は、検針のために毎月顧客を訪問する必要があり、費用と時間がかかり職員も必要だった。活動は紙ベースであったため、メーターの読み取りやデータの処理で人為的エラーが発生する場合があった。一部のメーターは、検針員の手の届かないところにあるか、読みにくい、検針日に顧客が不在だったために再訪する必要があった。	<ul style="list-style-type: none"> - すべての PPWM 設置の顧客、現場で検針作業を行う必要はない。 - 読み取りエラーおよび入力時エラーがない。 - すべての検針の問題が解決された。
請求と徴収	PPWM 設置以前は、請求徴収チームが、紙ベースの検針データを請求システムに入力し、請求書を毎月印刷して配達する必要があった。請求書の印刷費もかかり、プリンターのトラブルもある。毎月の請求書の印刷期間中は、顧客データベースシステムの停止が必要だった。これらは時間のかかる作業だったため、請求書は1か月遅れて配送されていた。集金人は、顧客が玄関先で支払うこともあり、集金率が非常に低くとも、戸別集金を行う必要があった。時折、検針員と集金人が保護の必要性を感じる不満を持つ危険で攻撃的な顧客もいる。	<ul style="list-style-type: none"> - 現場での請求および徴収作業が無い。 - PPWM を設置した顧客の回収率はほぼ100%である。 - PPWM の設置を拒否する顧客がまだいるため、パイロット地区での徴収率は約90%である。 - 手作業でデータ入力する必要が無い。今後、すべての PPWM 設置の顧客に請求書印刷の必要は無い。 - 水道メーターの読み取り値と請求データは、PPWM の使用後は正確である。 - すべての請求と徴収の問題は PPWM によって解決された。

PPWM 導入前の問題		PPWM 導入の結果
不法接続	違法接続の監視は、限られた人員の中で上下水道部にとって困難な問題の一つである。水道メーターの破損や無断取外しに加えて、違法接続があるため、水消費量データは不正確である。人手不足と不正確な推定消費データにより違法接続の探査は、非効率である。	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM を設置した後の改造ケースと不正な接続が減少したと想定 - PPWM の正確なデータベースにより、違法接続の探査がより効率的にできるようになった。PPWM システムは、上下水道部が消費量を監視することにより、潜在的な違法接続を探査するのに役立っている。
債務の増加と返済の問題	ジェニン市を含むパレスチナの水道事業では、給水停止に関する国内規制が無い。また、ジェニン市は、料金支払い延滞に関して罰金を科し、あるいは未納顧客を裁判所に送付する対応をしている。このため、ジェニン市は当月水道料金に加えて債務の低い徴収率に直面している。	<ul style="list-style-type: none"> - 請求ごとに 10% を差し引くことにより、顧客の債務を削減できる。 - 未納金の多い商業顧客には、PPWM を設置し高い未納金回収率を設定している。 - PPWM の顧客の当月請求書の徴収は 100% になった。
水道メーターの所有権と監視	機械式メーターは顧客の所有である。多くの未検針顧客が存在し、多くの検針値が推定値となっている。従って、水道消費量は正確に把握できていない。 (上下水道部は、消費量と水道メーターを監視し、違法接続や破損した水道メーターを効率的に見つけるシステムを必要していた。)	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM の所有者はジェニン市である。 - PPWM 顧客は、消費水量に応じて水道料金を支払う。 - PPWM のデータは全て正確なデータが伝送されてくる。 - ジェニン市は、消費量を含む PPWM の継続的な監視を行い、違法接続の発見や、顧客が PPWM を改造または破壊しようとした場合に罰金を科すことができる。 - PPWM が破損している場合にも、給水はできず、0 消費値が送られてくる。 - 水道メーターの使用停止はより簡単に検出できる。
人事(職員)	上下水道部は、職員の検針や徴収、および月次のデータ入力にかかる人手不足に直面していた。	<ul style="list-style-type: none"> - 人員と時間の削減（検針と料金徴収の必要がなく、データを手作業で入力して請求書を印刷する必要がない。） - PPWM システムを使用すると、人的資源をより効率的に使用するために、他の課やタスクに人員を再配置できる。
難民キャンプからの料金徴収	上下水道部は、ジェニン難民キャンプの顧客の低い徴収率に直面している。	<ul style="list-style-type: none"> - 政治的な理由により設置は行われていない。
給水状況	<ul style="list-style-type: none"> - 十分な給水量を受けられる顧客がいる一方で、全く給水が受けられない顧客がいるなど不公平な水分配。 - 違法接続が多く、このような顧客の節水意識は低い（PPWM システムでは、消費量に従って水道料金を支払う必要があるため、顧客が水の使用に注意深くなるにつれて水の消費量が減少する可能性がある。また、より効率的な監視システムにより、顧客が違法に消費することを思いとどまらせる。その結果、水の消費量を削減することで、より多くの顧客により多くの水を供給することができ、公平性が確保される。一方、上下水道部は、合理的な水供給のた 	<ul style="list-style-type: none"> - 使用水量の多い顧客で、使用水量の減少がみられた。その理由は、高い支払額が使用水量の多さに起因するとの認識を持ったからである。 - その結果、以前は水消費量が不足していた顧客に対して、水消費量の削減分が使用されるようになり、給水がより公平になった。 - PPWM の導入時、上下水道部は新しい水源（私有井戸）と契約し、給水量を増やした（プロジェクトの効果）。

PPWM 導入前の問題		PPWM 導入の結果
	めに夏季の消費を制限する機能を必要としている。)	

9.8.2. ジェニン市での PPWM 導入後の上下水道部/ 顧客サービス課の職員職務の変更

表 30. PPWM 設置後の上下水道部/ 顧客サービス課職員職務の変更

指標	PPWM 導入前	PPWM 導入後
業務量	業務量が多く、また整理されていないため、職員が時間どおりに業務を完了できない。	業務実施が効率的であり、よく整理されているため、作業負荷が最小限に抑えられ、労力と時間が削減された。
料金徴収	より多くの職員と時間が必要である。	課金所とプリペイドカードへの利用でより簡単になった。
職員組織	不規則で、スケジュールが決まっていない業務がある。	より多くのフォローアップと報告によって改善された。
職員経験	十分な訓練を受けておらず、職員は直面した困難に対応できるだけの経験が無かった。	PPWM や関連するツールや活動に関する研修や対応策を学んだ後に現場で多くの経験を積んできている。
顧客の苦情対応	苦情への対応処理には 10 日以上かかっていたため、顧客から多くの苦情が寄せられた。	苦情応答時間は約 70% に減少した。苦情はリモートで管理できる場合があり、データはリモートで収集できるため、苦情処理も容易になった。

9.8.3. PPWM 導入後の顧客行動の変化

表 31. PPWM 導入後の顧客行動の変化

指標	PPWM 導入以前	PPWM 導入後
顧客の意識	顧客が給水事業をどう考えているか理解することは難しい。蓄積された未納金が市内の水道サービスの改善に貢献しているとは言えなかった。	顧客の中には、未納金を返済することで市内の水道サービスが改善されることに気づいた人もいる。
PPWM の受容	PPWM に関連する戸別訪問および意識向上キャンペーン前には PPWM の受容度が低かった。	受容度は設置後に改善している。
水の消費量	水消費をあまり意識していない	水消費を意識し、合理的な考え方で消費量を制御している。
PPWM の精度	後払い式水道メーターは、空気混入が原因で不正確である。顧客の信頼度が低い。	超音波式 PPWM により、顧客のメーターに対する信頼性が向上した。
水道メーターの取扱い	顧客は、従来システムの方が簡単だと考えており、超音波式 PPWM は高度な技術であり、扱いにくいと考えていた。	アクセス性は従来システムと同じく取り扱いが簡単であると理解している。
料金の支払い	料金支払いは面倒で、市役所または徴収人に支払う必要があった。	課金所にて直接プリペイドカードに金額チャージの方が簡単である。
未納金の支払い	1 回または分割でジェニン市へ支払う必要がある。	各課金の 10% を自動的に支払う。意識しないで債務を減少できる。

10. 社会的弱者配慮事例に関する調査

10.1. 社会的弱者配慮事例に関する法律と定義

パレスチナ水利庁 (PWA)、社会福祉庁 (MoSA)、地方自治庁 (MoLG) で情報を収集予定である (調査進行中)。

10.2. ジェニン市のケース

PPWM 設置数の増加に伴い、特に 2020 年 4 月から 12 月にかけてのイスラエル側の財政問題の時期⁴、およびパレスチナでのコロナ流行の期間に、上下水道部は、顧客から水道料金を支払えないという多くの苦情を受けた。このため、人権として、またパレスチナの法律に従って、水への公平なアクセス権を保証するため、特定の社会的弱者が水を確保できるようにするメカニズムと解決策を検討する必要がある。

ジェニン市に PPWM を設置した後、PPWM の顧客は現在、前払いで水道料金を支払っている。上下水道部は、広報のため家庭を訪問中に、PPWM の設置後に水の支払いが困難な社会的弱者配慮事例 (低所得世帯) の対応に直面した。ジェニン市は、市の決定により、以下の 24 の社会的弱者配慮事例とその対策を報告している。この社会的弱者配慮事例は、以下の 7 種類に分類される。それらのいくつかは社会福祉庁 (MoSA) に登録されているが、これらの大半のケースはジェニン市の広報および顧客サービス職員による評価によるものである。

表 32. PPWM の顧客に採用された社会的弱者配慮事例

分類	事例数	解決策
1. 女性年長者 (稼ぎ手のいない老人女性 (年金もない))	9	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態) 注 2)
2. 低収入	8	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態)
3. 障害者	2	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態)
4. 殉教者の母親	2	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態)
5. 殉教者の家族	1	ジェニン市議会は未納金の免除を決定した (殉教者の家族は未納金の免除を要望した)
6. ジェニン難民キャンプ	1	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態)
7. 囚人の家族 (稼ぎ手のいない)	1	上下水道部が PPWM を後払いメーターとして設定。(開栓状態)

注：1) 期間は 2019 年 8 月 28 日から 2020 年 11 月 7 日まで

2) 社会的弱者配慮事例の解決策が見つかるまで、未納金に記録される。

上記の結果を要約すると、社会的弱者配慮事例の原因として下図に示す通り、多い順から社会的理由、経済的理由、政治的理由、医学的理由に分類できるが、最終的には経済的理由に帰結するものと考えられる。

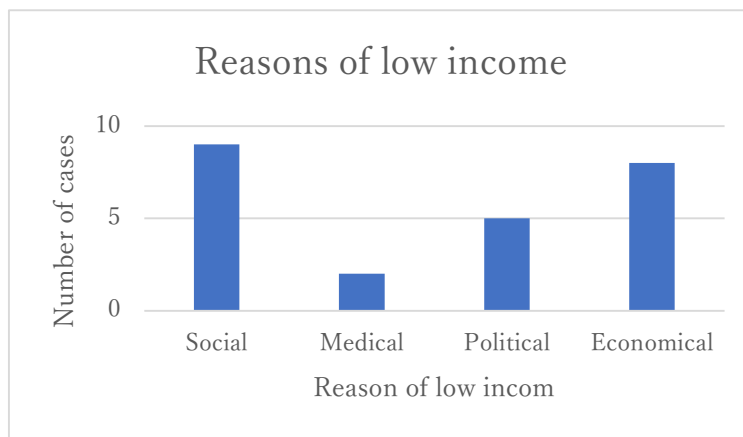


図 24. 社会的弱者配慮事例の原因（ジェニン市）

社会的理由は主に老人が稼ぎ手なしで一人暮らしをしていること、経済的理由は給料が家族の支出を賄うのに十分でないこと、政治的理由は主に財政状態の悪い難民家族を意味する。医学的理由は障害者を意味する。ジェニン市（上下水道部）は、各事例を個別に扱っている。大きく以下の3対応策を講じている。

- 1) PPWM のバルブを常時開に設定し、後払い式に変更し消費水量を未納金として扱った（解決策が見つかるまで継続）。
- 2) 未納料金回収を一時的に停止した。
- 3) 一時的に水道料金を支払うことができない顧客に対して、一定期間のみ PPWM のバルブを開け、後払い式に変更し、この期間の使用水量を未納金として扱った。

10.3. 他の水道事業者の事例

パレスチナでこれらのケースを処理するため、パレスチナ水利庁（PWA）や水セクター規制委員会（WSRC）、または既存の法律によって承認された明確な政策は存在しない。各水道事業者は、社会的弱者配慮事例を個別に扱っている。

JICA 専門家チームとジェニン市は、パレスチナでの低所得世帯とその対応策の事例調査を実施した後、社会的弱者配慮事例への対応策を見つけようと試みている。本事例調査では、JICA 専門家チームとジェニン市が8水道事業者を訪問し調査を行った。結果を表34に示す。社会的弱者配慮事例を扱う対応策は、以下の3つの事例に分類される。

表 33. パレスチナの他の水道事業者の社会的弱者配慮事例の主な対応策

対応策	内容
1. 募金による	自治体や水道事業者は、低所得世帯向けの寄付基金を作成し、財政状態の良い人に寄付を呼びかける。
2. 債務による請求	事業者は、社会的弱者配慮事例または低所得の顧客に対して PPWM ソフトウェアでプリペイドカードに課金し、この課金を顧客の債務に記録する。 自治体は、この債務を返済する方法を見つけるまで、顧客の累積債務に追加していく。
3. 一時的な開栓	事業者は PPWM ソフトウェアの技術的機能を使用して、メーターを後払いメーターとして設定する。この方法は、社会的弱者配慮事例や一時的にクレジット

課金できない一部の顧客に使用する。この方法はジェニン市で使用されている。

他の水道事業者は、社会的弱者配慮事例に対処するために以下のようなアイデアを提供した。

1. 技術的には、バルブを開き、一時的に後払いメーターとして設定する。
2. 多様な方法で資金調達（募金含む）する
3. 社会的弱者配慮事例のリストを作成し、資金調達を行う
4. クレジット（課金）を債務にする
5. 社会的弱者配慮事例のための特別料金設定
6. 水使用量の抑制（PPWMの使用水量抑制機能を使用）
7. 社会福祉庁との協力
8. 社会福祉庁は、登録されたケースに対して水道料金を支払う（補助金として）
9. 社会的弱者配慮事例の対応策は、地方自治庁と社会福祉庁によって承認されるものとする
10. 自治体の方針と矛盾することなく対応規則を設定する

表 34. 他の水道事業体における社会的弱者配慮事例 (SC) 対策

水道事業体	平均所得 (NIS)	社会的弱者配慮事例の有無			SC の定義	SC の特性	SC への対応	SC ポリシー	社会福祉庁との協力	その他のアイデア
		あり・なし	事例 / 月	適用される収入 (NIS)						
1. Jenin JSC	2000	No	0	N/A	社会福祉庁への登録	なし	なし	No	No	社会福祉庁との協力
2. Maythalon JSC	2000	Yes	3	700	社会福祉庁への登録	なし	一時的な開栓	No	No	1) 技術的にはバルブを一時的に開栓、 2) 資金調達、3) 社会福祉庁との協力
3. Yabad Municipality	3000	Yes	5	700	社会福祉庁への登録	低収入	募金による	No	Yes	1) 技術的には一時的にバルブの開栓、 2) 資金調達、3) 自治体の方針と矛盾することなくルールを確立する * 4.3 : SC のリストを作成し、SC の資金調達が確立します * その他のアイデア: 社会福祉庁は登録されたケースの水道料金を支払う必要がある。
4. Arrabeh Municipality	2200	Yes	6	700	社会福祉庁への登録	低収入	募金による	No	Yes	
5. Nablus Municipality	2500	Yes	15	700	社会福祉庁への登録	なし	募金による	Yes: 市議会の決定の特別なケース	No	
6. Aqraba JSC	3000	No	0		社会福祉庁への登録	なし	なし	No	No	SC の対応策は、地方自治庁と社会福祉庁によって承認される必要がある。
7. Tubas JSC	2000	Yes	50	N/A	社会福祉庁への登録	なし	クレジットの債務化	No	No	1) クレジットの債務化、2) 資金調達、 3) 消費の制限、4) SC のための特別料金
8. Zababdah Municipality	2500	Yes	19	700	社会福祉庁への登録	なし	募金による	No	No	自治体の方針と矛盾することなくルールを確立する

10.4. 政府機関との協議

10.4.1. 水セクター規制評議会：WSRC (Water Sector Regulatory Council)

WSRC は水道料金を決定する公的機関である。社会的弱者配慮事例または低所得の顧客をどのように扱うかについての解決策を起草できる公的機関である。JICA 専門家チームとジェニン市は、WSRC の責任者とビデオ会議を実施した。以下は議事録である。

1. 低所得ケースへの対処はパレスチナ水道料金法に記載されている。
2. 特別な社会的状況や収入が限られている人々に対処するためのポリシーは、中央政府機関によって承認される必要があり、水道事業体にはこれらの解決策を個別に処理するための特別なポリシーを承認する権限がない。
3. これらの特別なケースに対処するための政策を策定する際には、料金の違いを考慮に入れる必要があり、これには各地域の調査と計算が必要となる。
4. 水道料金の無料化あるいは割引による給水は、水の無駄と見なされるため勧めない。
5. 社会的弱者配慮事例を定義するメカニズムに関して、WSRC はこの文脈で MoSA (Ministry of Social Affairs) の方針を採用するように助言する。
6. 一部の解決策には、貧困層に対応するため料金体系外の特別な料金を設定することも含まれる場合がある。

最後に、WSRC は政府によって承認および公式化されるべき社会的弱者配慮事例の方針案の検討に対して JICA の支援に感謝した。

10.4.2. 人権機関 (Human Rights Organizations)

JLAC (エルサレム法務人権センター)⁵ は人権を扱う NGO である。JICA 専門家チームは JLAC と、PPWM の合法性に関する意見と社会的弱者配慮事例に対処するための提案について話し合った。JLAC 会議の概要を以下に示す。

(1) PPWM の合法性と PPWM システムを拒否する理由

- a. JLAC は、PPWM システムは富に基づいているため、パレスチナ法によれば合法ではないと考えている。(PPWM では、裕福な人は水を使用でき、裕福でない人は水を使用できない。これは、人を区別しており、パレスチナの法律に反する。)
- b. パレスチナの一部の地域では、警察を利用して PPWM を強制的に設置している水道事業者もいる。
- c. 一部の地域では水不足もある。
- d. すべての人にとって PPWM の設置は、選択制である必要があると考える。

(2) JLAC は法務当局による債権回収などの他の方法を使用することにより、顧客からの徴収率が低いという問題を解決すべきと考えている。

(3) JLAC は水道事業者が PPWM の設置を主張する場合、設置手順は段階的とし、社会的弱者配慮事例を除いたソフトなアプローチによるべきであると述べた。

(4) JLAC は社会的弱者配慮事例を次のように定義することを提案した。

- 月給の最低限度額 (1450 NIS) の人
- 重病人

- 6人以上の家族
- 囚人と殉教者の家族

(5) JLACは、これらの問題に対するPWAの役割をより活性化することに加えて、人権を考慮しすべての人々に公正に基本的なサービスが提供でき、社会的弱者配慮事例に対処する国家政策を作成するようPWAに提案する。

最後にJLACは、ジェニンプロジェクトでの取り組みと、ソフトアプローチ、DtD訪問、公開会議、適切なPPWMタイプの選択（技術的）、PPWM設置前の給水改善などの手順を高く評価した。

10.5. 社会的弱者配慮事例への対応策に関するジェニン市への提案（暫定）

社会的弱者配慮事例への対応策に関するジェニン市への提案（暫定）は以下のとおりである。

- 1) PPWM水道メーターの一時的な開栓
- 2) 支払いの延期
- 3) 資金調達
 - a. 財政支援のための他の機関への紹介
 - b. クレジットを通じて集められた他の顧客または他のPPWM顧客によって自発的な寄付プログラムを開発する
 - c. 支援を補助するための他の既存の寄付資金の移転
 - d. 支援のためのNGOとCBOの支援
 - e. 国際的なドナーの活用
- 4) 水道の債務の割引がある場合は、その見返りとして市内の民間事業主に支援を求める。
- 5) 自治体による補助金の提供
- 6) 顧客のPPWMにクレジットを課金しそれを未納金に移動
- 7) 福祉政策上の特別水道料金
- 8) PPWM機能による水使用量の制限

11. 問題・課題と教訓

11.1. 残された課題

- (1) PPWM の設置を拒否する顧客が多くはないが、根強く残っている。
- (2) 引き続き社会的弱者配慮事例（低所得世帯等）への対応を検討する必要がある。
- (3) 保証期間満了後の PPWM の維持管理に備える必要がある。
- (4) PPWM の違法接続が多数見つかっている（表 35）。
- (5) 罰則の法的手続きをタイムリーに執行するのが困難である。

表 35. 違法接続の例

1	2	3	4
Illegal Connection in new House was found // they get water direct from pipe	Illegal Connection was found at residential building // he get water direct from Municipality pipe	Illegal Connection was found at residential building directly from pipe	Illegal Connection was found
Disconnected	Disconnected	Disconnected	Disconnected
			

11.2. 教訓

ジェニン市での PPWM の導入から学んだ教訓は、以下のとおり要約される。

(1) 適切な水道メーターの形式・製品の選定

パレスチナにおける水道メーターの問題は、空気のカウント、水中の混入物、および非常に小さい流量を水道メーターで測定できないことである。超音波式流量計により、これらの技術的な問題は解消できた。このメーター形式の採用前に、前述のとおり、超音波式メーターの適合性を確認するための実証実験を行っている。

(2) 上級管理職の協力および政治的意志

市長および市議会メンバーの関与とコミットメントは、PPWM の受け入れに非常に効果的であった。上下水道部とジェニン市の職員が 1 つのチームとなって、毎週定期的な会議に参加し、設置に関する問題と解決策について話し合った。

(3) 顧客啓発の価値

PPWM 導入を受け入れる意思と広報の役割の重要性は非常に効果的であった。市民の意識向上が、ジェニン市において PPWM 導入を成功させるのに重要な役割を果たしており、PPWM 設置を顧客に促すために顧客の意識を高め、市内の人々の信頼を得るための活動が計画されている。

(4) 成功要因へのフォーカス

パイロットプロジェクトでは以下の成功要因に可能な限りフォーカスするようにした。

- a) 顧客のためのメーター無料交換
- b) 24 時間年中無休の優れた応答性の高いカスタマーサービス
- c) 24 時間給水
- d) 支払い可能な水道料金かつ良質な水
- e) 良好なコミュニケーションにより顧客からの信頼を獲得する

(5) LoRA ゲートウェイデータの使用：

ゲートウェイシステムの導入後、上下水道部職員は、PPWM の制御機能の遠隔操作を始めただけでなく、PPWM を即座に監視およびフォローアップできるようになった。また、ゲートウェイシステムで、通信できていない PPWM や PPWM 信号の障害などの課題を解決できるようになった。

(6) 設置拒否のフォローアップ

拒否数を減らすことに加えて、設置を拒否した顧客の拒否理由と、その場合の対処方法の分析ができるようになった。

(7) 顧客の苦情をすぐに解決する

顧客の苦情を解決し、度重なる苦情を減らすための予防措置を講じる。

(8) メーター設置手順をしっかりと計画する

ジェニン市では、職員がメーターの設置手順や、PPWM の扱い方、必要な材料および構成の配置について優れた経験を積んでいる。この経験により、次のフェーズでの設置プロセスが円滑かつスピードアップし、よい成果を出すことができる。

(9) サービスの改善

社会調査によると、顧客はジェニン市の給水サービスに満足していなかった。顧客の信頼を得てはじめて PPWM の受け入れが容易になる。信頼を得るため、ジェニン市は PPWM の導入時に給水サービスを改善した。配水管理の改善や、私有井戸との契約により、給水サービスの改善を図った。

(10) 初期不良への備え

PPWM の設置中または初期使用中は、故障やバッテリー切れ、または PPWM 操作画面への水の侵入といった初期不良が発生しうるため、フォローアップ能力を向上させるが必要である。



図 25. パイロット地区での PPWM 導入から学んだ教訓集

(11) PPWM は公平で公正な水分配に寄与する

PPWM は、水の公平で公正な使用を促進する役割も果たす。PPWM 設置前後で各顧客データを分析した結果、PPWM 導入により各顧客の水消費量が平準化されることが示されている。また、顧客は負債を増やすことなく、消費した水量分の料金を支払わなければいけない。これは公正な水使用を促進する。

(12) 緊急事態への対応

COVID-19 流行の第一波時に、PPWM がジェニン市の給水サービスの維持に役立ったことにも注目すべきである。後払いメーターの顧客の徴収率は COVID-19 の影響を大きく受けたが、PPWM の顧客はそれほど影響を受けず、その料金徴収により、給水サービスの維持に貢献した。

¹ Performance Monitoring Report for the year 2016, WSRC, Palestine
² Performance Monitoring Report for the year 2016, WSRC, Palestine
³ Strategies for Sustainable Financing of the Water Sector, Dec 2014, PWA, Palestine
⁴ パレスチナ側の税金収入がイスラエル側から支払われなかった。
⁵ Jerusalem Legal Aid and Human Rights Center (NGO/NPO)

別冊資料 2.2

**Prepaid Water Meter Installation Plan for Entire
City of Jenin – English Version**

**THE WEST BANK, PALESTINE
PALESTINIAN WATER AUTHORITY
JENIN MUNICIPALITY**

**Prepaid Water Meter Installation Plan
for Entire City of Jenin**

SEPTEMBER 2022

Table of Contents

CHAPTER 1 PPWM IN PILOT PROJECT AREAS AND LESSONS LEARNED....	1-1
1.1 Introduction	1-1
1.1.1 Description of Water supply and Customers Meters Situations in Jenin City.....	1-1
1.1.2 Reason to Replace Water Meters in Jenin	1-1
1.1.3 Reason to Replace Water Meters in Jenin with PPWM	1-1
1.1.4 Purpose of Prepaid Water Meter Introduction	1-3
1.2 Jenin Municipality’s Experience with PPWM in Pilot Areas	1-3
1.2.1 General Procedure of PPWM Introduction in Pilot Areas.....	1-3
1.2.2 Extensive Public Awareness Activities	1-3
1.2.3 Acceptance and Rejections of PPWM.....	1-4
1.3 Lessons Learned from PPWM Installations in Pilot Areas	1-5
1.4 Risks to Consider in Social, Technical, and Political Sustainability.....	1-6
CHAPTER 2 PPWM FOR ENTIRE CITY	2-7
2.1 Existing PPWMs	2-7
2.2 Procurement of Additional PPWM for Entire City	2-7
2.3 Features of the PPWM System.....	2-8
2.3.1 Features of PPWM Device	2-8
2.3.2 PPWM Box.....	2-9
2.3.3 PPWM Smart Card and Vending Station	2-9
2.3.4 Handheld Unit	2-12
2.3.5 PPWM Software.....	2-12
2.3.6 Integration with Al-Shamel	2-12
2.3.7 LoRa Gateway System	2-13
2.4 Overall Specifications of PPWM System.....	2-13
CHAPTER 3 IMPLEMENTATION PLAN FOR ENTIRE CITY.....	3-14
3.1 Strategy in Introduction of PPWM for Entire City	3-14
3.2 Role of the Involved Departments and Sections	3-15
3.2.1 Customer Service Section (WWD).....	3-16
3.2.2 Water Section (WWD)	3-17
3.2.3 Warehouse Section (WWD).....	3-17
3.2.4 Planning and Studies Section- GIS specialist (WWD).....	3-17
3.2.5 Public Relation Department.....	3-17
3.2.6 IT Department	3-19
3.2.7 Financial Department	3-19
3.2.8 Citizen Service Center	3-20
3.2.9 Legal Unit.....	3-20
3.2.10 Human Resource Department.....	3-20
3.2.11 Mayor Office and Council Members Office.....	3-20

3.3	Involved Members.....	3-20
3.4	PPWM Replacement and Installation Procedures.....	3-21
3.4.1	Existing Customers (Replacement)	3-21
3.4.2	New Customers (Installation).....	3-21
3.5	PPWM Inventory.....	3-22
3.6	Handling Customer Complaints	3-22
3.7	Monitoring of PPWMs	3-23
3.7.1	Use of LoRA and PPWM Database.....	3-23
3.7.2	Regular Check	3-24
3.7.3	Random Check	3-24
3.8	Subscription Contract.....	3-24
3.9	Penalty.....	3-25
3.10	PPWM and Customers of Low Income and Social Cases.....	3-25
3.10.1	Recommended Actions.....	3-26
3.11	Installation Risks	3-27
	CHAPTER 4 INSTALLATION PLAN	4-27
4.1	Current Status of Installed PPWMs in the City.....	4-27
4.2	Projected Installation Plan for Entire City.....	4-27
4.2.1	Description of Implementation	4-27
4.2.2	Points of Contact	4-27
4.2.3	Implementation Schedule	4-28
4.3	Installation by Municipality Staff: Small Scale (New Customers and Selected Customers). 4-34	
4.3.1	CDS and PR Activity.....	4-34
4.3.2	Workflow.....	4-34
4.3.3	Workflow of PPWM installation by contractor.....	4-36
	CHAPTER 5 OPERATION AND MANAGEMENT.....	5-37
5.1	Workflows of Major Activities	5-37
5.1.1	Workflow of Random Check of Installed PPWMs	5-37
5.1.2	Workflow of Examination of PPWMs with Zero-consumption	5-37
5.1.3	Workflow of PPWM Customer Complaints.....	5-38
5.1.4	Workflow of Illegal Connections	5-38
5.1.5	Workflow of PPWM Repair	5-39
5.1.6	Workflow of Rejection Cases.....	5-39
5.1.7	Workflow of Social Cases	5-39
5.1.8	Workflow of Monitoring Collection Ratio	5-40
5.1.9	Workflow of Customer Satisfaction	5-40
5.1.10	Workflow of PPWM Maintenance	5-41
5.1.11	Workflow of Updating PPWM Inventory	5-41
5.1.12	Workflow of Team Meetings (weekly).....	5-41
	CHAPTER 6 CHALLENGES TO BE CONSIDERED	6-42

6.1	Organizations.....	6-42
6.2	Maintenance of PPWM	6-42
6.3	Implement Improvement Measure of Water Supply Condition	6-42
6.4	Reporting.....	6-42
6.5	Customer satisfaction measures: survey, post installation, social media	6-43
6.5.1	Survey.....	6-43
6.5.2	Post Installation	6-43
6.5.3	Social Media.....	6-43
CHAPTER 7 FORECAST OF REVENUES.....		7-44
7.1	Estimated Revenues for PPWMs	7-44
7.2	Estimated Revenues for Mechanical Water Meters	7-46

List of Tables

Table 2-1: Number and Specifications of the existing PPWM System in Jenin.....2-7

Table 2-2: Number and Specifications of New PPWM System in Jenin2-8

Table 2-3: Specifications of Installed PPWM2-8

Table 2-4: Current PPWM VS Locations2-11

Table 2-5: Current Point of Sales for Mechanical Meter Customers.....2-11

Table 2-6: Specification of the LoRA Gateway.....2-13

Table 3-1: Strategy Adopted for PPWM Introduction and Installation3-14

Table 3-2: Organizations Involved in PPWM Implementation3-15

Table 3-3: Main Revised Parts in the Subscription Contract for PPWM Customers in JM3-24

Table 3-4: Social Cases Adopted to PWM Customers3-25

Table 3-5: Main Solutions for Social Cases3-26

Table 4-1: Contact List for the Installation of PPWM4-27

Table 4-2: The Major Implementation Tasks for Installation Process of PPWM.....4-28

Table 4-3: Detailed Activity for The Stages of The Installation Process.....4-29

Table 4-4: Installation Teams Breakdown4-33

Table 4-5: Productivity of Taskforce.....4-34

Table 7-1 Revenues from PPWMs from Dec 2019 to July 2021 (including debt collation).....7-44

Table 7-2: Forecasted Revenue of PPWMs for Years 2022-20257-45

Table 7-3: Forecasted Revenues Summary Table for Mechanical Meters7-46

List of Figures

Figure 1-1: Water Supply Map of Jenin 1-2

Figure 1-2: Lessons Learned from PPWM Installation in Pilot Areas 1-5

Figure 2-1: PPWM with Charging Card..... 2-9

Figure 2-2: Sample of PPWM Box 2-9

Figure 2-3: PPWM vending stations and gateways in Jenin City (as of April 2022)..... 2-10

Figure 2-4: Sample of Vending station..... 2-11

Figure 2-5: Handheld Unit 2-12

Figure 2-6: Vending Stations and Integration of 2-12

Figure 2-7: LoRa Gateway System 2-13

Figure 3-1: Strategy of Introduction of PPWM for Success 3-14

Figure 3-2: PPWM Implementation Plan and Tasks by Section and Department..... 3-15

Figure 3-3: DtD Visits 3-18

Figure 3-4: PPWM Booklet..... 3-18

Figure 3-5: Meeting with Community Leaders 3-19

Figure 3-6: Involved Members of PPWM Installation Team 3-20

Figure 3-7: Installation Report 3-21

Figure 3-8: Sample of PPWM checklist..... 3-24

Figure 4-1: Timeline Diagram for The Installation Plan of PPWMs..... 4-30

Figure 4-2: Installation of PPWMs with The Expected Number of PPWMs in each Stage..... 4-32

Figure 4-3: General Work Flow Diagram for The Installation Plan of PPWMs 4-34

Figure 4-4: Work Flow Diagram PPWM installation by contractor..... 4-36

Figure 5-1: Work Flow of Random Check of Installed PPWMs..... 5-37

Figure 5-2: Work Flow of Examination of PPWMs with Zero-Consumption..... 5-37

Figure 5-3: Work Flow of PPWM Customer Complaints 5-38

Figure 5-4: Work Flow of Illegal Connections..... 5-38

Figure 5-5: Work Flow of PPWM Repair 5-39

Figure 5-6: Work Flow of Rejection Cases 5-39

Figure 5-7: Work Flow of Monitoring Collection Ratio 5-40

Figure 5-8: Work Flow of Customer Satisfaction 5-40

Figure 5-9: Work Flow of PPWM Maintenance 5-41

Figure 5-10: Work Flow of Updating PPWM Inventory..... 5-41

Figure 5-11: Work Flow of Team Meetings 5-41

Figure 7-1: Revenue Increasing Trend with Debts by Month for PPWM..... 7-47

Figure 7-2: Revenue Decreasing Trend with Debts by Month for Mechanical Meters..... 7-47

Abbreviation:

CSS: Customer service section

CU: Collection Unit

CDS: Customer Database Survey

GIS: Geographic Information System

JET: JICA Expert team

JM: Jenin Municipality

JSC-JWV: Joint Service Council Jenin Western Villages

MoLG: Ministry of Local Government

MoSA: Ministry of Social Affair

PA: Pilot Area

PA1: Pilot Area 1

PA2: Pilot Area 2

PA3: Pilot Area 3

PR: Public Relation Department

CSC: Citizen Service Center

PPWM: Prepaid water meter

PSI: Palestine Standards Institution

WS: Water Section

WSRC: Water Sector Regulatory Council

WWD: Water and Wastewater Department

CHAPTER 1 PPWM in Pilot Project Areas and Lessons Learned

1.1 Introduction

1.1.1 Description of Water supply and Customers Meters Situations in Jenin City

Jenin Municipality located in the northern part of the West Bank, Jenin Municipality provides an average of 10,000 m³/day of water to the population of 60,000, or about 9,500 households. The water and wastewater department consist of about 60 employees of the Jenin Municipality, who are responsible for the water supply service.

Jenin Municipality produces the water from its own wells (Al Saadeh, Al Mechanic, and Balama wells), some water is purchased from private wells within the Municipal boundary (Farathy, Alwaneh, and Muamar Jarrar, Alsa'di, Abu Sameer, and Abu Hatab wells), and some water is imported from outside (from Mekrot company via Al Jalameh connection and Al Swetat connection) and from West Bank Water Department (WBWD) via Abo Arraba connection. Main water supply facilities include wells, pumping stations, transmission mains, reservoirs, tanks, distribution mains, and booster pumping stations. These are shown in following figure.

The supply system is intermittent and cyclical. The cyclical does not cover the whole week. So supply days are not always the same day of the week but are variable. Consequently, most areas receive water once or twice a week for periods ranging from one to two days in the summer. In the winter season, the supply time becomes longer as the demand for water decreases. In addition, some people use rain water for drinking purposes. The water supply is controlled by manually closing and opening the valves by Water and Wastewater Department (WWD).

1.1.2 Reason to Replace Water Meters in Jenin

Jenin Municipality faces a high ratio of NRW. One of the reasons for high NRW in Jenin Municipality is aging of meters, where the percentage of meters older than 10 years is more than 50%, in addition to other reasons such as the leakage, the difficult to conduct an accurate meter reading in some areas and illegal connections. Based on that, replacement of current meters plays an important role to reduce NRW.

1.1.3 Reason to Replace Water Meters in Jenin with PPWM

In addition to the high NRW, other challenge of Jenin Municipality is a low collection ratio. There are many reasons for the low collection ratio as follow:

- a) No policy for disconnection of service
- b) Long legal procedures for JM to process unpaid debts/debtors at court
- c) No-payment culture
- d) Issues with meter ownership
- e) Issues with meter reading/collection
 - i. Time consuming reading and collecting
 - ii. Expelling readers/collectors
 - iii. Difficult access
 - iv. Absent customers
 - v. Many estimated readings

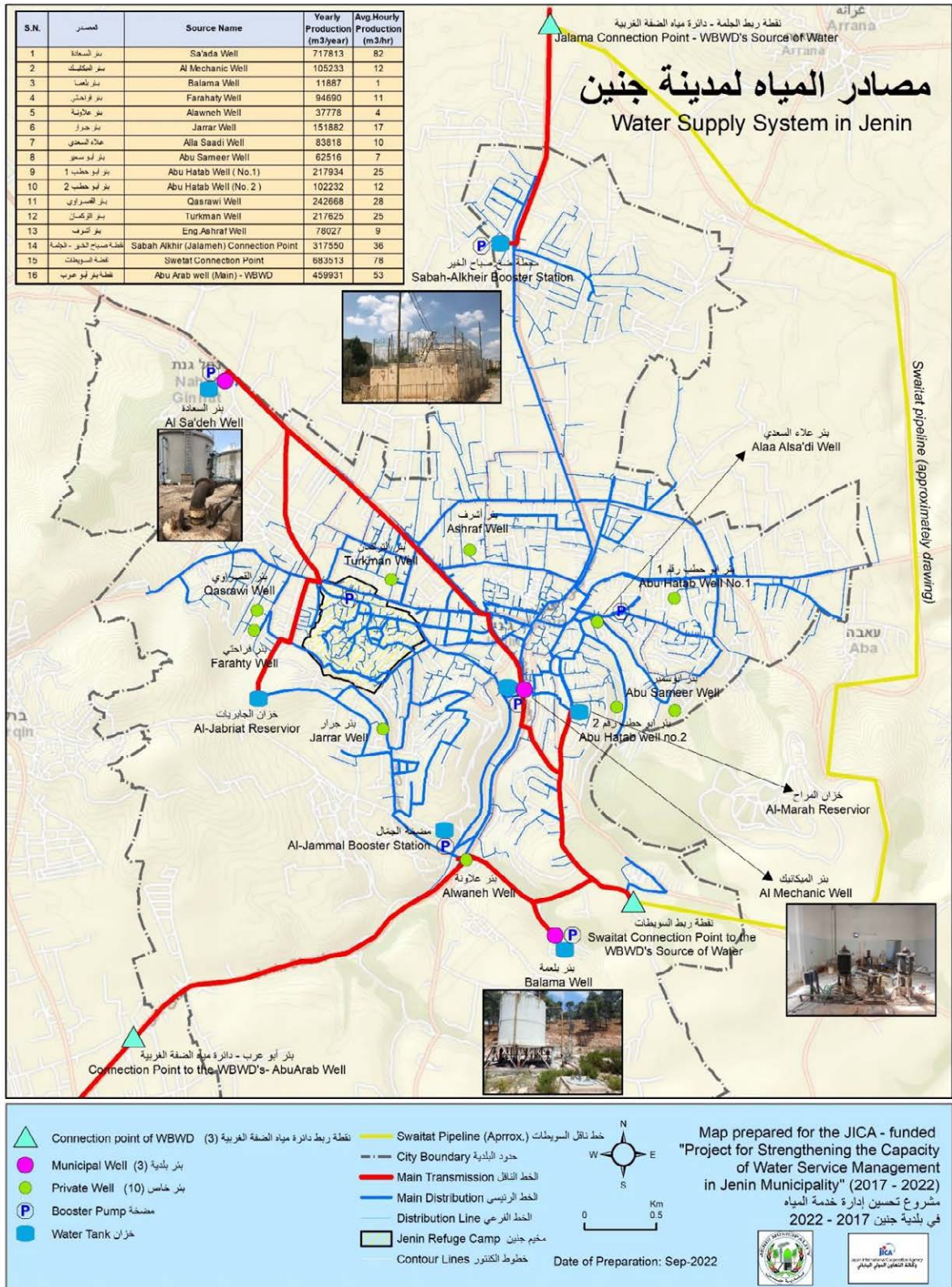


Figure 1-1: Water Supply Map of Jenin
Source: JICA Expert Team

1.1.4 Purpose of Prepaid Water Meter Introduction

The main purposes of introduction of PPWM are as follows:

1. To achieve fair water supply by rationalizing water consumption
2. To improve water supply service by changing billing and payment system
3. To achieve people's equity for water supply service by achieving all customers to pay for water supply service they received.
4. To increase revenue of water supply service to improve water supply service and maintain good service for the customers by increasing bill collection and recovering debt.

1.2 Jenin Municipality's Experience with PPWM in Pilot Areas

The project initially targeted three pilot areas (PA-1, PA-2 and PA3) starting from February of 2019 with installation of 1,850 PPWMs funded by JICA. Jenin Municipality also funded some additional PPWM installations. The number of installations increased to a total of over 3,000 PPWMs by April 2021 including installation in some extended areas outside of PA funded by Jenin Municipality.

After successful implementation and installation of PPWM in the three pilot areas and in outside of the pilot areas, the Jenin Municipality has decided to extend the installation to continue with the PPWM installation for the entire city based on the experience gained from the PA areas and lessons learned.

1.2.1 General Procedure of PPWM Introduction in Pilot Areas

PPWM was introduced in the pilot areas through the followings:

1. Baseline survey for existing metering, billing, and collection system
2. Case study for PPWM introduction in other utilities in Palestine
3. Social survey of PPWM (pre-survey)
4. Sustainability and strategy report on PPWM (Feasibility study (F/S))
5. Preparation of implementation plan of PPWM introduction
 - a) Strategy of introduction of PPWM (Selection of Pilot Areas)
 - b) Improvement of water supply conditions
 - c) Set up PPWM system
 - d) Operation and maintenance plan
 - e) Customer service plan
 - f) Public awareness plan
 - g) Training plan
 - h) Implementation plan
6. Preparation of a check list for required decision to introduce PPWM
7. Procurement of PPWM
8. Installation of PPWM
9. Setting and implementation of operation and maintenance and customer service of PPWM
10. Setting of responsibilities and workflow of PPWM Installation and Operation
11. Post survey (Satisfaction survey)

1.2.2 Extensive Public Awareness Activities

Public awareness and informed customers play important role in acceptance of PPWM by customers. As for the pilot project period, there were extensive public awareness activities such as use of social media, distribution of flyers, installation of large project billboards, neighborhood meetings, give away items, etc. However, the major activity was to conduct door to door visits of every customers in the Project's pilot areas ahead of the installation time (between 2 weeks to 1 week before installation). At the pre-installation door to door visits (DtD), the team explained all details about the Project, and the reasons the customers should be installing PPWM and how they would benefit. The team also provided detailed instructions on how to use a PPWM and how/where to charge their PPWM cards. A 12 pages booklet

was also prepared and delivered at the time of the visits. Though the rejection rate was low in pilot areas, majority were agreed to let the installation team to install PPWM when the team arrived on the installation day.

Method of DtD visit: The involved staff included two staff from the Public Relations Department for the DtD visits and filling out the forms. GIS bases maps were also prepared for marking of the location of the selected customers. The survey also included data entry of the responses on excel files. Additional customer data such as house ID, name and phone numbers were also collected. The data was utilized for installation tasks and also to measure customer satisfaction.

To measure the customer's satisfaction after using their PPWM, the JM's PR staff revisited a random 10% of the customers with PPWM after 1 to 2 months of usage and conducted a questionnaire to make sure the customers are satisfied and face no issues.

1.2.3 Acceptance and Rejections of PPWM

1) Acceptance of PPWM

The acceptance of PPWM in the pilot area was high and majority of customers agreed to install. The main reasons of the acceptance can be summarized as bellow:

- 1) Type of the selected PPWM: it doesn't count air and is accurate.
- 2) With PPWM, customer can monitor their consumptions.
- 3) The PPWM system helps customer to avoid accumulation of water debt, and/or pay their debt gradually, if any.
- 4) Easy payments can be done at a supermarket in the neighborhood or at other locations throughout the city.
- 5) No readers and collector monthly visits
- 6) Improvement in receiving and processing customer complaints
- 7) Well informed and educated customers. In cooperation of PR and CSS staff, extensive public awareness activities played an effective role in acceptance of the customers such as:
 - a) Production and distribution of public awareness materials
 - b) Use of social media
 - c) Neighborhood meetings
 - d) Production and distribution of movies on social media to share PPWM customers and their experience with the others
 - e) Door to Door visits (DtD) before installation: at the time of DtD visits, the team ensured that every customer understands the followings:
 - i. benefits of PPWM for customers and for the city and the municipality
 - ii. reason of selection of the PP Ultrasonic PPWM by JM and the benefits such as not elimination of counting air which was an issue with existing meters.
 - iii. PPWM installation plan in terms of the days and time of installation in their neighborhood
 - iv. how their PPWM works, how to use the PPWM, where to charge their PPWM cards and how to pay, complaint system, etc. The same information was also provided in format of a 12-page booklet with Q/As, maps, vending station location, manual of how to use the PPWM with step-b step photos, etc.

2) Rejection of PPWM

Since rejection is a major issue in PPWM acceptance in general, in case of Jenin City's pilot project there have been number of rejections as well that needed to be addressed. The percentage of rejected customers was 3.8% at the time of pre-installation DtD visits and increased slightly by the time of installation day. The overall reasons for rejection were:

- 1) Customer has private wells and thus no need to install PPWM,
- 2) Customer has general unhappiness and no trust with overall services of JM such as water pressure and supply,

- 3) Hidden reasons to refuse PPWM installation such as high debt or illegal usage.

The following steps were taken for the refusing customers:

- 1) First re-visit by the PR staff to convince the customer and hear him out.
- 2) Second re-visit in company of higher management member of JM such as council members.
- 3) If the rejection persisted, they were referred to the legal unit of JM.

1.3 Lessons Learned from PPWM Installations in Pilot Areas

The lesson learned from PPWM introduction in Jenin city are summarized as follow:

- (1) Choose the right type of water meter and brand: In Palestine, problems on water meters are air count, particles in water, and very low flow rate incense by water meter. Ultrasonic flow meter has solved these technical problems. But before choosing this meter type, meters experiments were done as we mentioned before in this study.
- (2) Support of higher management and political will: Involvement and commitment of the Mayor and city council members were very effective in acceptance of PPWM. The WWD/JM staff work as a team and joined regular meetings on weekly basis and discussed installation issues and solutions.
- (3) Value of customer awareness: Willingness to accept introduction of PPWM and the importance of public relations role were very effective. Public awareness raising plays an important role to success the PPWM introduction in Jenin city, where the activities have been organized to raise customers' awareness to convince them to install PPWM and to obtain the trust of people in the city.
- (4) Focus on achieving success factors:
 - a) Free meter replacement cost for customer
 - b) 24/7 water supply service
 - c) 24 hour water supply
 - d) Affordable quality water
 - e) 24 hour customer service
 - f) Good and responsive customer service
 - g) Earn trust from customer by good communication
- (5) Use of the LoRA Gateway data: After introduce the gateway system WWD staff became able to monitor and follow up PPWMs instantaneously in addition to start study the remotely control features. Also, by working on gateway system, WWD staff became able to solve some challenges such as uncovered PPWMs and obstructions of PPWM signal.
- (6) Follow up with rejections: Analysis of reasons of rejected customers and how to deal with this type of customers in addition to reduce the rejection cases.



Figure 1-2: Lessons Learned from PPWM Installation in Pilot Areas

- (7) Solving of customer complains in timely manner: How to solve customers' complaints and take some preventive measures to reduce the repeated complaints.
- (8) Properly plan for installation process: JM has gained a good experience in the installation process and how to deal with PPWMs and arranging the required materials and formations which will facilitate and speed up the process for the next installation phase to provide perfect results. WWD staff also have learned to use the handheld machine and take PPWM reading and other information on site when needed.
- (9) Improvement of the service: According to the social survey, the customers do not satisfy with water supply service of Jenin Municipality. After obtains the trust of customers, the acceptance of PPWM becomes easier. To obtain the trust, Jenin municipality have improved their service of water supply at the time of introduction of PPWM, especially in the pilot areas at first by improving the water distribution management and contracting with private wells.
- (10) Prepare for initial issues: Initial failure of PPWM during the installation or in initial use of PPWM due to malfunction or dead battery or by water entering PPWM screen in some cases.

1.4 Risks to Consider in Social, Technical, and Political Sustainability

(1) Social sustainability

It may be at risk due to the followings and must be well considered to avoid the risk or to lower the risk as much as possible.

- Rejecting customers: the PA area's experience showed that there are different reasons for customer to reject as follow:
 - i. High debt (customer may try to hide this reason but JM should examine their debt and discuss the matter and provide some solutions for customer's re-payment plan)
 - ii. Illegal connection (JM should investigate such suspicious cases)
 - iii. Not satisfied with JM's overall services,
 - iv. No reason to use pre-paid system when they pay on time and have no debt,
 - v. Use their own private wells,
 - vi. Not happy with the water supply pressure and amount
- Low-income families would affect by prepaid system. There should be plans prepared how to deal with these customers. (This case is still under study in order to formulate a strategy for dealing with such cases).
- Emergency situation like COVID- 19 lockdown: Jenin Municipality must be prepared how to react with the most proper actions with dealing with emergency situations.

As a soft approach solution and to tackle with the rejecting cases, the Project team and the PR staff conduct re-visiting activity with higher level of JM staff i.e. council members to accompany the PR staff, and to talk to convince the rejecting customers to install. The JM team should convince the rejecting customers how they would benefit from PPWM. With PPWM, the customers would expect improvement in the JM's water services and would be disappointed if no tangible improvements follow with their advance payment system and this could socially disturb the success of JM in its PPWM system.

Recommendations for social consideration

- a) Customer's satisfaction on water supply (water availability and service) should be improved together with introduction of PPWM, which eases acceptance of PPWM.
- b) Conduct public awareness and involvement activities before and after PPWM system for better understanding of the public.
- c) Priority of installation is required, such as avoiding the area with low water availability and refugee camp.
- d) The affordability of the advance payment for low-income families must be considered.

(2) Technical sustainability

The followings should be considered to avoid risks of any issues with technical sustainability:

- Proper storage of the stocked PPWMs and avoid installing any PPWM with factory issues and/or unsealed boxes.
- Proper plan for the operational setup: ensure quick response to customer complaints after installation,

monitor for any mis-functioned installed PPWMs, manage the PPWM database and the LoRa Gateway database systems, manage the vending stations and programs.

- Maintenance and monitor of the PPWMs, batteries, spare parts: assign well trained and experienced staff on the installation team and ensure the new staff members are well trained by the experienced senior team members.

(3) Political will and support

It is very significant that the installation activities are supported by the higher level of management like the City Mayor and the City Council Members are engaged with the installation project and provide advice and back up the team in difficult situations i.e. rejecting customers, any political unrest that may affect the installation, creating trust between customers and Jenin Municipality.

CHAPTER 2 PPWM for Entire City

2.1 Existing PPWMs

The PPWM system was tendered in 2018 according to PWA specifications and two companies were submitted for the tender (BAYLAN and Electro-med). After the evaluation, the tender was awarded to BYLAN brand for their agent in Palestine Fury Trade Company. The procurements of PPWM started in Feb 2019. The following set of PPWM system has been procured by JICA and JM.

Table 2-1: Number and Specifications of the existing PPWM System in Jenin

No.	Items and Specifications	Quantity procured by JICA	Quantity procured by JM
1	Prepaid water meter (DN20), PN16bar, Ultrasonic type	1,850	1500
2	Check valves DN (20mm), PN 16bar	1,850	1500
3	Ball valves DN (20 mm), PN 16bar	3,700	3000
4	Rigid plastic case for installing PPWM, valves, fittings	1,850	1500
5	Complete vending station with hardware equipment and software	4	8 (Only card reader and license)
7	Server management software and hardware	1	0
8	Installation including commissioning for Server management	1	0
9	Handheld Unit (field verifier)	3	0
10	Gateway	3	0

2.2 Procurement of Additional PPWM for Entire City

Jenin Municipality decided to install PPWM for the entire city. JICA procures additional 4,350 PPWMs to support the Municipality's installation projects. It is planned that the procured 4,350 PPWMs will arrive to Jenin in July 2021.

Since the PPWM system, like the server and the software and integration is already in place, the Jenin Municipality would need to increase the number of the system's vending stations and gateway devices

as the number of the installed PPWMs increases.

Table 2-2: Number and Specifications of New PPWM System in Jenin

No.	Items and Specifications	Quantity procured by JICA	Quantity procured by JM
1	Prepaid water meter (DN20), PN16bar, Ultrasonic type	4,350	2500
2	Light Industrial and Commercial DN (50), PN 16 bar, Ultrasonic type	0	5
3	Check valves DN (20mm), PN 16bar	4,350	2500
4	Ball valves DN (20 mm), PN 16bar	8700	5000
5	Check valves DN (50mm), PN 16bar	0	5
6	Ball valves DN (50 mm), PN 16bar	0	10
7	Rigid plastic case for installing PPWM, valves, fittings	4,350	1000
8	Complete vending station with hardware equipment and software	0	8 (Only card reader and license)
9	Server management software and hardware	0	0
1	Installation including commissioning for Server management	0	0
1	Handheld Unit (field verifier)	0	0
1	Gateway	0	5

2.3 Features of the PPWM System

The product features remain the same as the features of the PPWM in the Pilot Areas.

2.3.1 Features of PPWM Device

The following table shows specifications of the PPWM that Jenin Municipality has already installed in for over 3,000 customers and will continue to install the same for the entire city (as of April 2021).

Table 2-3: Specifications of Installed PPWM

Brand	BYLAN	Product life/actual Life	7 yrs /not Specified
Type	Ultrasonic	Battery life/actual	10 yrs /not Specified
Diameter	3/4 inch (ND20mm)	Vending method	Smart card
Q1(minimum flow)	≤ 0.016 m ³ /h.	Guarantee period	3 yrs
Q3 (permanent flow)	2.5 ~ 4.0 m ³ /h	LoRA Gateway	Yes
Integration status	With AlShamel (WWD)	Integration status	With AlShamel (FD)
PPWM functions	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realtime clock ✓ Remaining credit ✓ Reserve for emergency ✓ Low credit alarm ✓ Tariff setting ✓ Debt recovery ✓ Consumption limit 		
After sales service	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Software support 24/7- 5 yrs ✓ Technical support 24/7 – 5yrs ✓ Onsite support on request – 5yrs 		

The PPWM device includes the user interface for the loading of credit and other data. The PPWM device must be securely mounted to prevent tamper.



Figure 2-1: PPWM with Charging Card

2.3.2 PPWM Box

PPWM plastic box: For protection purpose the PPWM shall install inside the box. PPWMs are installed in a plastic box as shown in the photo, plastic box is more flexible than the metal box, in addition to that, metal box may affect on signal between PPWM and gateway system. The plastic boxes should be sealed to prevent customers to tamper the meter.



Figure 2-2: Sample of PPWM Box

2.3.3 PPWM Smart Card and Vending Station

Each PPWM customer is provided by a registered PPWM smart card from WWD in which they should use to charge the credits at a vending station to be able to use their PPWMs.

Vending stations shall be established at accessible points for customers' convenience for extended hours. A vending station per 1,000 customers is suggested by the supplier. The equipment necessary for vending station are PC system including software, the device for charging credit, etc., and one staff shall be deployed at these stations at the Jenin Municipality. No staff is needed if the vending stations are located at supermarkets. Convenient and hassle-free payment methods; properly located charge centers (vending stations) with extended service hours. The software will be used on a standard computer with an attached card reader.

There are currently 12 vending stations (as of April 2021) in which two (2) are installed at the Jenin Municipality's collection centers and one (1) at the WWD. The remaining nine (9) authorized VSs are distributed through the city to serve the current PPWM customers, mainly at chosen neighborhood supermarkets. As the number of PPWM customers increases, the number of VSs should also increase.

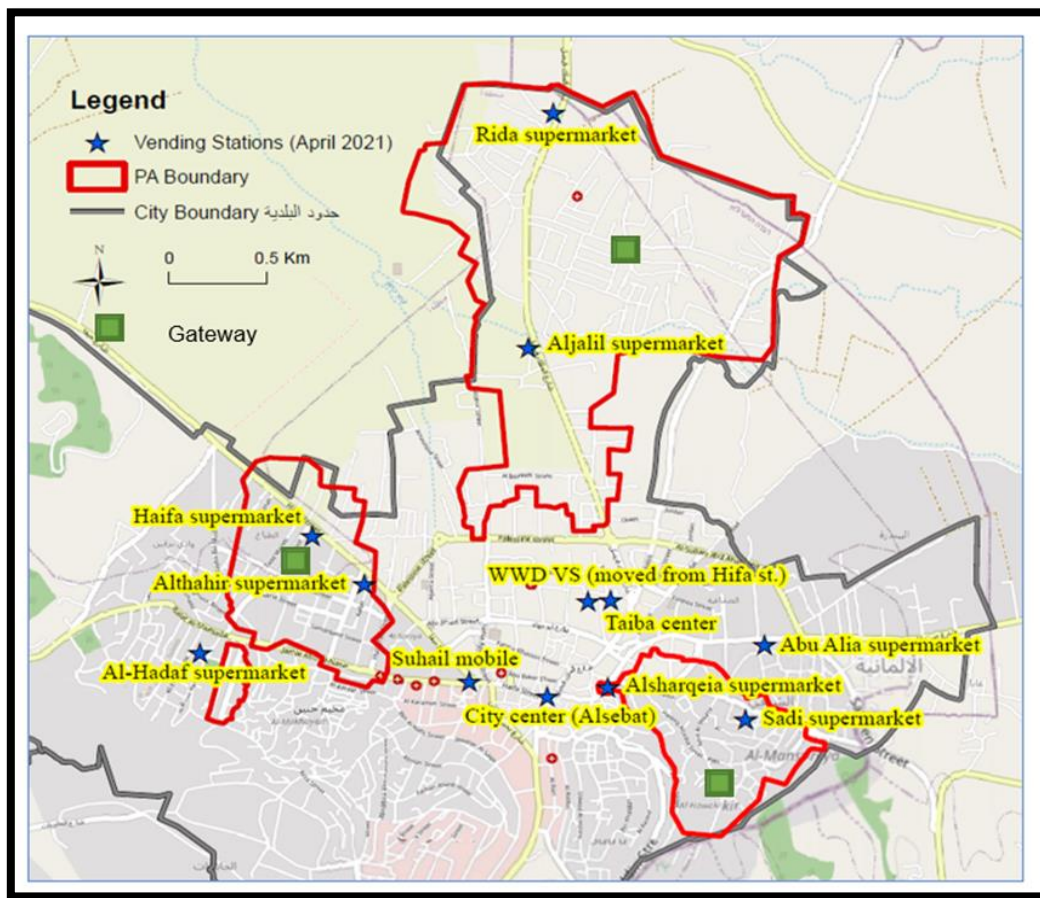


Figure 2-3: PPWM vending stations and gateways in Jenin City (as of April 2022)

The customers can purchase credits for their water use at the following places. The places will extend as the number of customers increase over time.

1) At authorized vendors

Currently, the Pal-Pay company is outsourced for card charging services and bill payments to facilitate the management of charging the PPWM cards by customers at the authorized supermarkets. The PPWM vendor is chosen by Jenin Municipality based on the pre-existing condition of the internet availability, a computer, personal smartphone, computer and communication skills, popularity and safety of the place, convenient location, and long opening hours. PalPay is responsible to transfer the collected amount to the JM by bank transfer.

2) At the Jenin Municipality's two collection centers: in city center and at the Haifa street collection center

These centers are conveniently located for customers to visit to charge their cards as they are in the area for shopping or for business. A permanent staff of the JM is available at the collection center with access to the PPWM software and printer with limited authorization. The staff is also authorized to view up to past 12 months of customer's transaction history and print as requested by the customer at the center. These centers have been rehabilitated for the purpose of providing a more welcoming atmosphere for

customers. New wall and floor tiling, painting, and refurbishing, and improved internet and phone connections are some of the major rehabilitations at the centers.



Figure 2-4: Sample of Vending station

Currently there are additional 37 points of sale for mechanical meter customers to pay their bills. As the PPWM installation increases, the appropriate points of sale can also be equipped with PPWM card readers and thus provide services to PPWM customers and VS location.

Table 2-4: Current PPWM VS Locations

No.	VS	Location
1	Aljalil supermarket	PA1
2	AlThahir supermaket	PA2
3	Al-Madina supermarket	PA3
4	Haifa st. center's VS (Transferred to WWD)	WWD building.
5	City center's VS	City center
6	Taiba center (New)	Naser Street
7	Alsadi supermarket (New)	PA3
8	Suhail Mobile (New)	City center
9	Rida supermarket (New)	PA1
10	Abu Alia supermarket	PA3
11	Alhadaf supermarket (New)	Alhadaf
12	Haifa supermarket (New)	PA2

Table 2-5: Current Point of Sales for Mechanical Meter Customers

Location	Store	Location	Store	Location	Store
Enab	Supermarket	Alsereesi	Supermarket	Almashreq	Mobile
Abu Zahiw	Supermarket	Wifi	Mobile	Altayeh	Supermarket
Alnaseem	Supermarket	Eathar	Supermarket	Abu Aleel	Mobile
Abo Zahiw	Supermarket	Osama	Supermarket	Alhilal	Mobil
Mays Alreem	Supermarket	Abo Obeid	Supermarket	Alfayed	Supermarket
Almadeena	Supermarket	Aljammal	Supermarket	Alsnabel	Supermarket
Paltik	Mobile	Alsayeh	Supermarket	Royal	Supermarket
Almazar	Supermarket	Alhadeel	Supermarket	Abo Ammar	Supermarket
Abo Sroor	Supermarket	Orbit	Mobile	Safe Side	Supermarket
Diana	Supermarket	Albhaa	Mobile	Haifa	Supermarket
Almajd	Supermarket	Balawi	Supermarket	Althaher	Supermarket
Daily	Supermarket	Alaela	Supermarket		
Althaher	Supermarket	Alaela	Supermarket		

2.3.4 Handheld Unit

Handheld unit: Handheld unit allows to access water meter via authority card directly to read data. Handheld unit allows read tokens, create special purpose cards including time, authorization, maintenance, open, close, control (Info)...etc.



Figure 2-5: Handheld Unit

2.3.5 PPWM Software

The PPWM software is used at the Customer Service Section (CSS) of the WWD. The CSS uses the software to register the new customer data in advance and ensures that the data is correct before the customer charges his first PPWM. Also, the CSS staff identifies the meter and its card under the specific names of customers. Hence the meter will be ready to charge directly after the installation. The software is utilized to change of the status of the customer on Al-Shamel software as PPWM user. The result of this modification is to cancel issuing the bills and removal of the PPWM customers from the meter reader list during their ordinary site work to read the postpaid meters. The software is also used for issuing any required reports from the PPWM software or Al-Shamel upon request. The other use is to help resolving customer complaints if there is any issue with customer information and data.

2.3.6 Integration with Al-Shamel

The PPWM is integrated with both of the Al-Shamel's customer management System at the WWD and the Al-Shamel's financial and accounting system at the Financial Department. Once the customer's status changes from a regular meter customer to a PPWM customer, the changes and all the related information is updated on the Al-Shamel's customer management database. As on the accounting software, the PPWM data such as credits is continuously transferred from the PPWM system. The following are purposes / benefits of integration:

(1) Speed up accounting, save manual entry time, cost, human errors, miss typing, and additional employees or employees time. Without integration, daily all the charging records of PPWM transaction should be entered manually to accounting and financial software (Al-Shamel).

(2) Illegal transaction /Security (No frauds /misuse of money protect data from change or being copied or viewed by un-authorized persons). It prevents any illegal use of PPWM charging money.

(3) Guarantee financial transactions of all sources are entered to the financial system and get real treasury and bank balances.

(4) Get real time financial transactions.

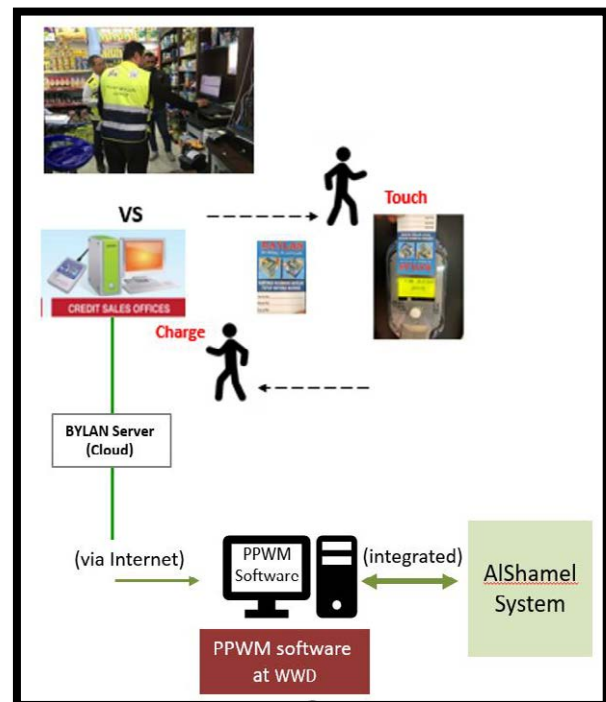


Figure 2-6: Vending Stations and Integration of PPWM Software with AlShamel

2.3.7 LoRa Gateway System

To facilitate and strengthen the monitoring process of PPWM, the LoRa Gateway system is in use. The system allows to admin full monitoring of PPWM remotely, preparing reports and to give the technical orders as needed. LoRa gateway devices receive data from PPWMs (via low range radio frequency) and transfer them to the LoRa server. The monitoring software at WWD can view the data from the LoRa server via internet. The data is specially very helpful in monitoring consumption of the PPWM customers and control of closing or opening of the valves -when needed- and also monitor for any abnormal consumptions and pinpointing of any mis-functioning or mis-used PPWMs. The following figure shows the overall system layout of PPWM and gateway system.

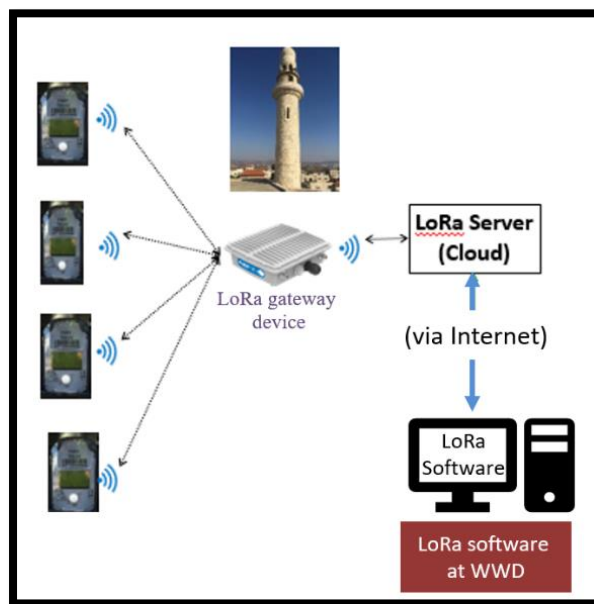


Figure 2-7: LoRa Gateway System

There are currently 3 gateway Lora system collectors for the existing installed PPWMs. There will be additional 6 additional gateway collectors that JICA will procure for the upcoming procured PPWM installations. Out of the 6, some will be installed as rewired and the remaining gateway collectors can be used as back up collectors (spare collectors) in case of failure of a collector.

2.4 Overall Specifications of PPWM System

- (1) The PPWM device: The required specification of **ultrasonic PPWM** is shown below considering the availability of PPWM in Palestine.
 - a) Diameter: 3/4 inch (ND20mm)
 - b) Q3 (permanent flow) =2.5 ~ 4.0 m3/h and Q1 (minimum flow) ≤ 0.016 m3/h.
- (2) Vending station: hardware equipment and software. It includes PC, and LCD Screen, printer, card (tag) reader, stand by card (tag) reader unit and UPS, On-line software, router, etc.
- (3) Software and server: BAYLAN PPWM software, Server management software and hardware server is suitable for the application required. It also includes a suitable UPS, On-line software, router, etc.
- (4) Technical specifications: HPE computer with 8 core processor32 GB memory1 TB hard disk including license for Windows &SQL 2016 standard license for 8core & Unlimited Cals.
- (5) Handheld unit: Model: Symbol, Workabout pro4, Platform: PXA270 624 MHz Processor 1 GB Flash ROM, 256 MB RAM, Operating System: Microsoft Windows CE 5.
- (6) Device boxes
 - Gateway: Box shall be enough capacity for storing Gateway device with the antenna in this box. Box decided to be metal.
 - PWM device: Box shall be strong enough for installing at outdoor site.
- (7) Gateway system as seen below.

Table 2-6: Specification of the LoRA Gateway

Specifications and standards	
Communication	LoRa WAN 1.0 and 1.01 Compliant
Antenna Connectors	“N” type RJ-45 for female POE
Max Transmitter Power Output	27 dB
External LoRa Antenna	3.0 dB additional gain
External H5 or LTE Antenna	2.15 dB additional gain
PoE Splitter (Inside IP67 enclosure)	48 Volt PoE at 25 Watts

Operating temperature	-40 to +70 cent degrees
Storage temperature	-40 to +85 cent degrees
Accessories	Lightning arrestor, outdoor cable, antenna, etc. necessary for operation shall be included in.
Model	Ethernet m-Linux programable

CHAPTER 3 Implementation Plan for Entire City

Implementation of the PPWM installation is based on the experience of the installation in the pilot areas. The installation will be for all customers. The Jenin Municipality will decide whether to install PPWM in the refugee camp and for the governmental institutions. At the time of preparation of this document there is no plan to install PPWMs of these groups of customers.

3.1 Strategy in Introduction of PPWM for Entire City

A general strategy to introduce and install PPWM is prepared below based on the opinions of the Counterparts in JM.

Table 3-1: Strategy Adopted for PPWM Introduction and Installation

Items	Strategy
1. Main success factors	To increase customer satisfaction and increase acceptance of PPWM
2. Policy for introduction	To prepare introduction policy to reduce risk and succeed in PPWM
3. Awareness raising	To increase of awareness of water supply service of JM and PPWM
4. Technical	To strengthen technical capacity to back up introduction of PPWM
5. Water tariff and debt recovery	To give financial motivation to participate in PPWM
6. Customer service	To strengthen capacity to manage PPWM system and improve customer service

Following are the components of the strategy for success of PPWM introduction. There are 3 main strategies, in which several components of the strategies are composed. The success probability of PPWM introduction will be increased by implement this strategy.

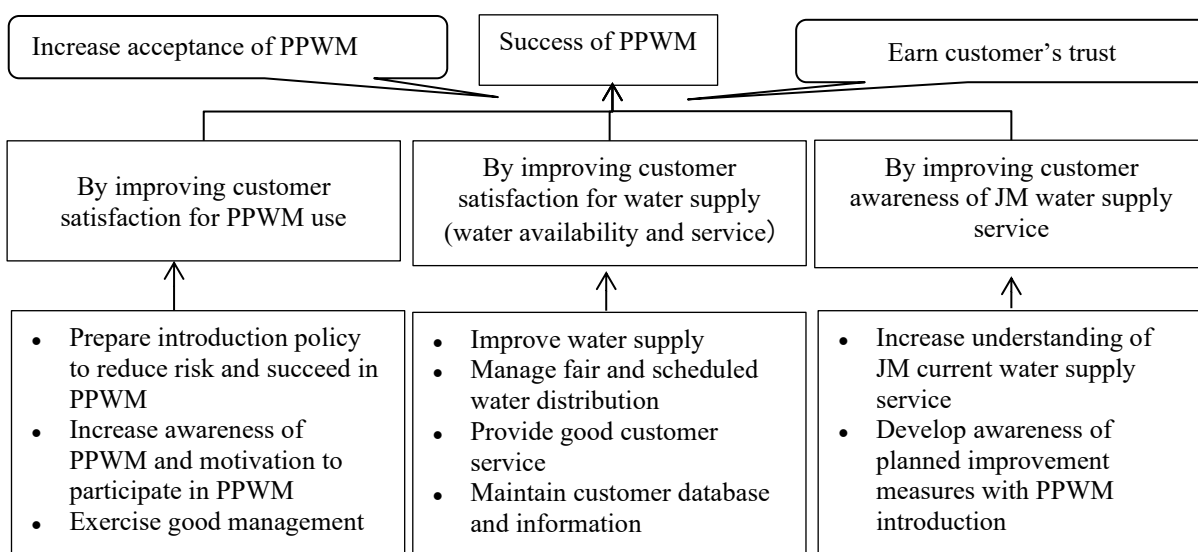


Figure 3-1: Strategy of Introduction of PPWM for Success

3.2 Role of the Involved Departments and Sections

Installation of PPWM for entire city is a teamwork and involves several departments and sections. Although some departments may play smaller roles, they have important impact of success of the project.

Table below shows the related department at Jenin Municipality in which play different roles by providing specific services. The Water and Wastewater Department (WWD) plays the most role in execution of the project by involvement of mainly its Customer Service Section with assistance of the Water Section, the GIS unit and the PR department of JM.

Table 3-2: Organizations Involved in PPWM Implementation

Organization	Major involvement
Water and Wastewater Department	Customer Service Section, Water Section, Studies and Planning Section Warehouse
Public Relation Department	Public awareness and door to door visits
IT Department	Technical issues with PPWM software and servers, VS
Financial Department	Customer payments database, financial reports
Public Citizen Center	Service applications on DMAS system
Legal Unit	Process for illegal users, enforce penalties
Human Resources Department	Hire of new staff if needed
City Council	Provide support for the team when needed
Mayor's office	Provide support for the team when needed

Figure below describe the workflow of the CSS and involvement of the other sections and departments.

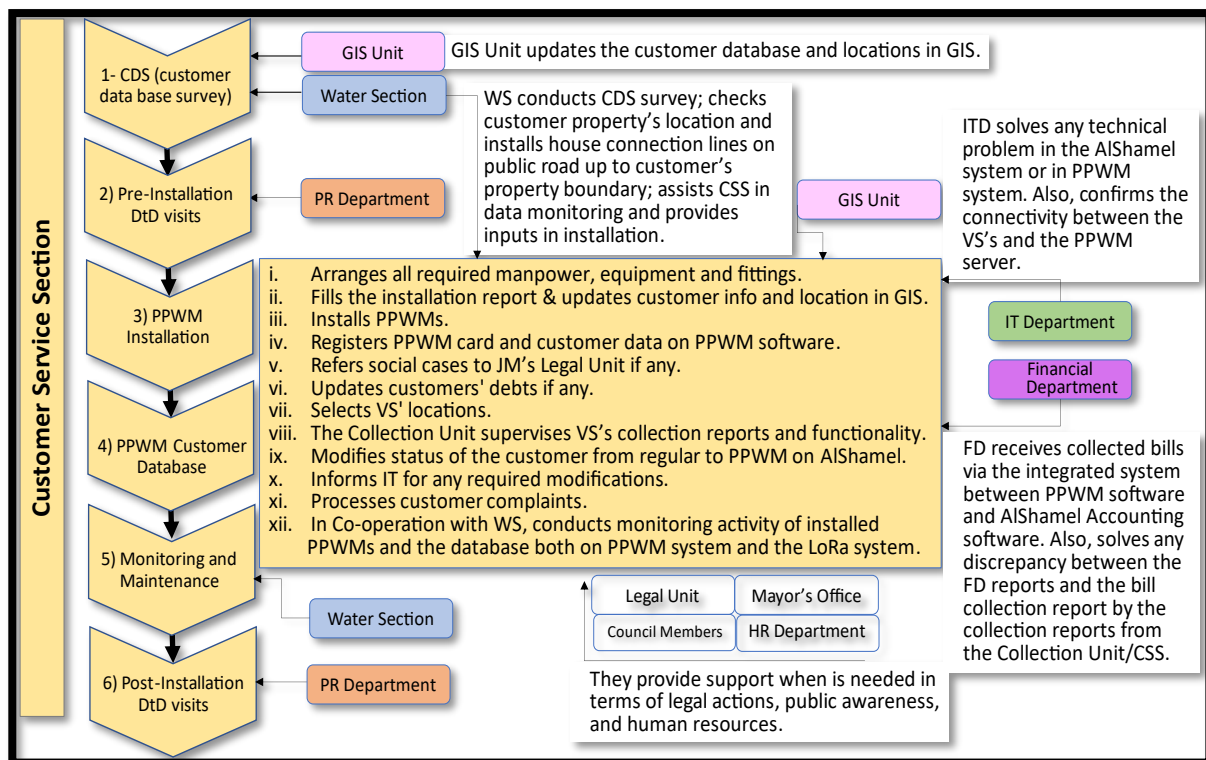


Figure 3-2: PPWM Implementation Plan and Tasks by Section and Department

Bellow shows tasks of each related section in the PPWM installation for entire city.

3.2.1 Customer Service Section (WWD)

The first step of the PPWM installation/replacement for the existing meters starts from this section as follows:

- 1) Decides the installation area and prepares the necessary information and conducts the DtD visits with PR Department for customer acceptance of PPWM installation 1 to 2 weeks before the installation period. Re-visits any rejecting customers when needed.
- 2) Prepares the GIS map of customer locations and other information such as water meter number, name, etc. collected by the Customer Database Survey (CDS) into GIS system.
- 3) Prepares the customer database on the PPWM software in advance and will make sure that the data is correct by crosschecking the PPWM database before the customer charges his PPWM. About 20-30 meters are supposed to be registered daily according to the installation teams and productivity experience during the pilot project period.
- 4) Identifies the PPWM and its charging card under the specific names of customers before the installation. This is because the PPWM should be ready to be charged immediately after installation.
- 5) Changes status of the customer on Al-Shamel software to PPWM user directly after the installation date of the PPWM noting that this modification on Al-Shamel is done newly. The result of this modification is to cancel issuing the bills and removal of the PPWM customers from the meter reader list during their ordinary site work to read the regular meters.
- 6) Updates customer financial status automatically by the integration between the Al Shamel Accounting software and the PPWM software.
- 7) Supervises the PPWM installation together with Water Section. Conducts the final water meter reading before replacing with PPWM. Confirms the customer satisfaction and documents the complain if necessary, by the PR staff of the team.
- 8) CSS in cooperation with the PR department, conducts and supervises customer awareness of the PPWM system especially the first time PPWM customers prior to the installation, and provides them with all necessary information and PPWM booklets -individually and using tools such as social media and JM website.
- 9) CSS (GIS assistant) receives the installation reports from the installation team and archives/updates the customer database in GIS.
- 10) Processes any complaints from the other sections and units such as the Collection Unit or the Water Section if there is any problem in the database which affect the vending functionality or issues with the installation itself. Also, CSS processes complaints from customers if there is any difficulty in using the PPWM or any issues with the PPWM malfunction/damage, and consumption, etc. CSS will do with its staff any required maintenance/replacement for the malfunctioned PPWM as possible as they can or they will coordinate to send the PPWM to the supplier for maintenance.
- 11) Issues any required reports from the PPWM software or Al-Shamel upon request.
- 12) CSS assigns monitoring staff for periodically monitoring of the PPWM customer database for any observed abnormality in credit charges or long period of zero/low consumption and solves the discovered issues in cooperation with the assigned monitoring staff of the Water Section. Updates the database, as necessary (LoRa System, PPWM software, Al-Shamel)
- 13) CSS-WS monitoring team coordinates and conducts random check and/or periodic check of the installed PPWM and takes the necessary actions to solve any issues.

14) Sends SMS reminder for debt payment.

The Collection Unit of CSS is the unit responsible for receiving the cash money from the water bill collector. As for the PPWM related activities, the Collection Unit is responsible for functions of the Vending Stations as follows:

- 1) Confirms that VS' s functionality is in good situation and they are able to vend to customers.
- 2) Contacts daily with the Vending Station points (i.e. contracted supermarkets) and collects the water charging reports.
- 3) Reports to the CSS if any technical problem occurs in the vending stations.

3.2.2 Water Section (WWD)

The water section is responsible for installing the house connection after registration process being completed by the CSS.

- 1) Completes the Customer Database Survey (CDS) prior to the installation period to collect the following information:
 - (1) Building owner's name,
 - (2) Building code number,
 - (3) Number of households and family,
 - (4) Registration status in customer database,
 - (5) Water meter number, route of house connection, Utilized pipe material and diameter,
 - (6) XY coordinates of the water meter location and branched points XY,
 - (7) Usage of private network,
 - (8) Number and volume of water tanks,
 - (9) Building photo.
- 2) Assists the GIS Unit for digitizing of the customer location maps and the house connection line maps. Provides input if any modification required for the house connection line or meter location on the site and on the map.
- 3) Assists CSS in filling the installation report of the house connection file of the customer with all required details and deliver it to CSS for feedback.
- 4) Assigns monitoring staff to cooperate with the CSS's monitoring staff on PPWM database observations for abnormality of credit charges, zero/low consumptions, battery issues, and solves any discovered issues by coordinating with CSS and prepares the report.
- 5) The same CSS-WS cooperation monitoring staff will also coordinate and conduct random check and/or periodic PPWM checks and follow up with the necessary actions from WS.

3.2.3 Warehouse Section (WWD)

This section under the WWD provides inventory of the PPWMs, boxes, and fittings.

3.2.4 Planning and Studies Section- GIS specialist (WWD)

- 1) Prepares the CDS and DtD maps for targeted area selected by WWD and CSS.
- 2) Prepares the GIS database and the installation maps for targeted areas selected by WWD and CSS.
- 3) Updates customer status and PPWM location on GIS database after the installation.
- 4) Updates customer information and status (Frozen, disconnected, illegal) in cooperation with CSS.
- 5) Issues any required reports from GIS database to head of CSS upon request.

3.2.5 Public Relation Department

In addition to carrying out PR activities to promote PPWM in entire city by use of social media and JM

website and production of PR materials, interviews and short movie productions, the following major public awareness activities play a significant role in success of the PPWM acceptance by customers if conducted prior to the installation period of the installation area:

1) Pre-Installation Door-To-Door (DtD) visits These visits include visiting every customer 1 or 2 week prior to the installation with the purpose of receiving the customer’s consent on installation of PPWM. The customer will be well explained and informed about 1) PPWM and its benefits, 2) type of the selected PPWM and the reasons, 3) how to use the PPWM, 4) where to charge the PPWM card, and 5) how the installation would work and what day they should expect the installation team. A PPWM booklet with all of the necessary information will be also handed to the customer and the PR staff make sure that the customers understood the PPWM and all their questions are answered before the installation day. Customers who refused to be installed, will be recorded for a re-visit with higher level of management of JM.



Figure 3-3: DtD Visits

The following steps can be used as a reference when conducting the pre-installation DtD visits.

- i. Set up the area of visit.
- ii. Extract customer information from the Al-Shamel database for the selected area.
- iii. Set up team members, means of transportation, and visiting time: weekdays mornings are more suitable when it is expected that customers are present at home.
- iv. Prepare accompanied documents: 1) hardcopy map of the visiting area using GIS map, 2) PR materials such as PPWM booklet and VS time/schedule, and 3) a hardcopy of list of the customers including their name, water meter number, and subscription number.

In the booklet customers can read about:

- PPWM in Jenin
- PPWM Benefits
- Type of PPWM in PA Areas and How It Works
- Water Fee and Credit Charges
- Where to Purchase Credit for Your PPWM Smart Card (charging your card)
- Customers Responsibility on Their PPWM
- How to Maintain the PPWM from Damages or Misuse
- Where to Report If Notice Any Damages in the PPWM or Misfunction
- Installation Timetable
- PPWM Screen Notifications

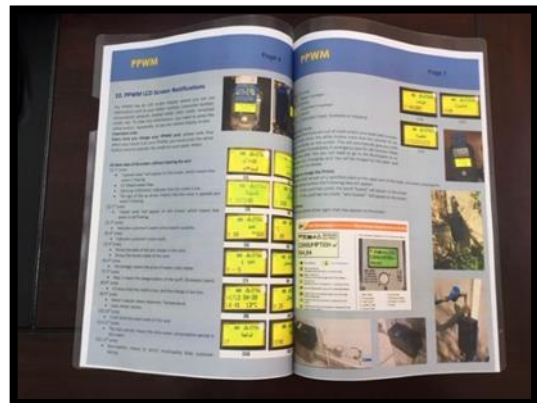


Figure 3-4: PPWM Booklet

Additional information:

- Location of Tested PPWMs in Pilot Areas
- Results of Accuracy Test of Three Types of Water Meters
- Other Activities by the Project

2) Accompany the installation team on the installation day

In addition, a PR staff should be included on the installation day to talk to customers and get permission

to enter. Sometimes, customers change their minds by the installation day. Presence of a PR staff would help to get consensus again and avoid any conflicts for PPWM installation.

3) Re-visit of rejecting customers

The visit's purpose is to convince those customers who remain rejecting installation of PPWM for their property. According to experience from the pilot project areas, most of these customers finally accept the installation. It is important that higher level of management and key people such as the mayor, head of the WWD, key community people, or council members accompany the PR team for the second visits for a more successful result.

4) Neighborhood meetings and meetings with community leaders

These neighborhood meetings are also very significant in group discussions prior to the installation period. It is effective when it is well planned and key members of the community such as mosque imam, and community leaders are also attending. Attendance of higher level management of the JM is essential in these neighborhood meetings.

5) Public awareness during installation and operation

The activities focus on the proper use of the PPWM, procedures for the related service applications, new service procedures, complaints system, etc.

- Prepare and distribute instruction sheet on how-to use PPWM.
- Prepare and distribute information sheet about misusing the service.
- Facilitate installation's team working by open the doors for installation's team.
- Receive any complaint by customers and send it to Head of CSS.
- Periodic information about the progress of the installation project on JM' s website and Facebook for the citizen' s awareness
- Periodic FB posts on benefits of PPWMs
- Production of PPWM short movies i.e. interview with PPWM customers to share their experience with the citizen' s. The movies can be shared on FB, YouTube, and JM website.
- Production of PR materials such as flyers, etc.



Figure 3-5: Meeting with Community Leaders

3.2.6 IT Department

The IT section in JM is mainly responsible for the technical issues related to the PPWM system.

- 1) Conducts installation for the VSs, Server, Internet, and solves any issues.
- 2) Confirms the connectivity between the VS's and the PPWM server.
- 3) Solves any technical (IT) problems in the PPWM system in coordinating with the PPWM supplier.
- 4) Solves any technical (IT) problem in the Al-Shamel system in coordinating with the Al-Shamel software supplier.
- 5) Ensures functionality of the Integration between Al-Shamel and PPWM software and provides training to the CSS employees in this regard.

3.2.7 Financial Department

- 1) Confirms the financial data on Al-Shamel software on a monthly basis and ensures that the money transfer movements are correct via integration between PPWM & Al-Shamel software. Cooperates with CSS and the Collection Unit.

3.2.8 Citizen Service Center

- 1) Receives new customers' applications for PPWM water subscription.
- 2) Receives subscription fees and transfers the application to CSS to install the PPWM.
- 3) Follows up with customers complaints on PPWM if any.

3.2.9 Legal Unit

- 1) Follows up with CSS service for any rejected cases to install the PPWM especially if the customer has cumulative debt.
- 2) Transfers rejected customers information to the Mayor office to take the necessary actions such as sending an installation notification or transfer customer file to the Court.
- 3) Follows up any illegal case after PPWM installation.

3.2.10 Human Resource Department

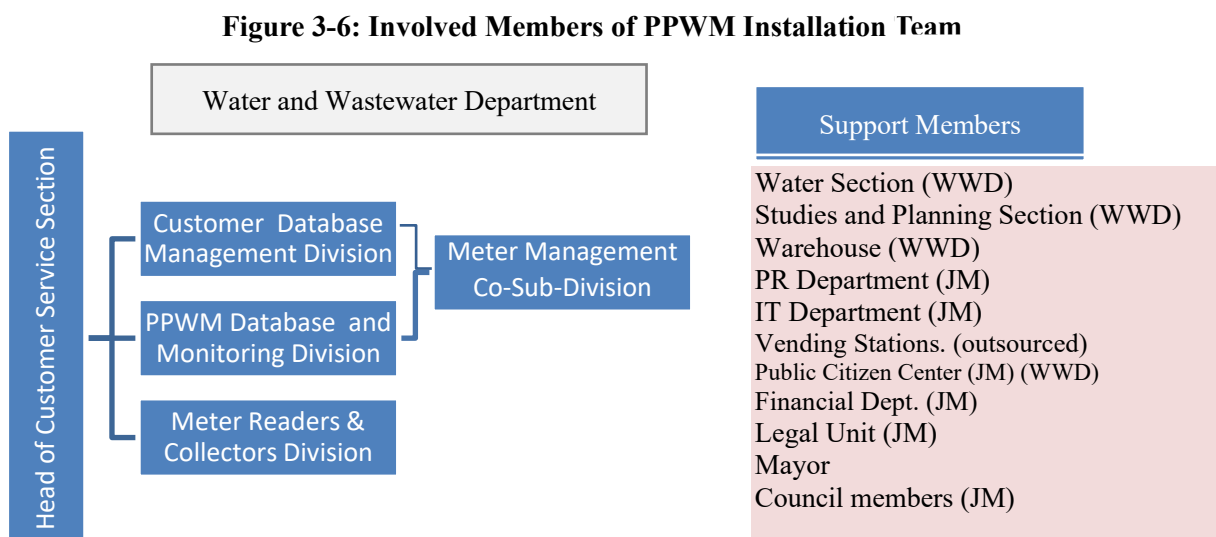
- 1) Follow up with WWD and CSS to assign new staff for PPWM installation if required.

3.2.11 Mayor Office and Council Members Office

- 1) Supervises and instructs WWD and CSS for PPWM installation process, in general.
- 2) Provides all possible support to speed up and success of the PPWM installation whether financial or organizational.
- 3) Follows up the rejected cases with CSS and takes the required actions to install the PPWM for these cases.

3.3 Involved Members

CSS is responsible for the installation. However, support members from other sections and departments are also involved directly or indirectly.



3.4 PPWM Replacement and Installation Procedures

It is important to make sure that the Municipality provides good services to the PPWM customers, during the replacement and after the replacement. The following are taken into consideration by the Municipality when providing PPWM services:

- Proficiently manages the services and reduces processing period.
- Makes the procedures as paperless as possible and holds digital documentations of the provided services.
- Reduces number of customer commutes to the Municipality for services as possible.
- Focuses on customer satisfaction, clear, and smooth procedures for the services.
- Takes constant measures to reduce or prevent errors when providing and/or handling the services.

3.4.1 Existing Customers (Replacement)

Replacement for the existing customers includes following steps:

- 1) DtD pre-installation visit 1 to 2 weeks prior to the installation
- 2) Revisits of rejecting customers if needed.
- 3) CSS issues the PPWM' s charging card to be ready to use by customers immediately after installation.
- 4) On installation day:
 - i. Last meter reading, just before replacement, is documented for customer' s information and also to avoid any sorts of claims by the customer at later time. The replacement team needs to fill out the final reading form, sign, and take the following photos. The filled-out form and the photos are electronically filed for each customer by using the customer house ID, back in the office. A specific person (from PR department preferable) is assigned for the entire of this task including filling out the form, take the photos, and file electronically.
 - Photo 1: Existing water meter.
 - Photo 2: Existing water meter showing the surroundings.
 - ii. Technician installs the PPWM and includes the following photos to the lats meter reading form above:
 - Photo 3: Installed PPWM
 - Photo 4: Installed PPWM showing the surroundings
 - iii. After replacement: PPWM is a new system to the city and the residents are not familiar with. Thus, an assigned JM staff (PR staff) is available at the time of replacement/new installation and the new installed PPWM and makes sure that the customer understands how to use the system. A printed label with 24/7 phone number of contact for any possible issues is attached to the PPWM box for the time of need.

3.4.2 New Customers (Installation)

Installation of PPWM for new customers starts from the Public Citizen Center (PSC) as follow:

- 1) Pre- applications for PPWM (Site check)

Figure 3-7: Installation Report

This application is available to applicants who first need to inquiry if there is water network available in their area before they apply for a subscription.

- i. The applicant needs to go to the PSC and fill out the “Site Check “application on DAMAS system. The application will go through the following electronic paths for processing:
 - The application once entered on DAMAS is passed to the Head of Customer Service section (for view only) and the Head of Water Section to process. If there is no water network, the Head of Water Section comments on the request and sends back to the PSC. The PSC sends an SMS or calls customer to inform the unavailability of the water network. If there is water network, the Head of Water Section comments on the request and sends back to the PSC. The PSC sends an SMS or calls customer to inform the availability of the water network and that the customer needs to go back to the PSC and apply for the new connection. The customer will be also informed what documents to bring to the PSC.
- 2) Submission of application for PPWM: The applicant submits application for a new meter (PPWM) installation. The customer visits the PSC with the required documents and fills out the applicant for new connection on DAMAS and signs the contracts.
- 3) Installation of PPWM: The application, once completed on DAMAS, is electronically sent to the Head of Customer Service who checks the documents and the application and order for network connection. The Head of Water Section completes the connection up to the property. CSS completes the PPWM installation and enters the new customer information is entered into both the Al-Shamel system, PPWM system, and GIS database.
- 4) Awareness activity: On the installation day, the customer is well explained and informed about the installed PPWM and the usage, and a copy of the PPWM booklet is handed to the customer. A printed label with 24/7 phone number of contact for any possible issues is attached to the PPWM box for the time of need.

3.5 PPWM Inventory

The inventory system of Al-Shamel has not yet been used by the WWD and yet is being conducted on paper base. The staff should be assigned and trained to track the inventory of the PPWM fittings and devices and prepare reports as required.

3.6 Handling Customer Complaints

When CSS receiving complaints, they should handle professionally, and the staff ensures that the issue is resolved within a reasonable period of time to the customer satisfaction. Customers' complaint is usually received through JM website, JM social media pages and by phone call several ways.

- 1) Complaints received through the JM Website:

To avoid or reduce phone calls by the complainers, the new Municipality website is designed to electronically received complaints letters. The customer complaints -once sent via the website- goes through the following paths:

- a) Once the complaint is filled out on the JM website, it is electronically sent to the account of the head of WWD (to process) and also the head of the PSCC head (to view only).
- b) The head of WWD orders the related section to process the complaint.
- c) After the issue is resolved the head of WWD electronically comments on the complaint with the actions taken to resolve the complaint issue.
- d) The response is electronically sent to the PCSC account.

- e) The PCSC forwards the response to the complainer by SMS or phone call if SMS is not available. The SMS includes a link to the website where customer can view the head of the WWD' s response.
 - f) After viewing, a satisfaction survey window pops up so customer can express his/her satisfaction by rating.
 - g) The satisfaction rating is sent back to the head of the WWD to view and follow up in case it is not satisfactory.
- 2) Through social medial

When PR staff received customer complaints, they directly send it to the Head of CSS who will instruct the technicians to go to the site and fix the issue.

- 3) Through phone call

A 24h/7 service phone number must be available for customers to address their issues to CSS staff. When needed, CSS orders the technicians to go to the site. All complaints must record and report to head of CSS for analyzing and taking protective actions for future.

3.7 Monitoring of PPWMs

Monitoring the installed PPWM plays a significant role in time and cost management of the project and also in satisfaction level of customers and thus success of the project in terms of customer acceptance.

3.7.1 Use of LoRA and PPWM Database

The customer database of PPWM should be constantly checked for any abnormality in transactions and water consumptions database. This data inspection helps identify any problems or misuse of the service. In the database check, the staff looks for:

- a) Customer who has not charged the PPWM card for a while.
- b) Customer whom consumption or credit charge amount has suddenly dropped in last few months.
- c) Customer whom usage of water or amount of credit charge has increased suddenly in past months which could be sign of some leakage in water meter in which customer has not noticed.

Effective measures and actions are taken when any of the above is discovered. Penalty is in place for misuse cases.

	2. Transferred the ownership: Water meter installed in customer's property is owned by the Municipality
Term 17: Minimum tariff	1. The minimum tariff (17.36NIS) has been canceled for PPWM customers. 2. The Municipality is authorized to collect 6.2 NIS from the customer as the cost of the network maintenance and 1 NIS for water meter maintenance.
Term 19: Transfer subscription	The insurance fee for transfer subscription has been canceled

3.9 Penalty

Effective measures and actions/penalties are taken when any of the above is discovered.

All these penalties include in the new customer contract.

- Any illegal case is 5,000 NIS and estimated consumption during the illegal use
- If customer damage the meter: 3,000 NIS for minor parts or illegal use fine amount (5000 NIS+) for main part of meter
- Pipe connected before meter, playing with meter system: illegal use fine amount (5000 NIS + consumption)

3.10 PPWM and Customers of Low Income and Social Cases

With the increase in the number of the installed PPWMs in the Pilot Areas, there were complaints from families as for financial or physical disabilities to use PPWMs, especially in periods of political and social instability.

The social cases were categorized as following 7 types with the number of cases. Some of them were registered at the Ministry of Social Affair (MoSA) but mostly these cases were evaluated by PR and CSS staff of JM.

Table 3-4: Social Cases Adopted to PWM Customers

Category	The number of the cases	Solution
1. Old woman	9	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)
2. Low income	8	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)
3. Disabled	2	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)
4. Martyr's mother	2	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)
5. Martyr's family	1	JM council decided to exemption from their debts (Martyr's family requested to remove their debts)
6. Jenin Camp	1	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)
7. Prisoner's Family	1	WWD installed the PPWM as postpaid meter (Opened valve)

Remarks: Period between 28/08/2019 to 07/11/2020.

Jenin municipality (WWD) have taken different actions to treat some cases (individually) as follow:

- Open PPWM valve for some of these customers and record their bills on their cumulative debts.
- Stopped debts deduction temporarily.
- Some customers have a temporary situation in which they couldn't pay for water, so WWD opened the PPWM for these customers for this period only and record their consumption during this period on their debts.

JET and JM tried to find and set some countermeasures for low-income households after conducting case

study for low-income households and the ways of treatment in Palestine. In this case study, 8 water providers were visited by JICA Expert Team and Jenin municipality. The result of case study of the other water service providers is shown in the following table. The solution dealing with social cases are categorized as following 3 cases.

Table 3-5: Main Solutions for Social Cases

Solution	Contents
1. By fundraising	Municipalities or water providers create a donation fund for low-income households, and they request people who have good financial situations to donate for these customers.
2. Charge by debts	Municipality charge the card for social cases or low-income customers on PPWM software then record this charge on customer debts. They add it on the cumulative debt of customers until they find a way to cover this debt.
3. Technically by opening the valve temporarily	In this case, the municipality makes the meter as a postpaid meter by using technical features on PPWM software. This way is used for social cases and sometimes for some customers who cannot charge temporarily. This way is used in JM.

The other providers presented the following ideas to deal with social cases:

1. Technically by opening the valve and changing to postpaid meter temporarily
2. Fundraising by several ways
3. Make a list of the social case and establish a fundraising for them
4. Reduced percentage for debt deduction
5. Special tariff for the social cases
6. Limit the consumption
7. Cooperation with MoSA
8. MoSA should pay the water for the registered cases
9. Any solution for the social cases shall be approved by MoLG & MoSA
10. Establish rules without contradiction with the municipality policies

3.10.1 Recommended Actions

Recommendations to Jenin Municipality on how to deal with social cases are as follows.

- 1) Open PPWM valves temporarily
- 2) Deferral of payment
- 3) Fundraising
 - a. Referral to other agencies for financial support
 - b. Develop a voluntarily donation program collected through credits by other customers or other PPWM customers
 - c. Transfer of other existing donations funds to support the assistance
 - d. Help of NGOs and CBOs for assistance
 - e. Use of international donors
- 4) Cooperation of the city's private business owners for assistance in return of discounts in their water debt if any.
- 5) Provide subsidies by Municipality
- 6) Reduced percentage for debt deduction
- 7) Special tariff for the social cases
- 8) Limit the consumption

At the time of preparation of this Report, JM has not defined social cases and also has not decided on a system and process to dealing with such families.

3.11 Installation Risks

The major risks may include the followings:

- 1) Delay in PPWM delivery especially due to the Israel's custom
- 2) Political risks that may affect the operation delays
- 3) COVID lockdown

CHAPTER 4 Installation Plan

4.1 Current Status of Installed PPWMs in the City

Refer to Table 4 3: Detailed Activity for The Stages of The Installation Process

4.2 Projected Installation Plan for Entire City

The installation plan for the installation is as follows:

- 1- WWD tended to go with one multi-stage tender.
- 2- The installation stages will be according to the number of expected customers in the zones selected for the installation.
- 3- Priority of the installation areas will be first for new DMAs, then for other areas with good water supply and no readers.

4.2.1 Description of Implementation

The implementation will be on four stages, each stage will consist multi tasks for JM staff and contractor staff. JM role in these stages will be supervisory compared to the previous installation process; JM/ WWD staff will be supervisors of the contractor teams works. While the contractor will install and fill the forms that WWD will provide them with. While JM/ PR staff will start the installation process by conducting CDS works at the early stages, then followed by DtD at the end stages.

4.2.2 Points of Contact

Table 4-1: Contact List for the Installation of PPWM

Role	Name	Phone	Email
Project Owner	Jenin Municipality/ WWD	42502023	Jenin_munic@yahoo.com
Project Director	Nidal Abd Alfattah Obaidi	599740255	-
JM Mayor			
Project Manager (Acting)	Eng. Khairia Souqia	595069998	Khairia.souqia@gmail.com
Contractor	Not decided		
Supervisor/ Head of CSS	Khaled Abu Obaid	599290094	Khaled1981obeed@gmail.com
Field Supervisor	Eng. Maen Hendawi	597249393	Maenhendawi@gmail.com
	Eng. Fadi Nasharti	595196518	Fadi.nasharti@hotmail.com
CSS: Data Entry	Eng. Bara Abu Tabiekh	597319919	Barajamal78@gmail.com
CSS: PPWMs Management	Naseem Saaydeh	592172116	naseemsaaydh@gmail.com
	Shareef Zakarneh	592872987	water.20@yahoo.com
CSS: Customer Database Management	Omar Faza	598925588	Faza.omar@gmail.com
Software follow up / IT	Eng. Mahmoud Nassar	599270786	Mahmoud.nassar@outlook.com

JM/ PR	Basheer Matahen	599882233	Jenin_munic@yahoo.com
	Naser Ghazal	598928080	
	Mohammad Zo'bi	599970463	
Warehouse	Hisham Aqhash	599661607	-
	Abdullah Abu Alhaija	595020112	
Financial Dep.	Mohammad Ali	599436051	Mohammad_ali2020@hotmail.com
JM Council- Water Committee	Mohammed Saba'aneh	597808087	-
	Mahmoud Albaik	599525730	
	Mohammed Toqan	568345670	
	Shireen Omari	592900679	

4.2.3 Implementation Schedule

The following is the strategy that will be adopted and implemented during the installation process of the 4350 PPWMs. This strategy was applied in JM during the installation of PPWMs in the PAs. The main strategy for the PPWMs installation works is that the city will be divided into 4 areas.

The following table provide descriptions of the major implementation tasks.

Table 4-2: The Major Implementation Tasks for Installation Process of PPWM

Tasks	Responsible	Start	End	Days	comments	Attendance	Status
8/25/2021							
Set kick-off meeting	Eng. Khairia	25-Aug	25-Aug	1	Meeting with FT to set timeline for installation	Eng. Abd Al-Hadi, Eng. Khairia, Ameer Shafie (FT), Eng. Alaa	Complete
Agree on objectives	All Parties	26-Aug	26-Aug	1	Agree on the activities of FT teams, JM teams (PR and WWD)	Eng. Abd Al-Hadi, Eng. Khairia, Ameer Shafie (FT), Eng. Alaa	Complete
Initiation - 2022							
Installation areas	WWD	25-Apr-21	10-May-21	15	Determine the installation areas and targeted customers		Complete
Document Preparation	WWD	4-Sep	5-Sep	1	Forms		Complete
Delivery of 4,350 PPWM	FT	5-Sep-22	10-Sep-22	5			Complete
Customer Data Survey (CDS)	PR	4-Sep-22	20-Apr-23	228			In progress
Installation							
Training	WWD	25-Sep-22	1-Oct-22	6	Train the contractor's teams to fill the forms		Not started
Preparation of daily works	WWD and PR	25-Sep-22	25-Apr-23	212	will continue with the installation process		Not started
Site map preparation	CSS	25-Sep-22	25-Apr-23	212	will continue with the		Not Started

Tasks	Responsible	Start	End	Days	comments	Attendance	Status
					installation process		
DtD visits	PR	15-Sep-22	25-Apr-23	222	will continue with the installation process		Not started
1st Stage (installation of 1600 PPWM)	Contractor under the supervision of WWD	25-Sep-22	25-Nov-22	61			Not started
2nd Stage (installation of 850 PPWM)	Contractor under the supervision of WWD	27-Nov-22	30-Dec-22	33			Not started
3rd Stage (installation of 970 PPWM)	Contractor under the supervision of WWD	2-Jan-23	15-Feb-23	44			Not started
4th Stage (installation of 1170 PPWM)	Contractor under the supervision of WWD	19-Feb-23	12-Apr-23	52			Not started
Inspection of Installation and Sealing	WWD	26-Sep-22	25-Apr-23	211	Weekly		Not started
Operations							
PPWM Data Entry and Registration	CSS	25-Sep	25-Apr	212			Not started
Customer Data Management	CSS	25-Sep	13-Apr	212	Continue after the installation if need		Not started
Card Distribution	CSS	25-Sep	13-Apr	212	Continue after the installation if need		Not started
End Line							

The following table depicts the detailed activities for the installation zone:

Table 4-3: Detailed Activity for The Stages of The Installation Process

Stage		Current Status as of August 2022					
		Estimated Number of Customers	Installed PPWMs	Remaining Customers	CDS Status	DtD	
1	Stage 1	Ibrahemeen+School St. (est.)	250	84	166	Completed	Not Started
2		Almaniya (est.)	200	102	98	Completed	Not Started
3		Al-Basateen	465	111	354	Completed	Not Started
4		Industrial Area (est.)	250	29	221	Ongoing	Not Started
5		Al-Hadaf+Wadi Burkin (est.)	350	129	221	Not Started	Not Started
6		other areas within stage1 of installation	285	0	285	Not Started	Not Started
7		Al-Jinan	57	44	13	Completed	Completed

					(Rejecting)		
Total Number of Customers Stage 1					1857		
Total Number of PPWMs to be Installed Stage 1					1358		
1	Stage 2	Wadi Izz Al-Dien	500	0	500	Not Started	Not Started
2		Al-Swaitat and Al-Marah	350	0	350	Not Started	Not Started
Total Number of Customers Stage 2					850		
1	Stage 3	Nablus St.	485	0	485	Not Started	Not Started
2		Khalet Al-Soha	340	0	340	Not Started	Not Started
3		Al-Jabriyat	145	0	145	Not Started	Not Started
Total Number of Customers Stage 3					970		
1	Stage 4	City Center (Commercial Square)	670	0	670	Not Started	Not Started
2		Old City	500	0	500	Not Started	Not Started
Total Number of Customers Stage 4					1170		
Total Customers for Installation					4348		

The following figure provides the timeline for the major implementation tasks.

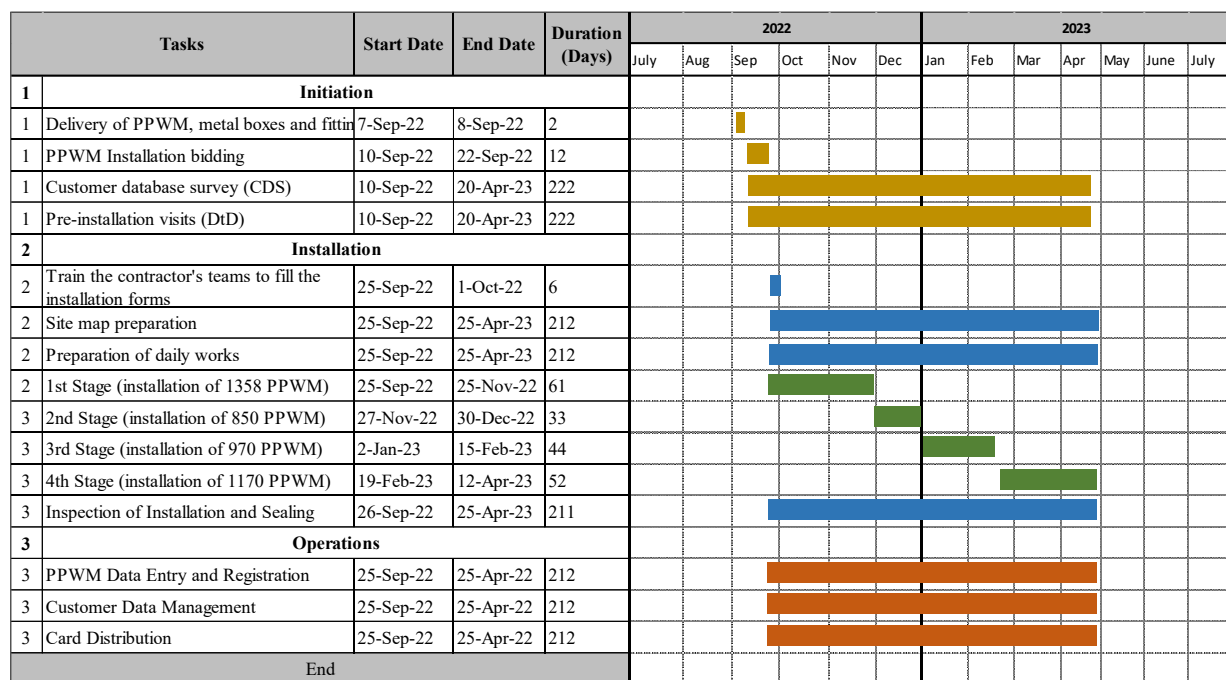
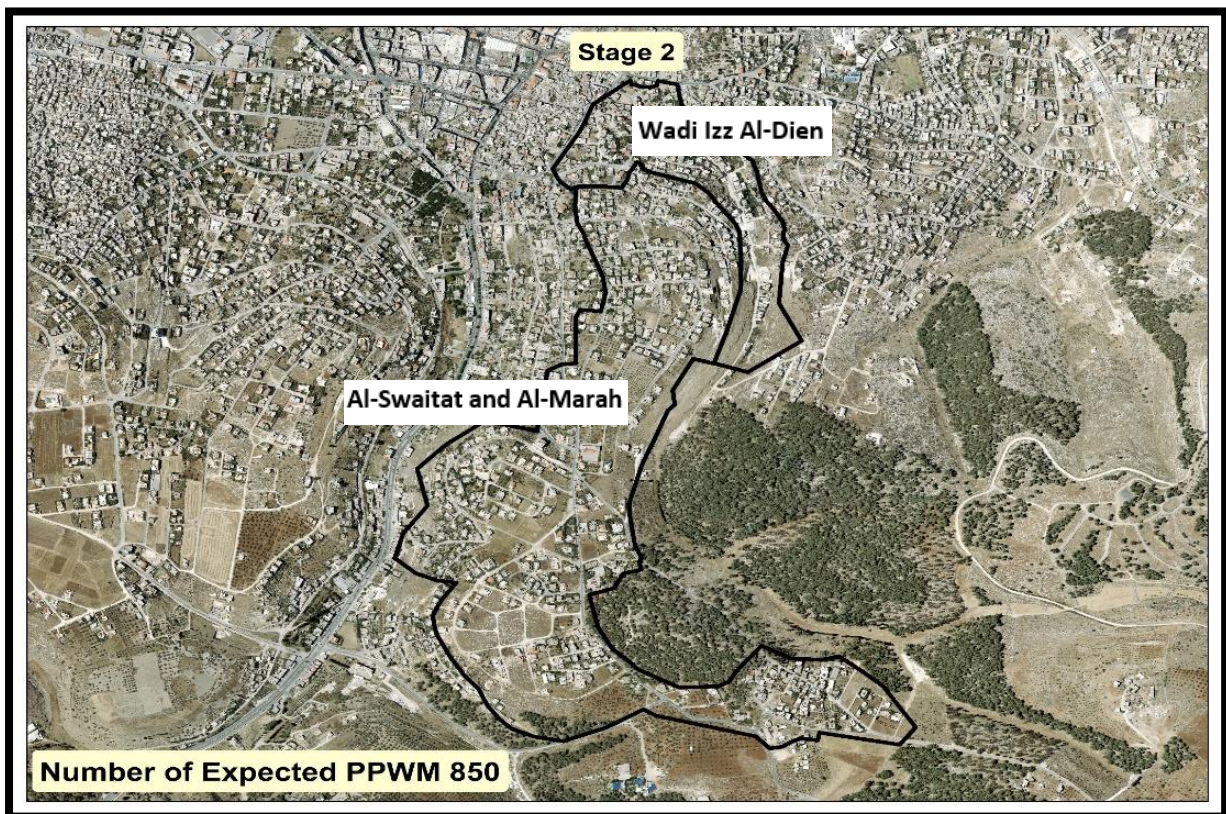
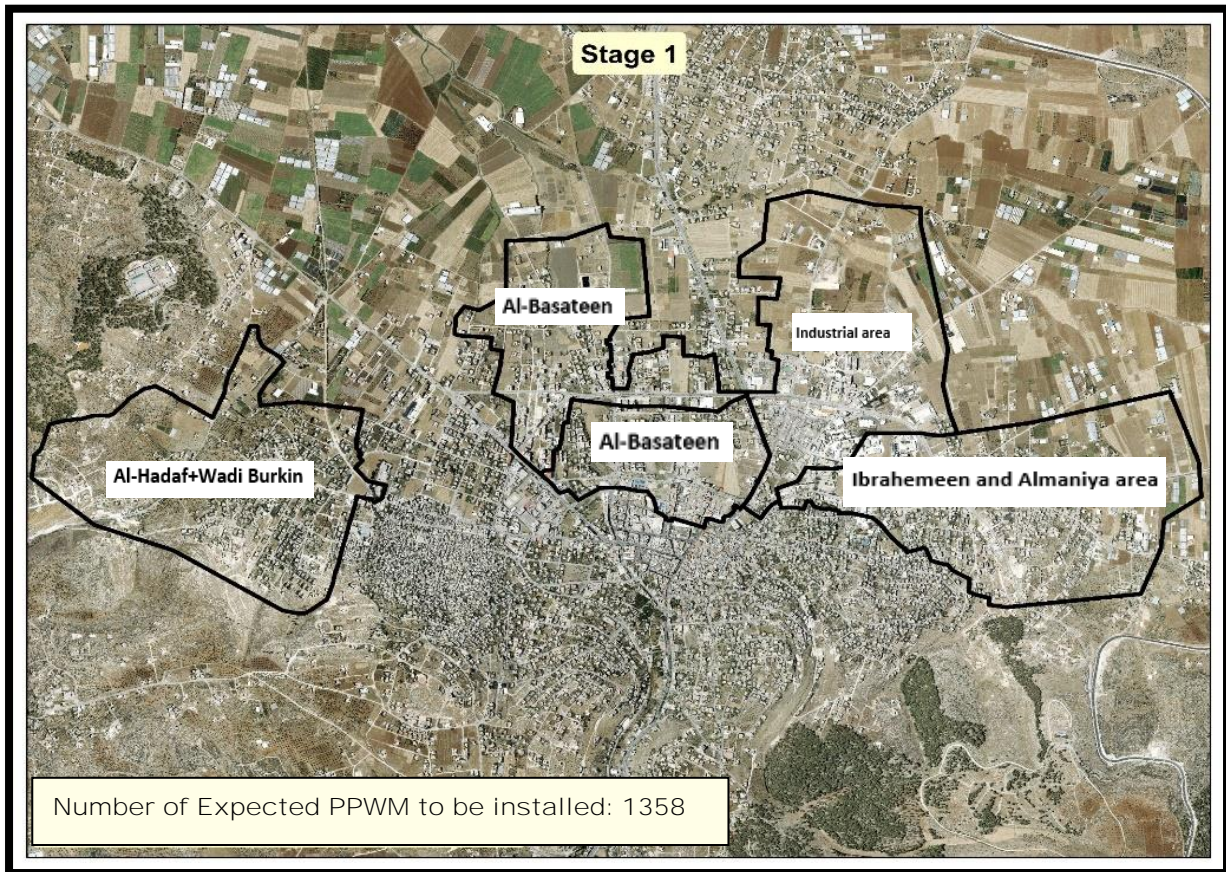


Figure 4-1: Timeline Diagram for The Installation Plan of PPWMs



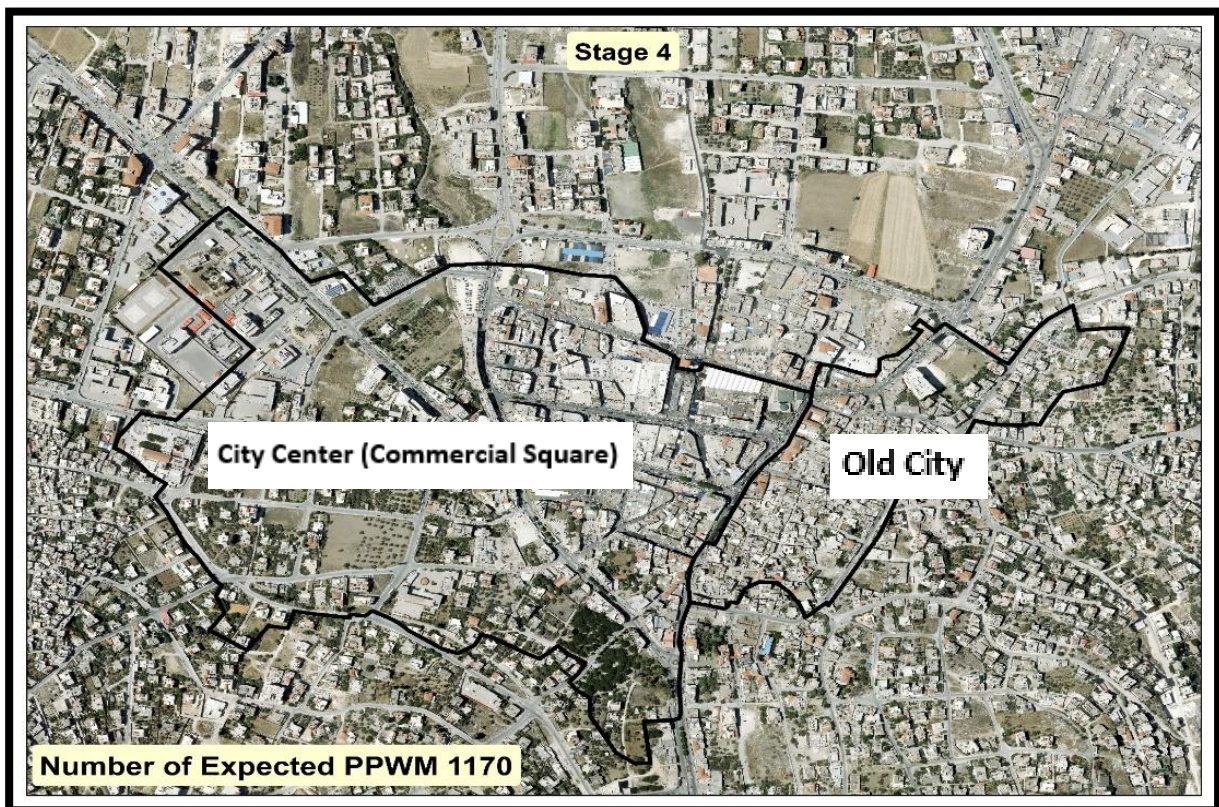
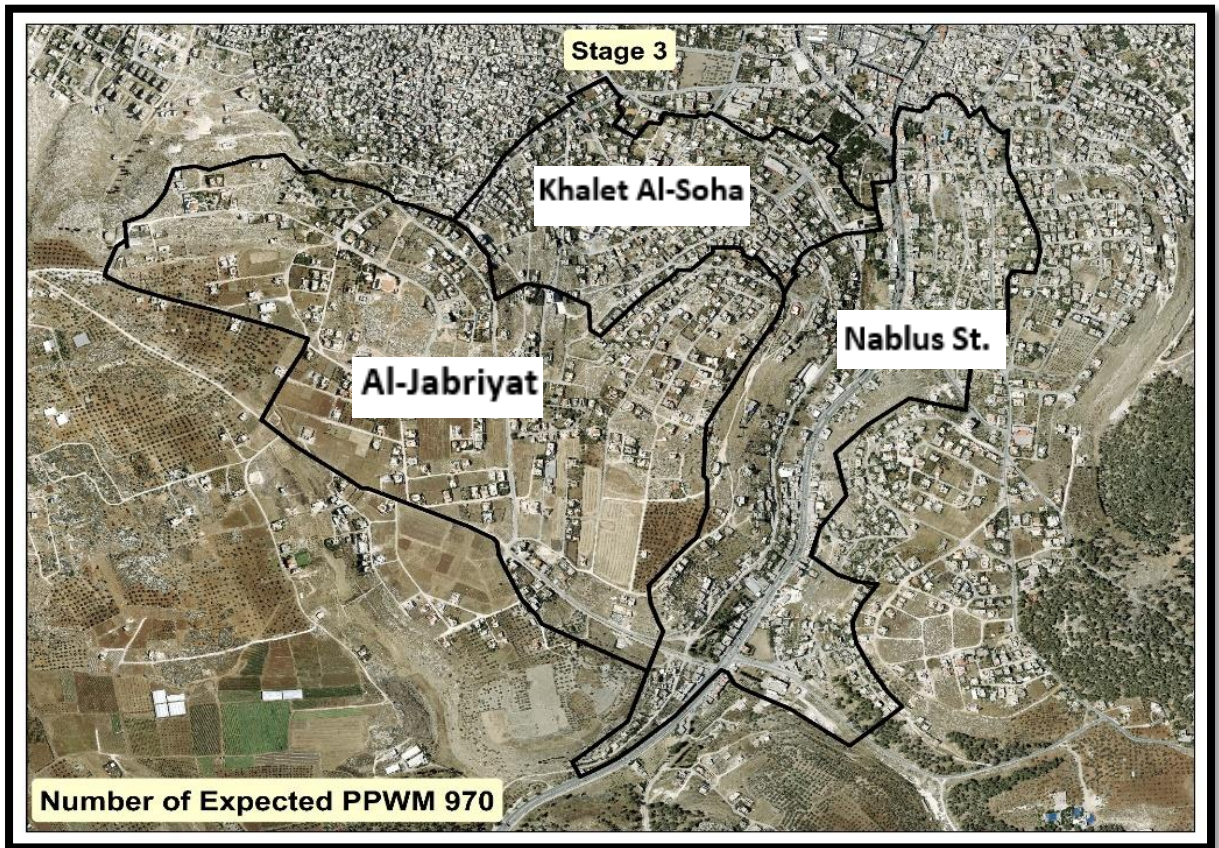


Figure 4-2: Installation of PPWMs with The Expected Number of PPWMs in each Stage

Table 4-4: Installation Teams Breakdown

Team/Names			Remark
Coordination with contractor			
Head Supervisor	Member	<u>Supervisor Engineer</u>	Contractor
Proposed Teams			
Team 1	Member	<u>Foreman</u>	
	Member	<u>Water Technician</u>	
	Member	<u>Technician Assistant</u>	
Team 2	Member	<u>Foreman</u>	
	Member	<u>Water Technician</u>	
	Member	<u>Technician Assistant</u>	
Team 3	Member	<u>Foreman</u>	
	Member	<u>Water Technician</u>	
	Member	<u>Technician Assistant</u>	
CDS team			
Team 1	Member	<u>Nasir Ghazal</u>	PR/ JM
	Member	O	Assistant
Team 2	Member	<u>Mohammad Zo'bi</u>	PR/ JM
	Member	O	Assistant
DtD/PR team			
Team1	Member	<u>Nasir Ghazal</u>	PR/ JM
	Member	O	Assistant
Team 2	Member	<u>Mohammad Zo'bi</u>	PR/ JM
	Member	O	Assistant
GIS team			
WWD	Member	Eng. Bara Abu Tabiekh	CSS/WWD/JM
PPWM cards/registration, etc			
WWD	Member	Mr. Naseem Saaydeh	CSS/WWD/JM
	Member	Mr. Sharif Alafif	CSS/WWD/JM
PPWM monitoring team			
WWD	Member	Eng. Maen Hindawi	WS/WWD/JM
	Member	Eng. Fadi Nasharti	WS/WWD/JM
PPWM Fittings Monitoring			
WWD	Member	Mr.Abdullah Abu Al-Hija	Warehouse/WWD/JM
	Member	Mr.Hisham Aqhash	
Top Supervisor			
WWD	Member	Eng. Khiria Souqia	WWD/JM

Table 4-5: Productivity of Taskforce

Role	Avg Expected Installed Per Day	# Of Working Days Per Month	Avg/ Installed/ Month
Contractor			
Team 1	15	20	300
Team 2	15	20	300
Team 3	0	0	0
Total			600
PR (CDS+ DtD)			
Team 1	15	20	300
Team 2	15	20	300
Total			600
GIS			
Team 1	30	20	600
Card Registration			
Team 1	30	20	600
Fittings Monitoring			
Team 1	Al-Shamel Monitoring		

4.3 Installation by Municipality Staff: Small Scale (New Customers and Selected Customers)

4.3.1 CDS and PR Activity

PR section is working only for existing customers now and the required explanation of PPWM is done by CSS when customer come to receive their card PPWM as you see in the last step in the workflow.

4.3.2 Workflow

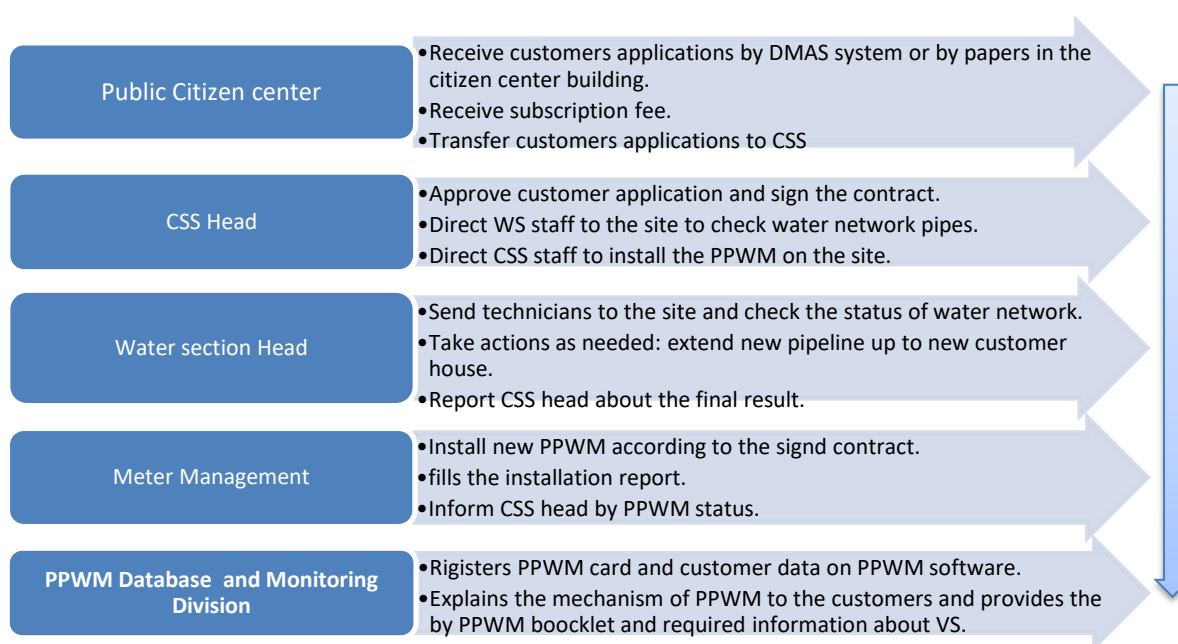


Figure 4-3: General Work Flow Diagram for The Installation Plan of PPWMs

4.3.2.1 Customer Database Survey (CDS)

PR staff in cooperation with WS, conduct a field survey to obtain all customers information before PPWM installation which includes:

- a) Building owner's name,
- b) Building code number,
- c) Number of households and family,
- d) Registration status in customer database,
- e) Water meter number, route of house connection, Utilized pipe material and diameter,
- f) XY coordinates of the water meter location and branched points XY,
- g) Usage of private network,
- h) Number and volume of water tanks,
- i) Building photo.

4.3.2.2 Pre-installation DtD visit before installation: at the time of DtD visits, the team ensured that every customer understands the followings:

- a) benefits of PPWM for customers and for the city and the municipality
- b) Reason of selection of the PP Ultrasonic PPWM by JM and the benefits such as not elimination of counting air which was an issue with existing meters.
- c) PPWM installation plan in terms of the days and time of installation in their neighborhood
- d) How their PPWM works, how to use the PPWM, where to charge their PPWM cards and how to pay, complaint system, etc. The same information was also provided in format of a 12-page booklet with Q/As, maps, vending station location, manual of how to use the PPWM with step-by step photos, etc.

In addition, a PR staff should be included on the installation day to talk to customers and get permission to enter. Sometimes, customers change their minds by the installation day. Presence of a PR staff would help to get consensus again and avoid any conflicts for PPWM installation.

4.3.3 Workflow of PPWM installation by contractor

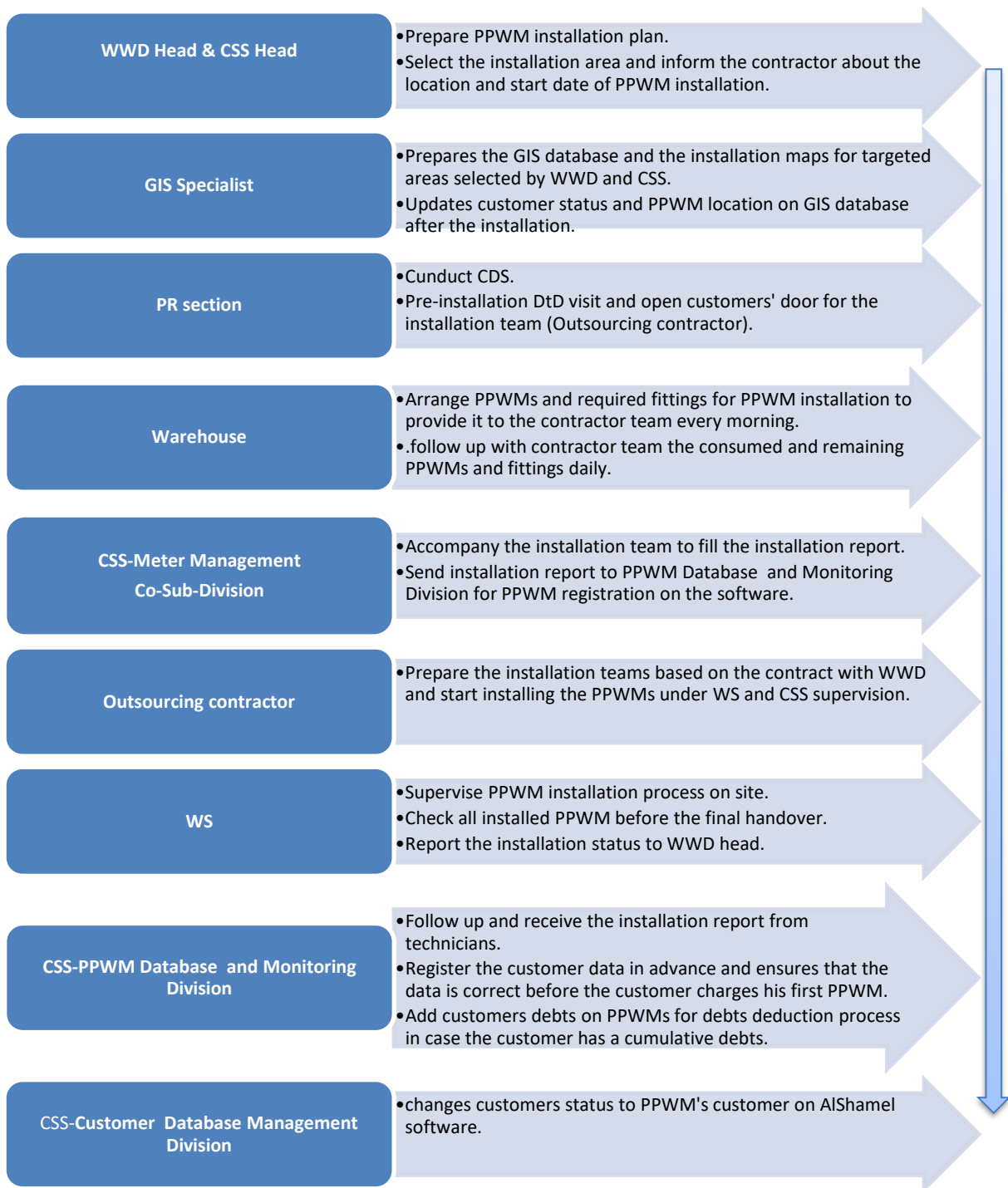


Figure 4-4: Work Flow Diagram PPWM installation by contractor

CHAPTER 5 Operation and Management

5.1 Workflows of Major Activities

5.1.1 Workflow of Random Check of Installed PPWMs

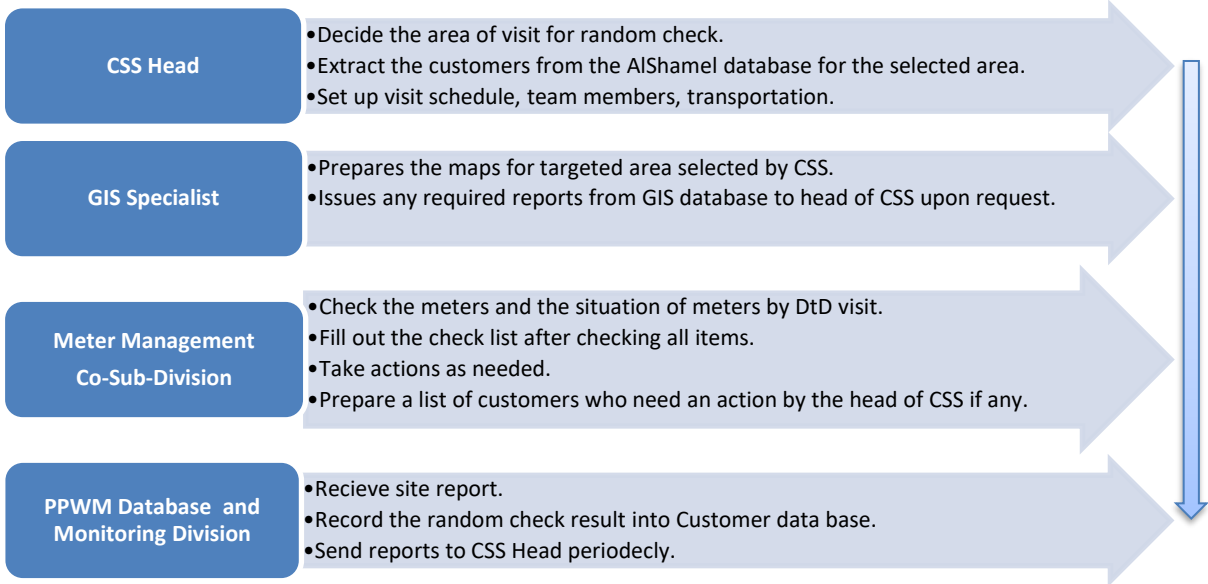


Figure 5-1: Work Flow of Random Check of Installed PPWMs

5.1.2 Workflow of Examination of PPWMs with Zero-consumption

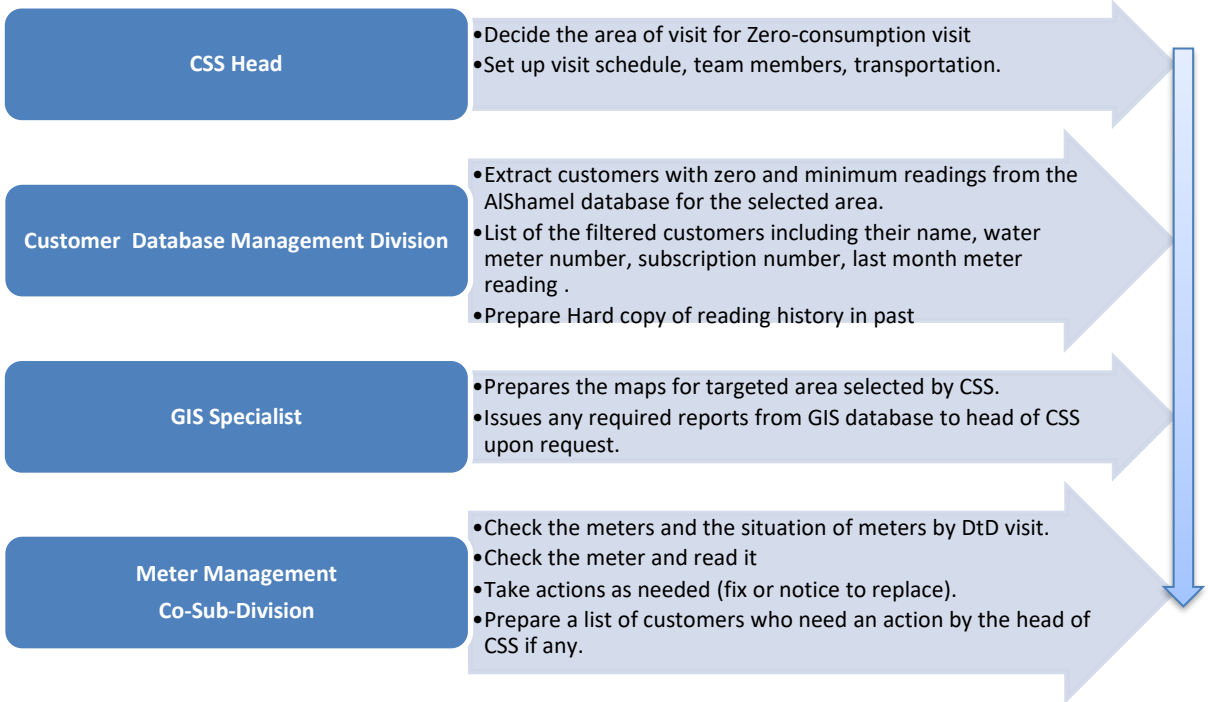


Figure 5-2: Work Flow of Examination of PPWMs with Zero-Consumption

5.1.3 Workflow of PPWM Customer Complaints

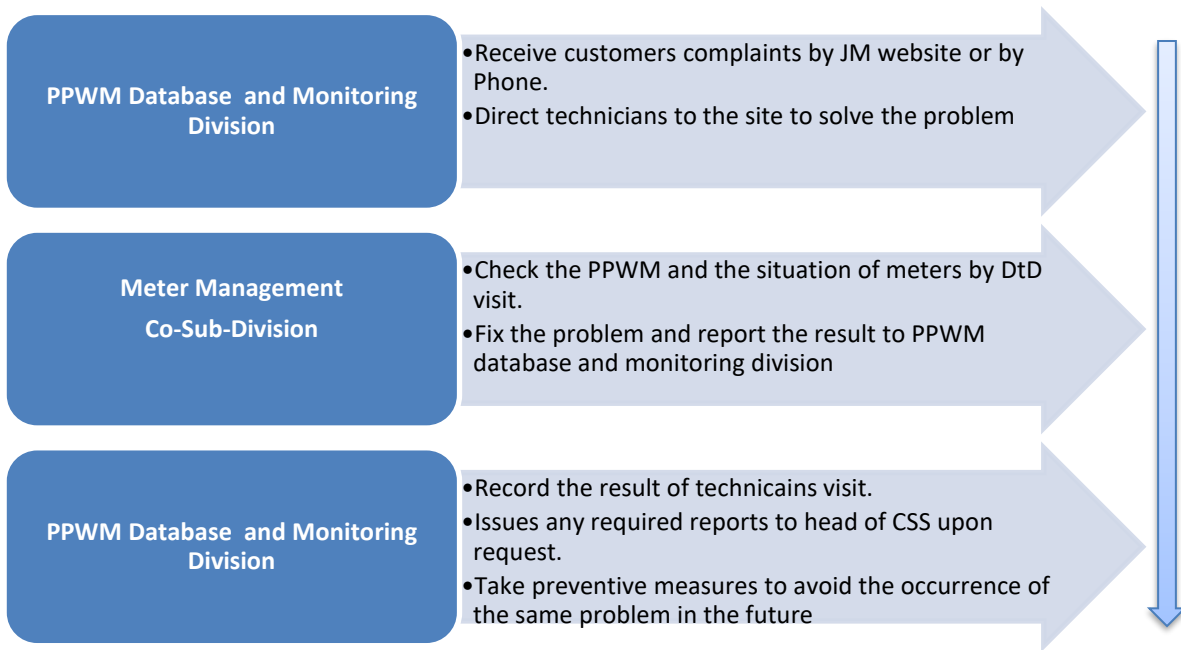


Figure 5-3: Work Flow of PPWM Customer Complaints

5.1.4 Workflow of Illegal Connections

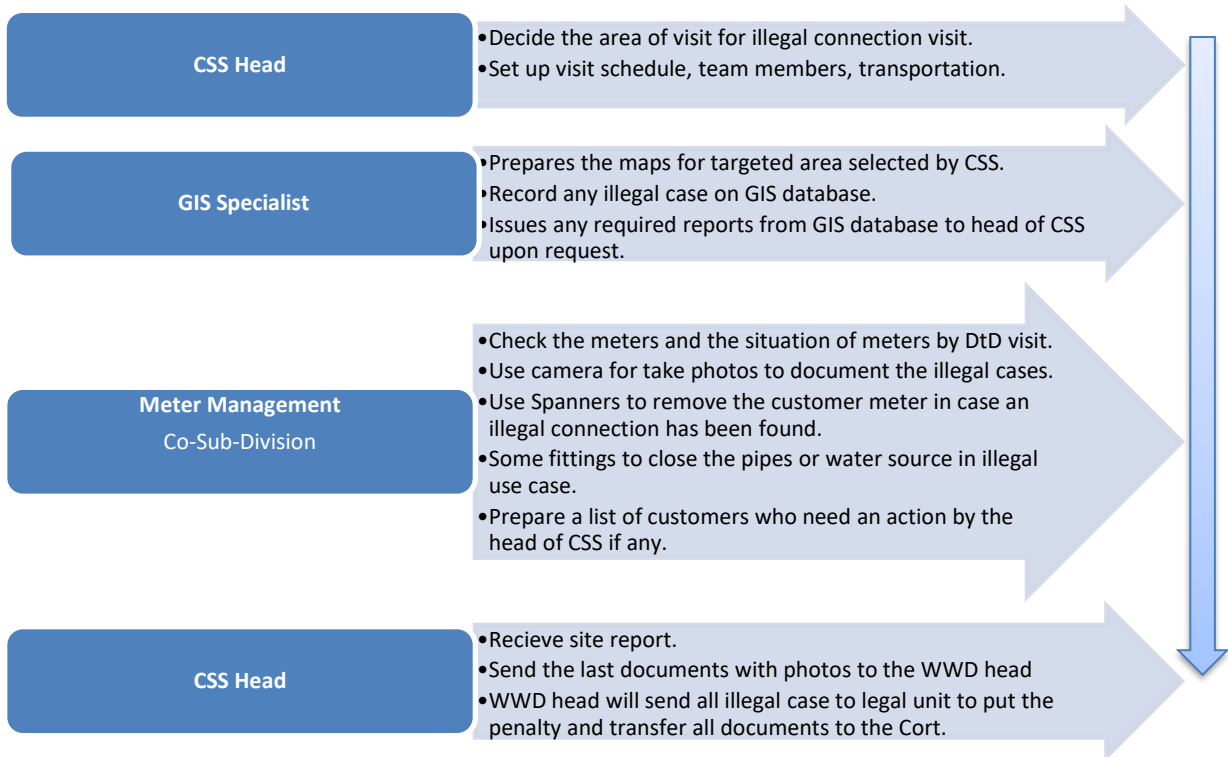


Figure 5-4: Work Flow of Illegal Connections

5.1.5 Workflow of PPWM Repair

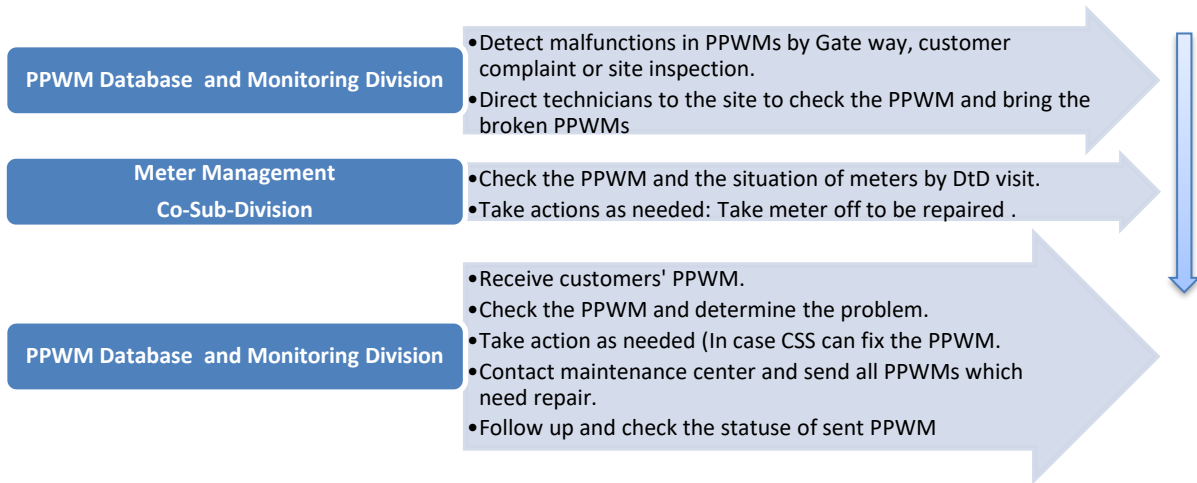


Figure 5-5: Work Flow of PPWM Repair

5.1.6 Workflow of Rejection Cases

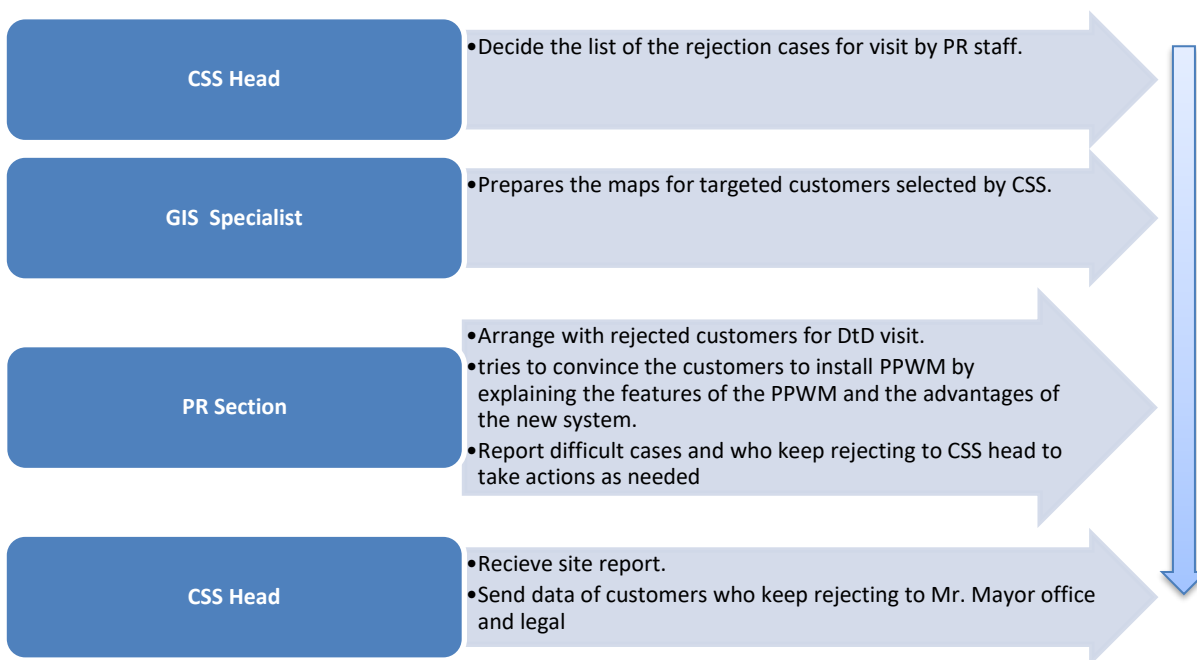


Figure 5-6: Work Flow of Rejection Cases

5.1.7 Workflow of Social Cases

There is no specific procedure to deal with these cases. It is currently don case basis.

5.1.8 Workflow of Monitoring Collection Ratio

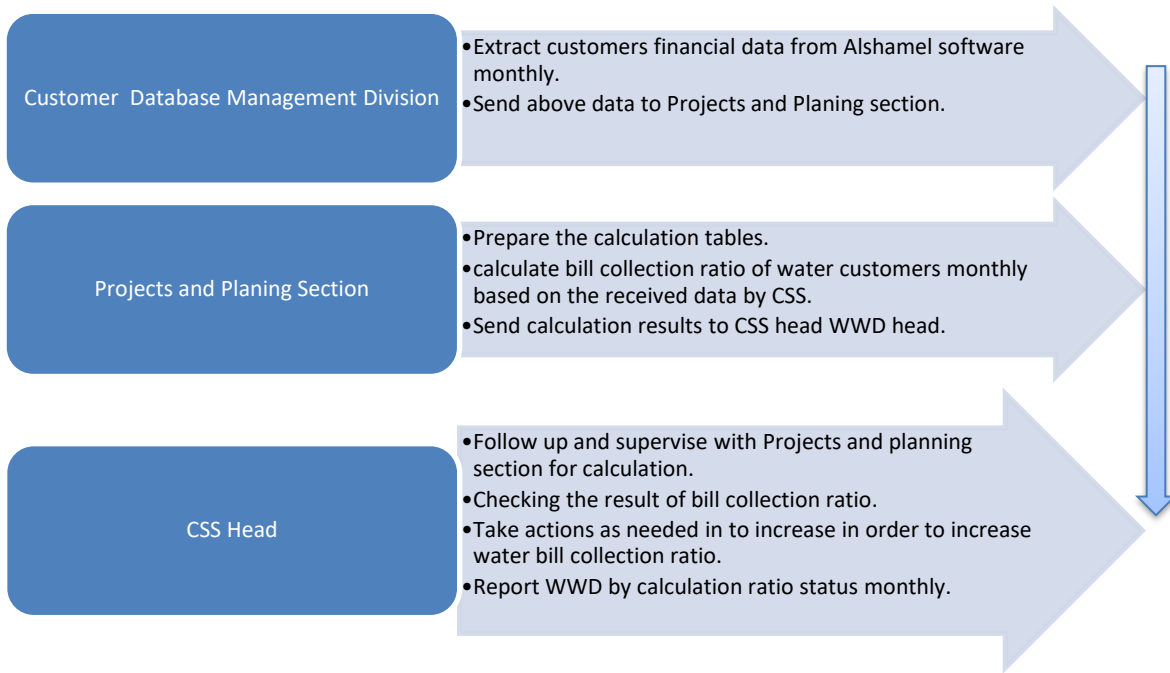


Figure 5-7: Work Flow of Monitoring Collection Ratio

5.1.9 Workflow of Customer Satisfaction

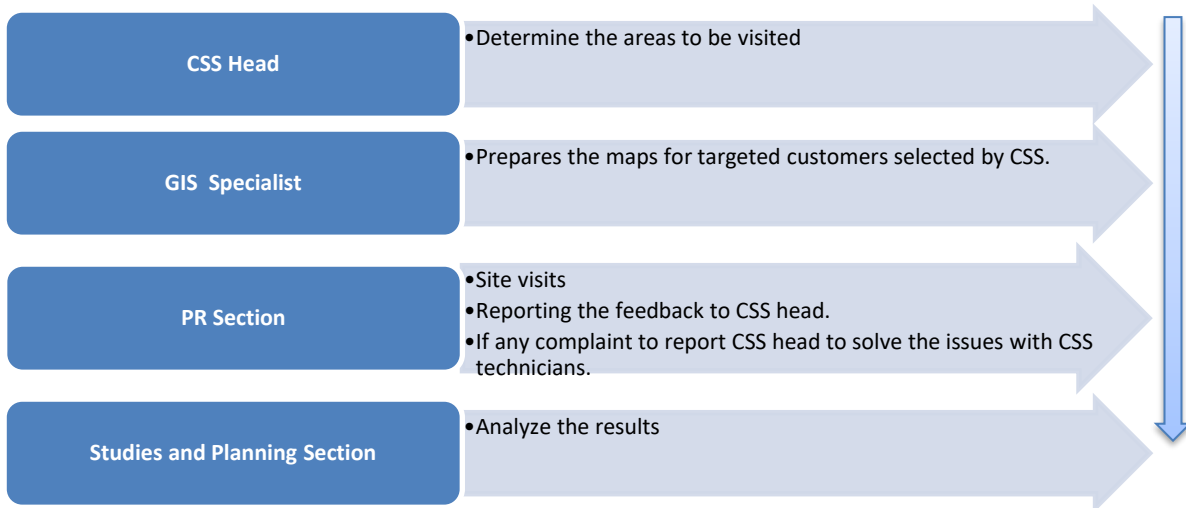


Figure 5-8: Work Flow of Customer Satisfaction

5.1.10 Workflow of PPWM Maintenance

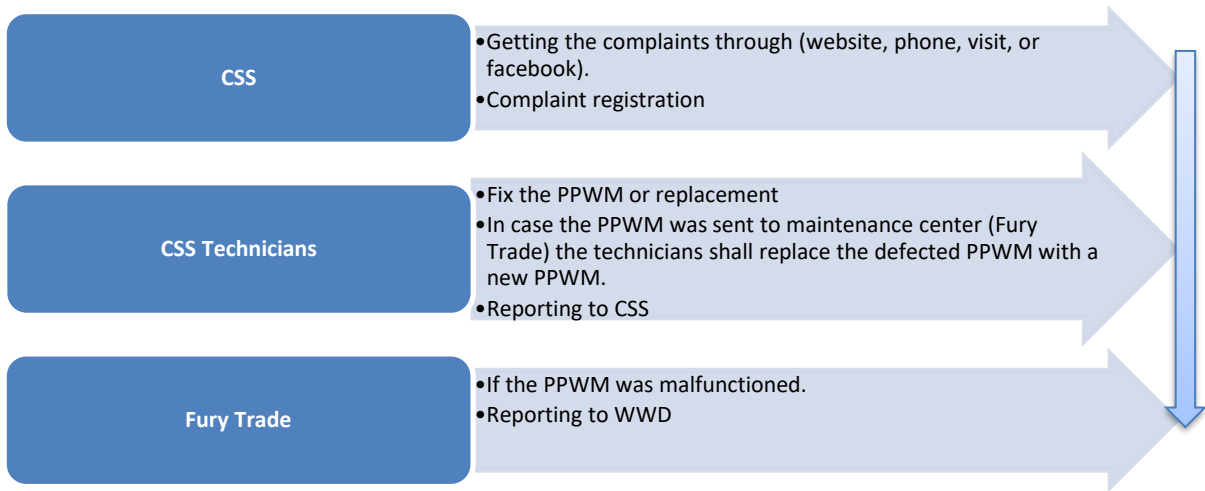


Figure 5-9: Work Flow of PPWM Maintenance

5.1.11 Workflow of Updating PPWM Inventory

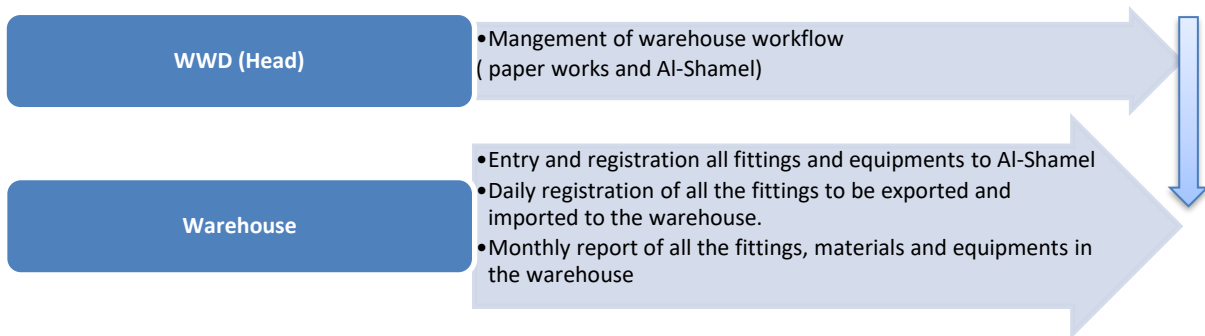


Figure 5-10: Work Flow of Updating PPWM Inventory

5.1.12 Workflow of Team Meetings (weekly)

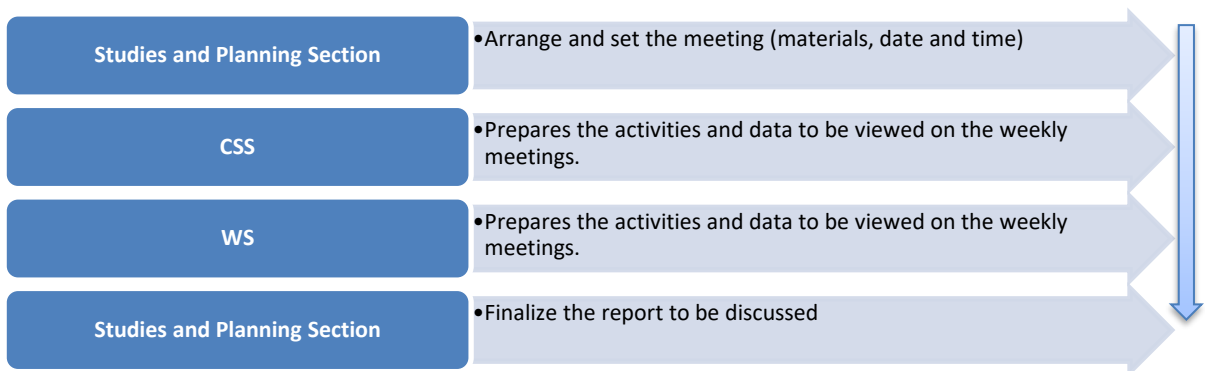


Figure 5-11: Work Flow of Team Meetings

CHAPTER 6 Challenges to Be Considered

6.1 Organizations

The issue of organizational structure and lack of staff is an obstacle for the installation of PPWM. This issue has been covered by recruiting new staff from Engineers Association in order to distribute the duties of the installation and the current staff will not face any problems with continuity of their responsibilities. Besides, the municipality requested that the installation is outsourced to cover the lack of staff issue.

6.2 Maintenance of PPWM

To describe the current situation of 3200 installed PPWM; CSS is the most related section to the maintenance and after interviewing the person in charge of maintenance, the following issues were highlighted:

- Availability of staff to interact with the maintenance complaint directly.
- Improving response time for the maintenance complaints.
- Improving maintenance quality from maintenance center (FT).
- Build the capacity of the current staff to overcome the maintenance issues. Furthermore, to adopt the idea of implementing a small maintenance center in WWD.

6.3 Implement Improvement Measure of Water Supply Condition

Firstly, the water supply conditions in Jenin city are described with two terms: shortage of water and low-pressure network in some areas. These issues could be handled by improving the current network (rehabilitation and maintenance of network), reducing NRW ratio, and increasing the customer share of water by contracting with new sources.

6.4 Reporting

The reporting and meetings in WWD has been improved due to capacity building in the project of “Strengthening the Capacity of Water Service Management in Jenin Municipality” compared with the base time. The staff of WWD is able to create reports to reflect all the activities conducted in the department. The monthly report is created and established by Planning and Studies Section in WWD, besides arranging weekly meetings to review the activities by each section of the department.

The documentation of all activities in WWD could be classified for a scale 1-5 as 4.5. Any employee could review any document or any activity by going to the data base of the department and find it easily.

6.5 Customer satisfaction measures: survey, post installation, social media

6.5.1 Survey

The challenge that has occurred was the availability of PR staff in WWD: It is preferable to recruit a new staff for PR activities in WWD (one person).

6.5.2 Post Installation

- Reducing the response time of CSS toward the complaints of customers.

6.5.3 Social Media

- Design of published posts
- Training courses for the PR staff on design software (Adobe Photoshop)
- Lack of equipment (high quality camera and PCs)

CHAPTER 7 Forecast of Revenues

7.1 Estimated Revenues for PPWMs

The revenues (including debt collection) of the installed PPWMs are calculated based on the trends of the revenues of Dec 2019 to July 2021. Since there was no installation due to the delays in the PPWMs by the Israel customs during July 2021 to September 2022, these dates were excluded for the above trend to avoid a break in the trend. The estimated revenue from October 2022 is based on the trend. The rate of installation time schedule from contractor were into consideration for the forecast till the end of the 4,350 PPWMs by April 2023. After April 2023, the installations would be only for the new customers – which is counted as average 40 new PPWMs customer per month. The following tables present the forecasting of the revenues after 3 years of installation.

Table 7-1 Revenues from PPWMs from Dec 2019 to July 2021 (including debt collation)

Month	Total Installed	No. of Installed	Charge per month	Total paid
Dec-19	793		447	56,127.00
Jan-20	1301	508	663	73,086.00
Feb-20	1743	442	992	106,195.00
Mar-20	1824	81	1159	141,808.00
Apr-20	1863	39	1072	124,572.00
May-20	1902	39	1149	143,030.00
Jun-20	2011	109	1234	152,315.00
Jul-20	2171	160	1377	180,766.00
Aug-20	2371	200	1386	174,593.00
Sep-20	2613	242	1660	212,527.00
Oct-20	2728	115	1633	203,205.20
Nov-20	2822	94	1581	179,061.00
Dec-20	2911	89	1643	196,930.50
Jan-21	3075	164	1631	180,056.50
Feb-21	3139	64	1660	179,660.00
Mar-21	3160	21	1795	210,551.00
Apr-21	3189	29	1919	220,585.62
May-21	3189	0	1916	254,961.00
Jun-21	3189	0	1906	254,927.00
Jul-21	3201	12	1892	261,974.80
Total				3,506,931.62

Table 7-2: Forecasted Revenue of PPWMs for Years 2022-2025

Month	Installed PPWM	Avg. Install/ Month	Total Customers Without Camp	Remaining	Charges Per Month ¹	Total paid
22-Oct	3813	640 ²	8100	4287	1892	272,808.22
22-Nov	4453	640	8140	3687	2576	318,901.30
22-Dec	5093	640	8180	3087	2943	364,994.37
Total						956,703.89
23-Jan	5733	640	8220	2487	3309	411,087.44
23-Feb	6373	640	8260	1887	3675	457,180.52
23-Mar	7013	640	8300	1287	4041	503,273.59
23-Apr	7653	640	8340	687	4408	549,366.66
23-May	8293	40 ³	8380	87	4774	595,459.74
23-Jun	8333	40	8420	87	4797	598,340.55
23-Jul	8373	40	8460	87	4820	601,221.37
23-Aug	8413	40	8500	87	4843	604,102.19
23-Sep	8453	40	8540	87	4865	606,983.00
23-Oct	8493	40	8580	87	4888	609,863.82
23-Nov	8533	40	8620	87	4911	612,744.64
23-Dec	8573	40	8660	87	4934	615,625.45
Total						6,765,248.97
24-Jan	8613	40	8700	87	4957	618,506.27
24-Feb	8653	40	8740	87	4980	621,387.09
24-Mar	8693	40	8780	87	5003	624,267.91
24-Apr	8733	40	8820	87	5026	627,148.72
24-May	8773	40	8860	87	5049	630,029.54
24-Jun	8813	40	8900	87	5071	632,910.36
24-Jul	8853	40	8940	87	5094	635,791.17
24-Aug	8893	40	8980	87	5117	638,671.99
24-Sep	8933	40	9020	87	5140	641,552.81
24-Oct	8973	40	9060	87	5163	644,433.63
24-Nov	9013	40	9100	87	5186	647,314.44
24-Dec	9053	40	9140	87	5209	650,195.26
Total						7,612,209.19
25-Jan	9093	40	9180	87	5232	653,076.08
25-Feb	9133	40	9220	87	5255	655,956.89
25-Mar	9173	40	9260	87	5277	658,837.71
25-Apr	9213	40	9300	87	5300	661,718.53
25-May	9253	40	9340	87	5323	664,599.34
25-Jun	9293	40	9380	87	5346	667,480.16
25-Jul	9333	40	9420	87	5369	670,360.98
25-Aug	9373	40	9460	87	5392	673,241.80
25-Sep	9413	40	9500	87	5415	676,122.61
25-Oct	9453	40	9540	87	5438	679,003.43
25-Nov	9493	40	9580	87	5461	681,884.25
25-Dec	9533	40	9620	87	5483	684,765.06
Total						8,027,046.84

¹ Charges Per Month: Number of charged cards monthly.

² 640 PPWM: 600 installed by contractor and 40 PPWM installed by CSS technicians as new customers.

³ Expected average new customers per month to be installed by CSS technicians.

7.2 Estimated Revenues for Mechanical Water Meters

The collection ratio from the mechanical water meters as shown in the following table. Debt collection may increase as the debt collection campaign is strengthened and will have impact on the forecasted revenue from July 2022 as shown in the table.

Table 7-3: Forecasted Revenues Summary Table for Mechanical Meters

Month	Regular	Installed PPWM	Total Customers including camp	Bill Regular	Paid with debt	Paid w/o debts	Debt only
Feb-20	6228	1743	9471	775,535	322,352	212,571	109,781
Mar-20	6045	1824	9369	588,740	164,724	116,190	48,534
Apr-20	5946	1863	9309	540,289	39,205	37,184	2,021
May-20	5953	1902	9355	538,032	77,219	63,908	13,311
Jun-20	5679	2011	9190	695,426	369,940	206,628	163,312
Jul-20	5568	2171	9239	537,219	215,738	130,421	85,317
Aug-20	5542	2371	9413	594,689	265,708	163,420	102,288
Sep-20	5378	2613	9491	549,605	221,351	143,622	77,729
Oct-20	5217	2728	9445	549,091	203,421	139,112	64,309
Nov-20	5152	2822	9474	533,125	177,692	115,025	62,667
Dec-20	5068	2911	9479	499,355	195,659	90,427	105,232
Jan-21	4976	3075	9551	560,843	279,479	82,323	197,156
Feb-21	4939	3139	9578	476,526	218,245	119,364	98,881
Mar-21	4863	3160	9523	451,079	159,154	106,982	52,171
Apr-21	4836	3189	9525	460,989	165,295	118,560	46,735
May-21	4843	3189	9532	606,496	182,252	112,031	70,221
Jun-21	4843	3189	9532	975,690	282,423	199,127	83,296
Jul-21	4831	3201	9532	595,256	207,102	151,678	55,425
Aug-21	4840	3201	9541	554,098	227,841	151,759	76,082
Sep-21	4842	3201	9543	547,251	278,434	184,230	94,204
Oct-21	4837	3201	9538	541,956	273,192	197,340	75,852
Nov-21	4843	3201	9544	471,981	227,122	156,354	70,767
Dec-21	4851	3201	9552	462,985	222,176	130,440	91,736
Jan-22	4899	3201	9600	509,049	255,678	108,761	146,917
Feb-22	5018	3173	9691	488,769	215,857	141,653	74,205
Mar-22	5022	3173	9695	477,013	230,234	162,259	67,975
Apr-22	4952	3173	9625	508,706	154,808	108,109	46,699
May-22	4970	3173	9643	601,179	271,830	190,056	81,774
Jun-22	5017	3173	9690	546,948	205,925	126,148	79,777
Jul-22	5007	3173	9680	536,891	180,428	148,601	31,827
Aug-22	5007	3173	9680	557,289	212,648	133,369	79,278
Sep-22	5007	3173	9680	506,039	197,584	122,502	75,082
Oct-22	4287	3813	9740	416,329	171,216	103,479	67,737
Nov-22	3687	4453	9780	341,570	149,243	87,626	61,617
Dec-22	3087	5093	9820	266,812	127,270	71,774	55,496
Jan-23	2487	5733	9860	192,053	105,297	55,921	49,376
Feb-23	1887	6373	9900	117,295	83,323	40,068	43,255
Mar-23	1287	7013	9940	42,536	61,350	24,216	37,134
Apr-23	687	7653	9980	32,222	39,377	8,363	31,014
May-23	87	8293	10020				-

After installation of the 4,350 PPWMs, the remaining customers that still have a mechanical water meter are 2,187 customers (including camp).

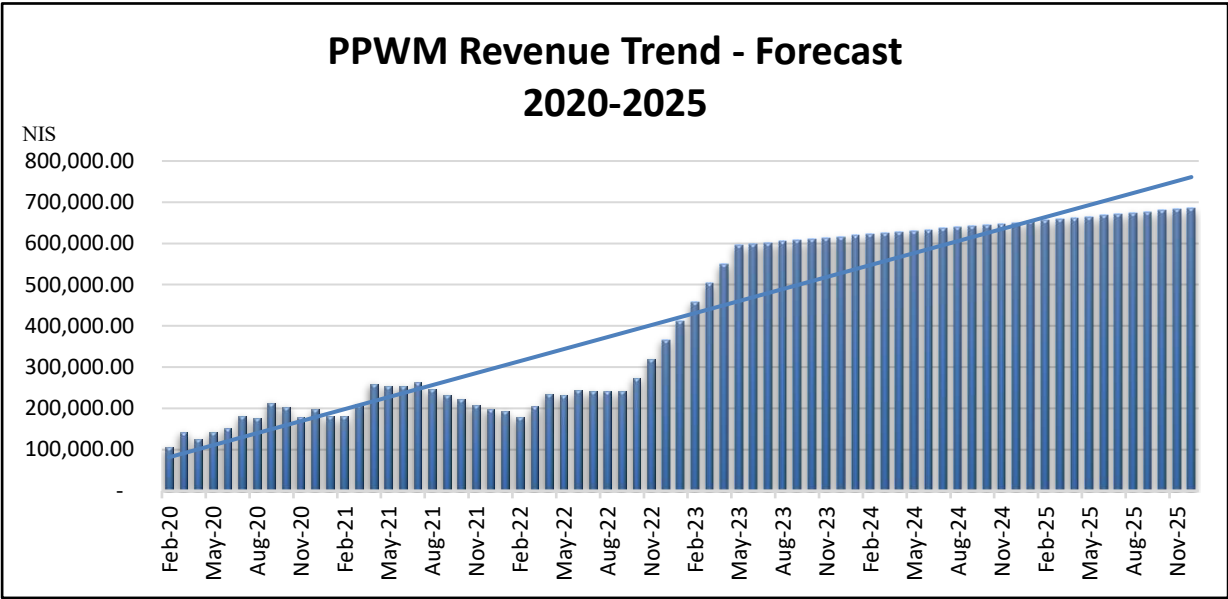


Figure 7-1: Revenue Increasing Trend with Debts by Month for PPWM

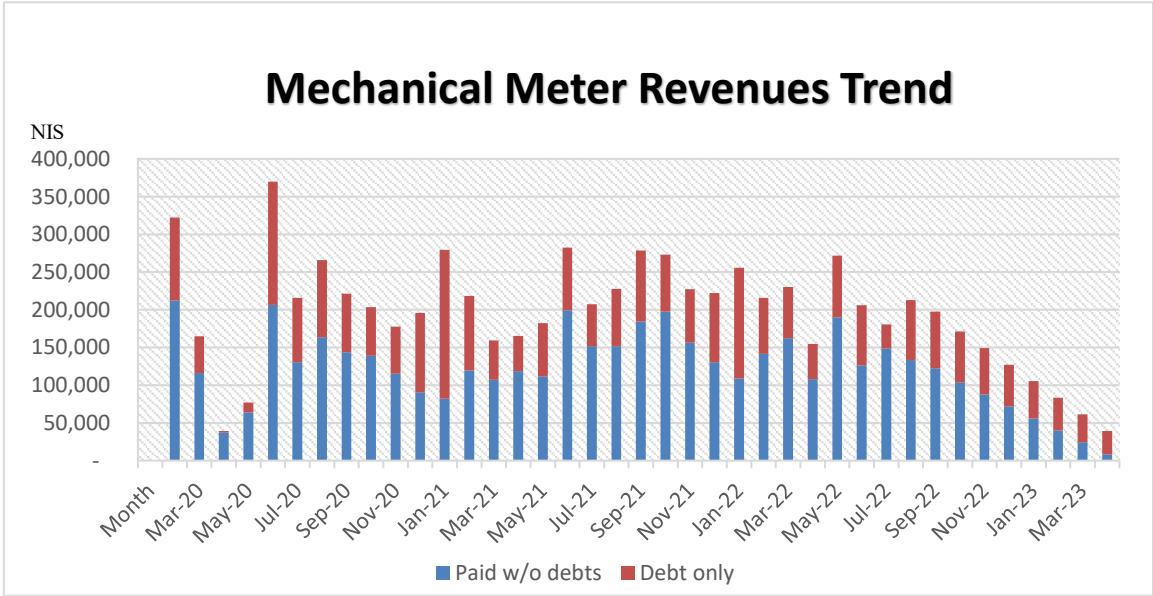


Figure 7-2: Revenue Decreasing Trend with Debts by Month for Mechanical Meters

別冊資料 2.3

PPWM ケーススタディ

パレスチナ自治区
パレスチナ水利庁
ジェニン市役所

PPWM ケーススタディ

第 1 部：サブサハラアフリカにおける PPWM
ケーススタディ

第 2 部：PPWM 導入に当たっての留意事項
(執務参考資料)

2022 年 6 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 TEC インターナショナル
株式会社パデコ

第1部：サブサハラアフリカにおける PPWM ケーススタディ

目次

1. はじめに.....	1
2. 水道事業体の PPWM 実績の概要	2
2.1. PPWM 導入前の問題と導入目的	2
2.2. 意思決定プロセスと資金調達.....	3
2.3. PPWM 実施	3
2.4. PPWM での課金（クレジット販売）	4
2.5. 給水を必要とする顧客に有利なシステムとしての PPWM.....	5
2.6. パブリックコンセンサス、使用意思および啓発	6
2.7. 規定.....	7
2.8. 違法ケースと苦情.....	7
2.9. 維持管理.....	9
2.10. 導入後のインパクト	9
2.11. 維持管理の問題.....	10
2.12. PPWM の問題と課題	11
2.13. 教訓.....	12
2.14. 推奨事項.....	13
2.15. 水道事業体 PPWM の実績から得られた主要な知見.....	14
3. PPWM 利用者の対面調査結果の概要	15
3.1. ウガンダ国カンパラでのケーススタディ	15
3.1.1. 回答者の特徴.....	15
3.1.2. コミュニティの啓発と PPWM の導入.....	15
3.1.3. PPWM の使用	15
3.1.4. スタンドパイプ管理員（世話役）への手数料の支払い	15
3.1.5. PPWM の機能性	16
3.1.6. クレジットベンダー（販売員／販売場所）へのアクセス	17
3.1.7. 緊急オプション	17
3.1.8. 使用者の満足度と推奨.....	17
3.1.9. 主な課題と問題.....	17
3.1.10. コミュニケーションの方法.....	17
3.1.11. 改善のための提案.....	18
3.1.12. 水道事業体のサービスに対する満足度	18
3.2. ザンビア国ルサカでのケーススタディ	18
3.2.1. PPWM 公共水栓/キオスクユーザーの調査結果の概要.....	18
3.2.2. 各戸型 PPWM ユーザーの調査結果の概要.....	19
4. 水道事業体と利用者の回答の概要.....	20
4.1. 水道事業体と利用者の PPWM に対する認識の比較.....	20
4.2. 留意点と推奨事項.....	21
5. 考察.....	23
5.1. 製品の特徴.....	23
5.2. 低所得者を考慮したイノベーション	26
5.3. 維持管理における課題と対策.....	27

5.4.	成功事例の整理.....	28
5.5.	PPWM 導入のための啓発活動	28
5.6.	PPWM 導入のチェックリストと条件.....	29

表 目 次

表 1.	PPWM 導入前の問題	2
表 2.	PPWM の導入目的	2
表 3.	調査対象の水道事業体における PPWM 導入の概要.....	4
表 4.	調査対象の水道事業体における各種クレジット販売方法の詳細	5
表 5.	住民意識を高める方法	6
表 6.	違法ケース、違法検知方法、違法使用対策	8
表 7.	ルサカでの苦情内容と処理効率	8
表 8.	PPWM の問題・課題	11
表 9.	PPWM に関する教訓	12
表 10.	PPWM の成功に向けた推奨事項.....	13
表 11.	水道事業体と利用者間の PPWM への認識の類似点と相違点.....	20
表 12.	調査対象の水道事業体で使用されている PPWM 製品の特徴.....	24
表 13.	PPWM メーカー情報	25
表 14.	PPWM の機能	26
表 15.	PPWM の維持管理における課題と対策.....	27
表 16.	PPWM 導入チェックリスト	29

図 目 次

図 1.	プリペイド式水道メーター実績調査の参加都市	1
図 2.	資金源と PPWM 投資の計画回収期間.....	3
図 3.	カフブ上水道 PPWM の MTN モバイルマネーによる支払い例	4
図 4.	ハンドヘルドデバイス（決済用課金携帯端末）を介してトークンにクレジット（前払い額）をロード（課金）する	5
図 5.	ルカンガとカフブの低収入世帯用の補助金付きの従量制と固定料金	6
図 6.	ルカンガの 2 つの給水区域での料金収入	9
図 7.	各費用内訳における PPWM 導入のインパクト.....	10
図 8.	PPWM スタンド保護のための改良.....	16
図 9.	PPWM 公共水栓のトークンと使用方法.....	17
図 10.	Baylan、Sister、Liaison 製の PPWM（順番に）	26
図 11.	調査対象事業体での相談（コンサルテーション）方法.....	29

略語

CI	Commercial Institutions	営利団体
CIU	Customer Interface Units	顧客インターフェースユニット
DMA	District Metered Area	配水管理区画区
K	Zambian Kwacha	ザンビアの通貨：クワチャ
MMU	Meter Management Unit	水道メーター管理ユニット
NWASCO	National Water Supply and Sanitation Council	
NRW	Non-Revenue Water	無収水
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PI	Public Institutions	公的機関
POS	Point Of Sales POS	販売時点情報管理
PPWM	Prepaid Water Meter	前払い式水道メーター
PSP	Public Standpost/Standpipe	公共水栓
PTS	Public Tap Stand	公共水栓
R	Residential	一般家庭顧客
STS	Standard Transfer Specification	標準転送仕様
USD	United States Dollar	
UShs	Ugandan Shillings	ウガンダの通貨：ウガンダシリング
WASREB	Water Services Regulatory Board	水道事業規制委員会

第2部：サブサハラアフリカにおける PPWM ケーススタディ

1. はじめに

2014年、世界銀行グループの水と衛生プログラム（WSP）は、ザンビアのルサカ、ケニアのナクルとナイロビ、南アフリカのモガレ、レソトのマセル、ウガンダのカンパラ、モザンビークのマプト、ナミビアのウィントフックのアフリカの8都市で水道メーターのプリペイドシステム（以下、「プリペイド水道メーター（PPWM）」と呼ぶ）の包括的な調査を実施している。また、事前のインターネットベースの文献調査では、世界の他の地域と比較して、PPWMはサブサハラアフリカ地域でより一般的であることがわかった。従って、PPWM調査はサブサハラアフリカに焦点をあてて行うこととした。

上述のWSPの8都市に対して、JICA現地事務所を通じて連絡を取り、PPWM調査への参加を要請した。6都市からは協力の回答を得たが、南アフリカのモガレ、レソトのマセルからは回答がなかった。ザンビアでは追加で4都市（ンカナ、カフブ、ムロンガ、ルカンガ）が、調査に協力してもらえることになった。従って、10都市（図1を参照）を対象に調査を行うこととした。

本調査では、情報を収集するために電子メールベースのアンケート方式を採用した。また、回答を容易にするために質問票は主に選択式を採用した。

2021年1月から3月にかけて、10都市の水道事業者にアンケート票を配布して調査を実施した。このうち9つの都市（PPWMの設置が未完了のウィントフックを除く）からの回答をもとに2021年3月から4月の間に整理分析を行い、本レポートを作成した。

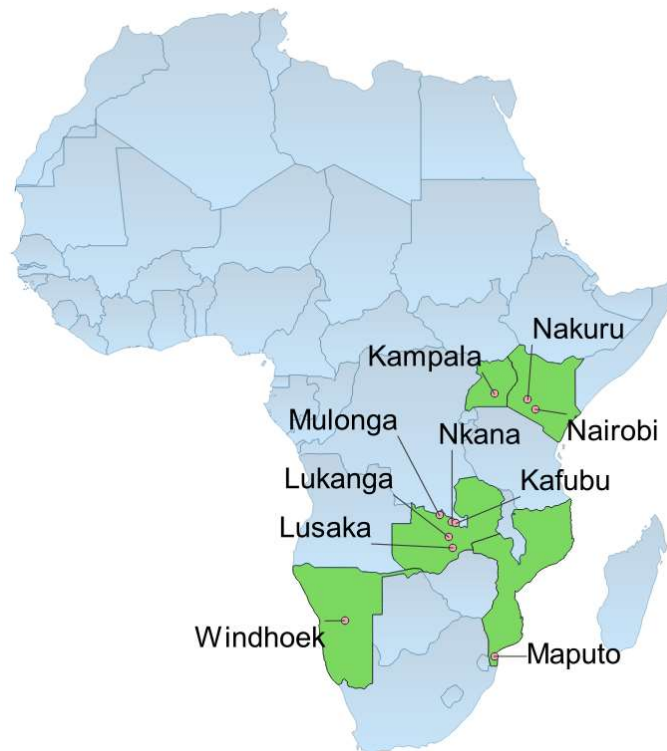


図1. プリペイド式水道メーター実績調査の参加都市

さらに、ウガンダとザンビアではフィールドアシスタントを雇用し、公共水栓型PPWM/キオスクのユーザーと各戸PPWMユーザーおよびフォーカスグループの対面調査もカンパラとルサカで実施した。この対面調査の結果は、水道事業者のPPWM実績概要の後に示す。

2. 水道事業体の PPWM 実績の概要

2.1. PPWM 導入前の問題と導入目的

調査対象のすべての水道事業者は、PPWM が導入される前に、複数の給水問題に直面していた。その問題を事業体ごとに下表に示す。なお、PPWM には各戸型及び公共水栓型（PSP）がある。

表 1. PPWM 導入前の問題

主要な問題	各戸型 PPWM 設置事業体						公共水栓型（PSP） PPWM 設置事業体		
	Lusaka ルサカ	Nkana ンカナ	Kafubu カフブ	Mulonga ムロンガ	Lukanga ルカンガ	Maputo マプト	Nairobi ナイロビ	Nakuru ナクル	Kampala カンパラ
高い無収水率	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
低い料金徴収率	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
料金請求エラー	✓	✓	✓	✓		✓			
低い給水圧		✓	✓					✓	
断続的な給水状況	✓					✓		✓	

備考：

1:カンパラでは、各戸型 PPWM も有するが、公共機関用のみに設置されている。カンパラの水道事業者は各戸型 PPWM の質問票には回答していないため、本表には各戸型 PPWM を示していない。

2:ルサカでは、公共水栓型もあるが、ルサカの水道事業者は公共水栓型 PPWM の質問票には回答していないため、本表には公共水栓型 PPWM を示していない。

一部の水道事業体に特異な問題を以下に示す。

- 顧客が水道本管に穴を開けることによる莫大な水損失（ナクル）
- 供給期間が公共水栓の管理人の滞在時間に依存していた（カンパラ PSP 型）、
- 公的機関が水道料金で巨額の債務を負っていた（カンパラ）
- PPWM の管理人や家主は、住民から料金を徴収したものの、請求額を支払っていなかった。（カンパラ PSP 型、ナクル）

上記の問題を解決するために、調査対象の水道事業者は、以下に示す目的で PPWM を導入した。

表 2. PPWM の導入目的

PPWM 導入の目的	各戸型 PPWM						公共水栓型 PPWM		
	Lusaka ルサカ	Nkana ンカナ	Kafubu カフブ	Mulonga ムロンガ	Lukanga ルカンガ	Maputo マプト	Nairobi ナイロビ	Nakuru ナクル	Kampala カンパラ
料金収入の増加	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
職員の作業負荷軽減	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
低収入地区への給水	✓						✓	✓	✓
貧困層に配慮した料金設定								✓	✓
仲介者の抑制								✓	✓
水の効率的な分配	✓							✓	

これらに加え、請求エラーの苦情を減らし（マプト）、低所得地域の衛生状態を改善し（ナクル）、官公庁の料金延滞を抑制する（カンパラ）目的で PPWM は導入された。

2.2. 意思決定プロセスと資金調達

PPWM 導入の決定は、一部の水道事業者では事業者主導で行われ、他の水道事業者では、市場調査、現地視察（国内および海外）、および供給販売分析を基に行われた。ルカンガは、PPWM について学ぶとともに、PPWM 導入にあたり直面するであろう問題と課題を回避するため、ルサカへのベンチマーク訪問を実施した。カンパラの水道事業者は、政府の貧困層への福祉政策（pro-poor service strategy）に従って PPWM 導入を決定した。ムロンガとカフブでは、水道事業者の経営陣と取締役会により PPWM の導入を決定した。

PPWM は後払いシステムの 3~4 倍の初期コストがかかるため、導入には慎重な資金管理計画が必要である。調査対象の都市では、カンパラとルカンガが独自の資金で PPWM を開始したが、ンカナ、カフブ、ナクル、ムロンガ、マプトはドナーや政府からの補助金に依存していた。図 2 は、調査対象の水道事業者の PPWM の資金源と投資の計画回収期間を示している。調査対象の水道事業者の PPWM 投資の計画回収期間は 3~12 年の範囲であった。

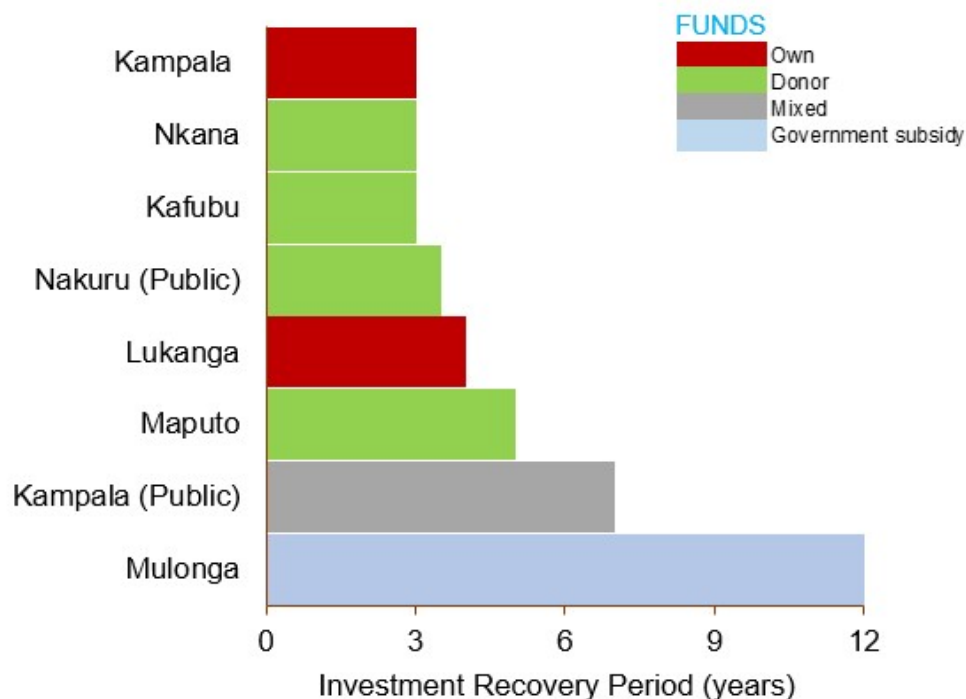


図 2. 資金源と PPWM 投資の計画回収期間

2.3. PPWM 実施

対象都市の中で、カンパラは 2006 年に最初に PPWM を導入した。他の都市はその後に PPWM を導入し、カフブが一番後 2019 年に導入した。表 3 に、対象地域、設備の種類、初期設置数、現時点での総設置数、設置世帯数および平均年間設置数の概要を示す。

表 3. 調査対象の水道事業者における PPWM 導入の概要

開始年次	都市名	対象区域	初期設置数	現時点での総設置数	設置世帯数	年間平均設置数
2006	Kampala	都市部の貧困層		1,500 PSP	150,000*	N/A
2012	Nakuru	NA	15	155 PSP	3,875	不連続
	Nkana	水供給安定地域 DMA 地域 高債務地域	250 (2012) 1,400 (2015) 13,816 (2018)	21,742 R 156 C 100 PI	21,998	1,400 (2015) 13,816 (2018)
2013	Lusaka	政府オフィス メーター未設置の 衛星都市 高債務地域 水供給安定地域		12,113 R 789 C 72 PI	13,110	4,500
2015	Mulonga	トランジットタウン 低所得地域	300	300 R	300	10-20 (replaced)
2016	Lukanga	高債務地域		1,133 R 136 C 16 PI	1,300	10
2017	Nairobi	都市計画外居住区 低所得地域		165 PSP	25,000	60
	Kampala	公的機関	200 (in Uganda)	200 PI		
	Maputo	高債務地域 水供給安定地域	2,500	2,400 R 100 C	2,500	
2019	Kafubu	低・中所得地域		10,000 R	10,000	

R：住宅用、C：商業用、PI：公的機関、PSP：公共水栓、*：供給人口

2.4. PPWM での課金（クレジット販売）

PPWM のクレジット販売は、メーカーや製品に応じてさまざまな形式で行われる。ルサカ、カフブ、マプトの各戸型および公共型 PPWM のクレジット販売にはトークンまたはコインが使用されている。ムロンガ、ンカナ、ルカンガ、カンパラの各戸型 PPWM では主にスマートカードが使用されている。ンカナとルカンガは、水道料金の支払いに STS（標準転送仕様）システム¹も導入した。ンカナ、カフブ、マプト、カンパラ、ナクルは、モバイルマネーなどの電子決済を導入している。モバイルマネーによるクレジット販売の例を図 3 に示す。

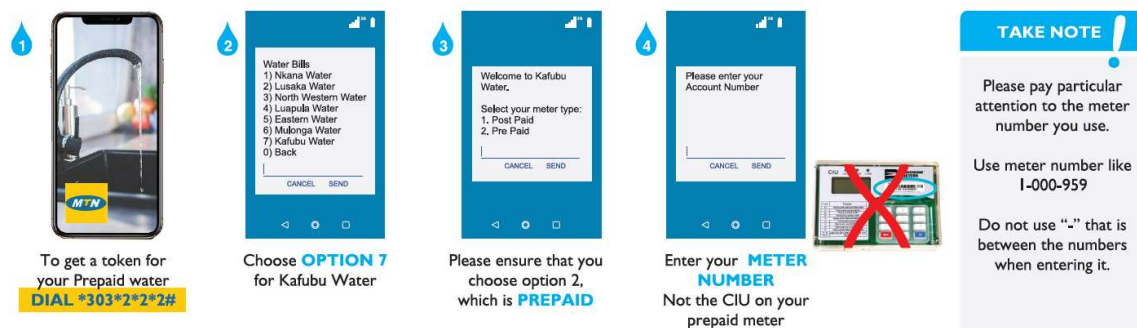


図 3. カフブ上水道 PPWM の MTN モバイルマネーによる支払い例

¹ 標準転送仕様（STS: Standard Transfer Specification）とは、POS 端末とメーターの間で情報を伝送するための安全なメッセージプロトコルを指す。

表 4. 調査対象の水道事業体における各種クレジット販売方法の詳細

都市名	販売方法	支払窓口数	場所 (支払窓口までの距離)
ルサカ	支払窓口、電子決済	各 PPWM 地区	4 km
ンカナ	支払窓口、携帯端末、デジタルバンキング	16	-
カフブ	支払窓口、携帯端末	各 PPWM 地区	5km
ムロンガ	支払窓口	2	500m
ルカンガ	支払窓口	2	200m
マプト	水道事業体窓口、電子マネー、支払窓口	複数	近傍
カンパラ	電子マネー	遠隔	-
ナイロビ	PPWM 係員	165	
ナクル	水道事業体窓口、モバイルマネー	6	2km
カンパラ PSP 型	支払窓口、決済用課金携帯端末 (Handheld devices)	75	2km

上の表 4 は、さまざまな種類の販売方法、支払窓口の数、および販売場所の概要を示している。指定の支払窓口でクレジットが課金携帯端末（ハンドヘルドデバイス）を介して顧客トークンに課金される（図 4）。各戸型 PPWM 接続は、顧客の債務（未納金）を回収するための分割払い等をプログラム可能なオプションも提供した。債務は、顧客がクレジット購入時に支払いの一部として回収され、ザンビアでは全水道事業体でクレジットの 40%、マプトでは 50%が債務にあてられる。



図 4. ハンドヘルドデバイス（決済用課金携帯端末）を介してトークンにクレジット（前払い額）をロード（課金）する

2.5. 給水を必要とする顧客に有利なシステムとしての PPWM

調査対象の事業体のほとんどで、低料金の維持などの貧困緩和策が採用された。ルカンガとカフブの従量制と固定制の低料金の実例を図 5 に示す。カンパラでは、PPWM の導入などによる安全な水へのアクセスの改善が個人福祉の鍵であり、貧困緩和に向けた一歩であると考えられていた。



注：ZMK：ザンビア・クワチャ（1 ZMK=約 5.7 円）

図 5. ルカンガとカフブの低収入世帯用の補助金付きの従量制と固定料金

上と同様に他都市で見られる低所得ユーザーへの配慮として以下の例がある。

- ナクルでは、低所得地域で、月間消費量が 1～6 ユニット（m3）の顧客は、政府の規制の下、貧困層向けの安い料金で保護されている。
- ルカンガでは、低所得層の PPWM 料金は、水使用量の違いにより、高所得顧客層の水道料金でクロスサブシディ（相互補助）されている。
- マプトとムロンガは、PPWM の顧客が自ら水消費量と水道料金を管理できるため、債務の累積を防ぐことができると報告している。
- ンカナでは、巨額の滞納金があり、長期間未接続の顧客も、最小限の金額で PPWM を購入することができるとしている。PPWM は滞納金を低い割合で徐々に支払いできるように事前にプログラムされており、滞納金を支払うのに十分な時間が与えられている。

調査対象の都市の水道事業者ではいずれも、顧客が前払いできなかったという経験は報告されていない。特段の対策はないが、顧客が前払いできなかった場合、水道事業者は次のいずれかを行うと報告している。

- 前払いができない顧客に、支援者に助けを求めるよう依頼する。
- 手頃な水道料金のキオスクを提供する。
- 債務返済を一時停止する。
- 最初のトークンを無料で提供する。

2.6. パブリックコンセンサス、使用意思および啓発

調査対象の水道事業者の大部分は、将来の PPWM 利用者と協議し、PPWM の導入前と導入後の両方で啓発キャンペーンを実施した。協議は、コミュニティ会議、利害関係者会議、公聴会、および各戸訪問による相談を通じて実施された。調査対象の事業者が利用した啓発キャンペーンと情報発信方法を次の表に示す。

調査対象都市では PPWM の設置拒否はほとんどなかったが、極一部の住民は後払いメーター使用の継続を望んだ。マプトとンカナでは、各戸型 PPWM 設置を拒否した顧客は後払いシステムのままであった。このような拒否は、ルサカ、カフブ、ルカンガでは最小限もしくは無かった。地主が自分の土地への公共型 PPWM の設置を拒否した場合、水道事業者は他の設置場所を探した。

表 5. 住民意識を高める方法

都市名	PPWM 導入前	PPWM 導入後
ルサカ	ラジオ、TV、印刷広告	
ンカナ	ラジオ番組、 連絡会議（Engagement meetings）	年 4 回の意識向上会議
カフブ	コミュニティ会議ラジオ	

都市名	PPWM 導入前	PPWM 導入後
ムロンガ	ドラマ、チラシ	戸別訪問による啓発活動
ルカンガ	ラジオ広告、冊子、オンライン、住民会議	ラジオ
マプト	なし	なし
カンパラ	水道料金担当者のサポート	利用者の敷地内トレーニング
ナイロビ (PSP 型)	PPWM の利点、サービスレベル、水質に関するキャンペーン	PPWM の使用トレーニング
ナクル (PSP 型)	家主、テナント	PPWM による水利用のデモンストレーション、異常の報告
カンパラ公共 (PSP 型)	公聴会、利害関係者会議、コミュニティ会議、個別相談	

導入後のキャンペーンは、すべての水道事業者が実施したわけではないが、PPWM による水利用の方法や機材異常を検出する方法について顧客を支援することに焦点を当てた。ンカナは、四半期ごとに導入後キャンペーンを実施した。カフブとルカンガを除いて、調査対象のすべての水道事業者が満足度調査を実施し、顧客が PPWM サービスを受け入れて満足していることを確認した。

ナクルでは、家主が蛇口を閉めて消費を管理していた以前とは異なり、テナントはいつでも水にアクセスできることに満足していた。マプト、ルサカ、ムロンガの PPWM 利用者は、自らが水消費量と水道料金を完全に管理でき、仲介者に高額の水道料金を支払う必要がないことを認識した。水道事業者は、当初は顧客が PPWM を受け入れることを心配していたが、導入後には PPWM が公正であると見なしていると報告している。

2.7. 規定

調査対象の都市では、早いところでは 2006 年に PPWM を導入したが、ほとんどの水道事業者は、PPWM の調達、設置および維持管理を規定する特定の規制や方針を欠いていた。いくつかの規定を以下に示す。

- ザンビアでは、National Water and Sanitation Council (NWASCO) が、水道事業の財務的実行可能性の保護、顧客の悪用防止、メーター設置 100% の政策の達成、透明性の高い PPWM の設置を保証するためのガイドラインを提供している。
- ザンビア情報通信電気通信局 (ZICTA) は、PPWM の無線周波数の使用に関する基準への適合を要求している。
- ケニアでは、政府機関である水道規制委員会 (WASREB) は、低所得地域の水キオスクの PPWM 水道料金が官報掲載の料金と一致していることを義務付けている。

2.8. 違法ケースと苦情

カンパラ（公共型 PPWM）を除いて、すべての水道事業者は、主にメーターバイパス、PPWM ユニットまたはバッテリーの取り外し、違法接続、メーターの改造など、PPWM において違法な水使用があったと報告している。バイパスとは、顧客が PPWM の前で水道管を切断して接続することを意味する。違法ケース、違法検知方法、および違法使用に対して取られる対策は、次頁の表に示すように水道事業者によって異なる。

表 6. 違法ケース、違法検知方法、違法使用対策

都市名	違法使用	検出方法	対応策
ルサカ	メーターバイパス メーター改造	物理的視察検査	警察への通報
ンカナ	メーターバイパス メーター改造 取付機材の盗難	定期点検	罰金と手数料の請求 法律による起訴
カフブ	メーターバイパス	改造検知システム	課金、罰金
ムロンガ		重点的な視察検査	3か月分の使用料に相当する 50 米ドル の罰金と再接続料金 3.75 米ドル
ルカンガ		監査員による検査	罰金および交換費用 違反に関する警察の捜査報告
マプト	メーターバイパス メーター改造 バッテリー取外し	水消費分析（水消費が 無い場合は疑わしい）	法的処置
カンパラ	メーター取外し	戸別訪問 システム報告	罰金（400,000 UShs および 2 年間の使 用料に相当する料金）
ナイロビ	メーターバイパス	定期点検	逮捕、罰金
ナクル		情報提供者 水消費傾向分析 定期モニタリング	給水停止 罰金（20,000 ケニアシリング）

水道事業体によって報告された PPWM に関する主な苦情には、バッテリーの問題（ルカンガ、ナクル、カンパラ、マプト）、トークンの追加課金またはロード（読み込み）の失敗（ルサカ、カフブ、ムロンガ）が含まれる。さらに、ルサカでは課金ユニットがすぐに不足する、トークンを水道メーターにロード（読み込み）できない、メーターがオフになる（電源が切れる）、水道メーターが閉じないなどの問題も報告されている。一方、カフブではメーターからの漏水やバルブが開かないことが報告された。

ナイロビでは、低水圧のときに給水されないと住民が不満を漏らした。ルサカの水道事業体の典型的な苦情内容と苦情処理効率を表 7 に示す。全体として、ルサカでは苦情 62 件のうち 51 件に対処しており、そのほとんどは水道メーターからの漏水（21）と PPWM の設置希望（18）に関連している。

表 7. ルサカでの苦情内容と処理効率

項目	報告件数	解決済み	保留	効率
メーターでの水漏れ	21	19	2	90%
水が出ない	11	10	1	91%
プリペイドが設置されていない	18	11	7	61%
低給水圧	4	4	0	100%
消費量が多い	2	2	0	100%
顧客インターフェースユニット（CIU）/ メーターとの通信	3	3	0	100%
メーターの破損	0	0	0	0%
メーターの盗難	1	0	1	0%
メーターへの課金不良	2	2	0	100%
計	62	51	11	82%

2.9. 維持管理

すべての水道事業体には、PPWM システムの維持管理のための専任チームが設置されている。これらのチームは、次の1つあるいはそれ以上の組合せで構成されている。

- 顧客対応担当者
- 販売管理のための販売技術者
- 配管工、IT 技術者、および技術的問題対応のエンジニア
- 登録時に顧客データを収集する社会調査員（Kampala の場合）

どの水道事業体も PPWM 導入のためのインセンティブを提供しなかったが、PPWM、その取付部品、および最初のトークンは無料で提供された。PPWM の所有権は、すべての都市において水道事業体が保有し続けた。水道事業体は、定期的なチェック、メンテナンス、修理、交換のために、PPWM と取付部品の費用も負担した。これに加えて、ンカナでは顧客が課金するのを支援している。

機能不全は水道事業体の責任として扱われる。ただし、PPWM ユニットの破損や改造については顧客の負担となる。カフブでは、老朽化したメーターは水道事業体が交換するが、破損したメーターは顧客の責任である。PPWM の機能不全が顧客の過失に起因すると判明した場合、ルカンガでは交換費用の一部または全額を顧客に請求している。

PPWM の維持管理およびモニタリング方針は、以下に示すように、水道事業体により異なっている。

- PPWM モニタリングは、毎月（ンカナ）、四半期ごと（ルサカ）、毎日（ナクル）、または定期的に（ナイロビ、ムロンガ、ルカンガ、マプト）実施されている。
- ルサカには、メーター交換のための水道メーター規定がある。
- ンカナでは、水道メーターが故障した場合、原因特定のために調査が行われる。故障の場合は、無料（水道事業体負担）で水道メーターを交換する。
- ムロンガでは、耐用年数が過ぎた後に水道メーターが交換される。修理できない破損した水道メーターはすべて水道メーター規定に従い交換される。
- ナイロビでは、機能不全の PPWM は全て修理または交換されるが、ナクルでは、機器の主要部分に故障があり、修理の範囲を超えている場合にのみ交換が行われる。

2.10. 導入後のインパクト

すべての水道事業体は、PPWM 導入後の収入増加を報告している。例えば、図 6 に示すように、ルカンガの2つの給水区域では PPWM が導入された後、数か月で収益が急増した。しかし、ルサカでは、技術的な故障が大規模に発生したため、収益が減少し始めた。

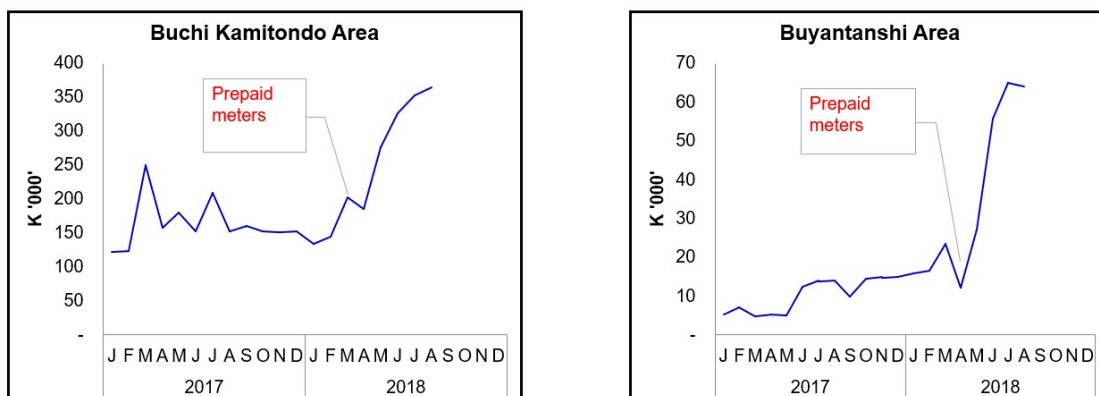


図 6. ルカンガの2つの給水区域での料金収入

概して、図7に示すように、大半の水道事業体が PPWM 導入によりさまざまなコストを削減した。大部分の水道事業体では、請求と徴収、および顧客管理のコストが削減された。それとは逆

に、4つの水道事業体で維持管理コストが増加した。調査対象の水道事業体の大部分でロジスティクス費（Logistics costs）は減少したか、もしくは変化しなかった。

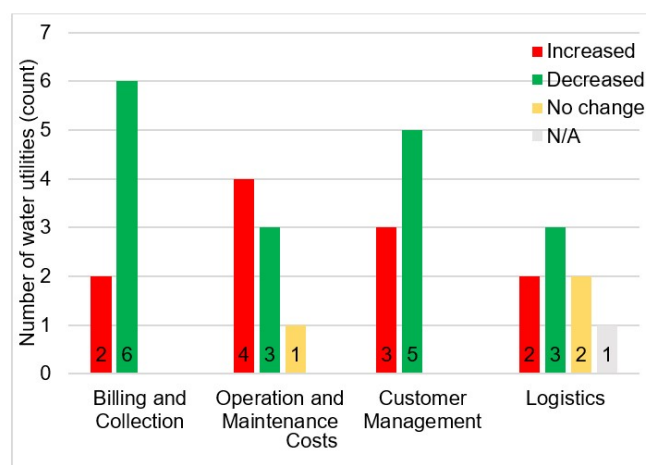


図 7. 各費用内訳における PPWM 導入のインパクト

その他の PPWM 導入によるインパクトを以下に示す。

- 人的資源：ほとんどの水道事業体は、職員数に変化がない（追加採用はない）と回答している。カフブとムロンガでは、一部の職員が他の職務に異動した。
- 水消費量：水消費量は、ンカナで 66%、マプトで 10%減少したが、その後すぐに以前の水準に戻った。逆に、ムロンガの水消費量は 50%増加した。
- 水損失（無収水）：水損失は調査対象の水道事業体のうち 6 つで減少したが、ンカナでは増加したと回答している。
- 給水時間：カンパラとマプトでは、PPWM の設置数が少なすぎるため給水時間には影響を与えなかった。他の 6 事業体では、PPWM の導入後に供給時間が増加した。
- 顧客数：ナクルとナイロビを除いて、PPWM の顧客数の大幅な増加を報告した水道事業体はなかった。ナクルでは、年間の新規設置数が約 5,000 台であり、顧客数が増加したと考えられる。

2. 11. 維持管理の問題

調査対象の水道事業体における PPWM の維持管理の問題点を次に示す

- 水道メーターが閉じない、もしくは水道メーターの電源が切れる（ルサカ）。
- PPWM 取付部品の盗難（ンカナ）。
- 水道メーターでの水漏れ、トークンの交換（カフブ）。
- 製品の機能不全率は、年間 50%（ルサカ）、年間 40%（ナクルとルカンガ）と高かった。機能不全の主な原因は、製品の故障（ルサカ、ナクル）、電気部品の故障（ムロンガ、ンカナ）、機械の故障（ムロンガ、マプト）、バッテリーの故障（カンパラ、ルカンガ）であった。
- カフブを除いて、どの水道事業体もサプライヤーのトレーニングを受けていない。
- 9 水道事業体のうち 5 つだけが、修理および保守作業のためのワークショップ（作業場）を有している。
- マプトとムロンガは、メーカーからアフターサービスを受けていない。
-

サプライヤーが提供するアフターサービスの一部は次のとおり。

- ナクルでは、バッテリーの消耗と電磁弁の問題はサプライヤーが対処した。
- ルサカ、カンパラ、ルカンガ、ナクル、ナイロビでは、サプライヤーがソフトウェアサポートを提供した。
- ンカナでは、サプライヤーからリモートサポートと無料交換を受けた。

また、調査対象都市の現地市場では、ンカナを除いて、スペアパーツを簡単に入手することができなかった。ンカナでは、メーカーからバッテリー、顧客ユーザーインターフェース、赤外線ツールなどのスペアパーツをストックしていた。ナイロビでは、メーカーの現地代理店でスペアパーツを入手できた。カンパラではスペアバッテリーの在庫があった。

ルサカ、マプト、カンパラには水道メーターのテストベンチがないか、水道メーター精度テストを実施していない。一方、ンカナ、ムロンガ、ルカンガ、ナクルはメーターテストベンチを有している。ナクル、ナイロビ、ンカナでは、セキュリティとクレジット販売の目的で全ての前払い関連の問題に対応するために、指定された地区に世話人を配置している。

2.12. PPWM の問題と課題

調査対象の水道事業体によって報告された問題・課題を以下の表の分類によって整理する。

表 8. PPWM の問題・課題

番号	項目	問題
1	導入方針	<ul style="list-style-type: none"> - ガイドライン、調達、設置、O&Mに関するマニュアルの欠如 - 標準化されたデータ収集プロトコルが無い - 料金体系の欠如。後払い料金を前払いに適用 - 土地保有制度：家主が PSP の設置スペースを管理 - PPWM ブランドの相互運用性がほとんどまたは全く見られない - 一部の STS システムでは、一度に大量の水を購入するが、数か月にわたってそれを消費する顧客に不利益をもたらす - 罰則の標準化の欠如は、水道事業体が顧客をさらに法的手段に訴えることを制限している
2	調達	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM 入札の仕様書の作成と評価が難しい - 後払い式と比較した場合のローカル市場でのサプライヤーの不足 - ほとんどの入札者で PPWM 実績が限られている - 異なる機能を持つ製品からの選択の難しさ - 納期が長い - 保証期間が短い - PPWM 製品は輸入する必要がある、手続き上の障害や遅延が発生する
3	技術/製品	<ul style="list-style-type: none"> - 試行によってのみ技術の信頼性が証明される - 現地での適切な技術サポートの欠如 - 実際のバッテリー寿命が表記上の寿命よりもはるかに短い - 機器の機能不全が絶えない
4	ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> - 多くのカスタマイズが必要 - 料金および請求額計算の設定方法が複雑 - 不十分なレポート機能、データ可用性のギャップ - 情報の一貫性 (Consistency) エラー - 高いメンテナンスコスト - アップグレードに時間を要する
5	給水条件	<ul style="list-style-type: none"> - 断続給水による空気混入が測定エラーにつながる - PPWM は低い給水圧では動作しない可能性がある - 砂の混入によりインペラが破損する可能性がある
6	費用	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM は後払いシステムに比べ 3~4 倍高価である - CIU、自動検針 (AMR) 装置、スペアなどの追加機材が高価である - 信頼性の低い技術が費用を大幅に増加させる - 導入時の高コストと便益の長期的な発生 - 高い維持管理費用

番号	項目	問題
		- 設置費用と STS ライセンス料が高い
7	設置	- サプライヤーから適切な設置マニュアルが提供されていない - 破壊行為からの保護が必要 - PPWM はわずかでも損傷があると水浸入の影響を受けやすい
8	水道料金	- 水道料金が低すぎるため、追加投資が抑えられてしまう
9	課金システム	- PPWM ブランド間で課金方式が異なるため両システムでプログラム統合が必要 - 顧客が課金所に 24 時間アクセスできるようにする必要がある - 故障したトークンからクレジット残高を利用するのが難しい - インターネット障害によりシステムのクレジット機能が遅延する
10	社会的側面	- PPWM の料金や破損について根拠のないデマなどによる風評被害 - 低所得の顧客には継続的な啓発が必要 - 貧困層は時として前払いをする余裕がない可能性がある - 顧客の移動時間を短くするため、PPWM は便利な場所に配置する必要がある - PPWM の設置場所は、夜間でもアクセスできる必要がある - 高度な支払い技術であるため、苦情は迅速に対処する必要がある。さもなければ、顧客を失うリスクがある。 - 罰金の支払は（罰金が少ないため）、顧客を法的手段に訴えることを制限している - 違法使用をリモートで検出するのは難しい
11	データ収集	- 非効率的な自動検針（AMR）システム - データ転送の範囲半径が小さい - リアルタイムのデータ転送にはコストがかかる - 水道メーターのバッテリー問題がデータ転送に影響する - 悪天候と破壊行為による水道メーターの故障 - バルブの誤作動（閉栓時に開いたまま、またその逆も同様）
12	維持管理	- 不十分なシステムレポート - 技術的なスキル/能力の欠如 - 高いスペアパーツの費用 - ローカル市場でスペアが調達できない - コンピューター化されたテストベンチの欠如

2. 13. 教訓

水道事業体が学んだ教訓は、以下の表に整理される。

表 9. PPWM に関する教訓

都市名	教訓
ルサカ	- 水道事業体職員を含むすべての利害関係者が PPWM 方式をより理解する必要がある - 技術的に信頼できる PPWM を調達する必要がある
ンカナ	- PPWM は、安定した水供給と給水圧があり、未納金が多い地域をターゲットにする必要がある
ムロンガ	- PPWM 導入プロジェクトが適切に管理されていなかった - PPWM 製品の品質が悪く長持ちしなかった - 水道事業体職員がトレーニングを受けていなかった - PPWM は、低所得地域や政府施設に効果的である
ルカンガ	- （違法接続対策のため）顧客メーターの定期検査が必要

都市名	教訓
マプト	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM 仕様は十分に検討されている必要がある、価格優先で購入しない - バッテリーは規定年数まで持続しない
ナイロビ	<ul style="list-style-type: none"> - 太陽光発電で稼働できる PPWM の利用促進
ナクル	<ul style="list-style-type: none"> - 費用効果が高く、技術的保障のある水道メーターの提供
カンパラ	<ul style="list-style-type: none"> - 優れた製品仕様が必要 - 設置が指示に従って行われていることを確認する - PPWM は高価だが、社会的経済的便益はコストを上回る - 水道事業者の経営層のサポートが必要

2. 14. 推奨事項

上記のとおり、いくつかの問題と課題が浮き彫りとなったにもかかわらず、PPWM を実施したすべての調査対象の水道事業者は、PPWM を継続し促進する意思を持っている。調査対象の水道事業者は、PPWM の成功に向けて以下を他事業者に推奨している。

表 10. PPWM の成功に向けた推奨事項

都市名	推奨事項
ルサカ	<ul style="list-style-type: none"> - 対象地域は連続給水でなければならない。断続給水の場合は、空気弁が必要。 - DMA 採用地域など、適切に計画・管理された地域を対象とするのが良い。 - 設置前と後における住民意識の重点啓発 - サプライヤーが水道事業者職員に対し、設置、修理、顧客サービス、データ管理をトレーニングすることは有利である。 - PPWM の実用上の利点を認識させるために、後払い方式とは別の地域に導入するのがよい。
ンカナ	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM 専用のチームが必要である。 - PPWM を購入する前に、スペアの入手可能性を確認する必要がある。 - 導入区域内のすべての漏水管を交換する。
ムロンガ	<ul style="list-style-type: none"> - メーター管理ユニット (MMU) と IT チームは、優れた PPWM 製品を探索する必要がある。 - サプライヤーは、さまざまな PPWM の課題に対処できるように MMU および IT チームを適切にトレーニングする必要がある。 - PPWM を管理・監視するには、上記 2 つのユニットを統合する必要がある。
ルカンガ	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM は、巨額の滞納金を抱える顧客に適用した場合、料金回収に最適である。 - 啓発と優れた顧客サービスが必要である。
マプト	<ul style="list-style-type: none"> - 対象地域の給水状況を考慮して PPWM を設置する。 - 水道メーターの管理は、専門チームに全面委任する必要がある。専門チームは、技術、コマーシャル、IT、および管理からなる多分野の担当から構成される必要がある。 - 設置プロセスのトレーニングも必要。 - 管理用 GIS など他のテクノロジーの導入も必要。
ナイロビ	<ul style="list-style-type: none"> - コミュニティ啓発と参加は非常に重要である。
ナクル	<ul style="list-style-type: none"> - 寿命が長いバッテリー、水を無料で出さない電磁弁を備えた PPWM の開発 - 適切な啓発と広報 - PPWM を購入する前に、スペアパーツの入手可能性を確認する必要がある。
カンパラ	<ul style="list-style-type: none"> - PPWM の (ボックス等による) 防護は、その延命利用のために重要である - すべての段階での利害関係者の関与 - 開始前のコミュニティ住民組織の関与

2.15. 水道事業体 PPWM の実績から得られた主要な知見

導入前

- 水道事業体は主に、料金収入の増加、無収水率の管理、スタッフの負担の軽減、および公共水栓を介した貧困層への水供給を目的として PPWM を導入した。
- PPWM の導入決定は、主にパイロットプロジェクト、市場調査、ベンチマーク訪問、費用便益分析に基づいていた。
- 利害関係者会議、公聴会、個別協議など、設置前（および設置後）に様々なパブリックコンサルテーションおよび意識向上プログラムが実施された。

実施/導入

- 水道事業体の大部分は、調達、設置、維持管理、監視、修理に関する適切なガイドライン/ポリシーを欠いている。
- PPWM の導入は主に、未納金（滞納金）が多い、給水時間が安定している、低所得の地域を対象としている。
- 設置は主にプロジェクトベースで行われ、水道事業体が定期的に追加設置することは少ない。
- 一般に、1 箇所の公共水栓型 PPWM につき 25～150 世帯に給水できるよう設置された。

製品

- PPWM 製品の選択は、主に資金の入手可能性、製品価格、およびサプライヤーの利用可能性に基づいていた。
- バッテリーの早期故障が主要な技術的問題だった。

データ管理

- すべての水道事業体が自動化/Web ベースのデータ転送を処理しているわけではなく、主にハンドヘルドデバイス（課金携帯端末）を使用している。
- PPWM 会計システムが事業体の課金ソフトウェアとプログラム統合されていなかった。その代わりに、Excel を使用した売上の手作業入力が一般的である。

問題

- PPWM における違法ケースは、実地検査、PPWM の改造検出機能、および水消費傾向の分析を活用して検出された。このような違法に対する措置（罰金、警察への告発）は都市によって異なる。
- 水道事業体は主に、PPWM の水漏れ、低給水圧時の未給水、クレジットの課金/読込み困難等の苦情を多く受けている。

インパクト

- PPWM は、大部分の水道事業体の運営コスト、主に請求と料金徴収のコスト、顧客管理コスト、およびロジスティックコストを削減した。
- 調査対象の水道事業体の大半で職務の変化がなかったか、あるいは職員の再配置が行われた。
- PPWM は、調査対象の 6 水道事業体で水損失を減らすのに役立った。

3. PPWM 利用者の対面調査結果の概要

3.1. ウガンダ国カンパラでのケーススタディ

カンパラ PPWM 給水区域からランダムに選ばれた公共水栓型 PPWM (PSP-PPWM) 利用者 16 人を対象に対面調査を実施した。また、PPWM システムに関する追加意見を収集するために、2 つのフォーカスグループディスカッション (FGD) も実施した。対面調査と FGD の結果を以下に示す。

3.1.1. 回答者の特徴

16 人の回答者のうち 9 人は女性、回答世帯の平均家族規模は 6 人 (ビジネス顧客である 3 人の回答者を除く)、世帯月収は 100,000 シリング (27 米ドル) から 900,000 シリング (246 米ドル) の範囲で、平均 226,250 シリング (62 米ドル) だった²。調査者の大多数は、PPWM 公共水栓使用前は従来型の水道メーター公共水栓 (50%) およびその他の形式の水道 (38%) を主な水源として利用していた。一人は井戸から水を汲み、もう一人は泉の井戸から水を汲んでいた。12 人の回答者 (75%) は、24 時間給水と報告したが、残りの回答者は、週 1 回から毎日夜間 (毎晩午後 7 時から午前 6 時) の断続給水で受水していた。

3.1.2. コミュニティの啓発と PPWM の導入

PPWM 導入前に、コミュニティ協議と啓発活動を実施した。コミュニティのリーダーと協力して住民が動員され、PPWM 導入の提案を知らされた。PPWM の運用と導入背景が説明された。コミュニティはまた、使用方法について訓練され、PPWM を保全する責任を割り当てられた。National Water and Sewerage Corporation (NWSC) によると、最初のクレジットトークンは無料で提供された。しかし、所有者のコミットメントを得てトークンの価値を高めるために、各顧客は登録され、トークンに対して約 5,000 ウガンダシリング (1.4 米ドル) が請求された。課金された料金は、水の前払い額としてトークンに課金される。PPWM の設置後も、水道事業体のコミュニティへの関与は続いた。PPWM についてどのようにして知ったのかという質問に対し、ユーザーの回答は、水道事業体 (56%)、コミュニティリーダー (38%)、および他のコミュニティメンバーからと答えた。これは、多くの顧客が、水業事業体によって啓発されたことを裏付けるものである。

3.1.3. PPWM の使用

回答者のほとんどは、5 年以上 PPWM を使用している (56%)。利用者らは 3 分以内に最寄りの PPWM スタンドに到着でき、スタンドが敷地のすぐ外にあるため 30 秒で十分だと答える利用者もいた。16 人の回答者のうち 3 人だけが、公共水栓で毎回行列に並び、1 回につき最大 15 分間並ぶと回答した。しかし、過半数の 7 人は並ぶ必要がないと報告し、6 人は時折並ぶと報告した。

水汲みは、ほとんどの家庭 (38%) で男性の成人が、次いで女兒 (19% の家庭) が担っていると回答している。水汲みの回数は、約 2 日に 1 回から約 10 日に 1 回であると回答している。1 日に 30 回以上給水するという回答もあったが、これらは家庭用と近隣の商業用 (レストランや美容院) の両方のための給水であると回答している。したがって、一般的な世帯では 1 日に平均 4 回水汲みを行っている。

回答者の大多数 (69%) は、PPWM システムにより水消費量が増加したと回答し、残りは変わらないと回答した。毎月の水購入費用は、3,000 US\$ (0.8 米ドル) から 100,000 US\$ (27 米ドル) の範囲で、平均 34,313 US\$ (9.4 米ドル) であった。水購入費用は、回答者の過半数 (63%) で減少したが、一部 (37%) では増加していた。カンパラ (概してウガンダ国) では、すべての調査回答者によって確認されているように、無料での給水はない。

3.1.4. スタンドパイプ管理員 (世話役) への手数料の支払い

² 為替レートは 1 USD (米ドル) = 3,650 US\$ (ウガンダシリング) とする。

PPWM 以前の後払い公共水栓の管理員は、水道料金の価格よりも高い価格で水を販売し、収入として水増していた。これは、非公式居住区に住む貧しい人々にとって水を高価なものにした。一方、PPWM では、PPWM 管理員に手数料を支払った回答者はいなかった。これは、公共水栓から公定の水道料金で受水したことを意味する。

しかし FGD では、クレジットがロードされたトークンを持っている偽の管理員が、トークンを持たない顧客を待ち伏せているとの報告があった。このような偽の管理員は手数料を請求してくるが、トークンのない顧客にとっては利便性がある。このような手法が可能なのは、トークンとその他のクレジットローディング機器の可用性における硬直性（簡単に購入できない）のためであると指摘された。このような偽管理人は、PPWS トークンではたった 25UShs のジェリカン 20ℓ の水に対して、最大 500UShs を請求していた。

3.1.5. PPWM の機能性

PPWM スタンドの故障頻度について質問したところ、94%の回答者が、年に 1～6 回、平均して年に 3 回故障したと回答した。ほとんどの場合、故障の原因はバッテリーであった。ある回答者は、誤った取り扱いが原因であると回答した。本調査チームは、図 8 に示すように、損傷したトークンレシーバーを含むいくつかの機能不全の PPWM 公共水栓を確認した。

回答者のほとんどは、近くの PPWM の盗難や破壊行為について聞いたことがないと回答した。この調査では、図 8 に示すように、破壊行為や誤用を防ぐように設計された装置を備えたいいくつかの PPWM にも着目した。



図 8. PPWM スタンド保護のための改良

また、PPWM の機能性を認識する上で重要なのは、紛失したトークンや機能不全のトークンの交換効率である。トークンの紛失や損傷の経験の有無の質問に関しては、回答者 16 人中の 14 人が有ると答えた。これは、トークンの損傷または紛失の問題が現実的かつ深刻であり、交換のメカニズムが効率的である必要があることを示している。ある回答者は、トークンを 5 回紛失または損傷したと回答した。トークンの紛失を報告した 14 人のうち 1 人を除くすべての人が、所有者が交換の責任を有していると回答した。交換費用は、8,000UShs から 35,000UShs (9.5 米ドル) の範囲で、平均 18,303 UShs (5 米ドル) であった。



図 9. PPWM 公共水栓のトークンと使用方法

3.1.6. クレジットベンダー（販売員／販売場所）へのアクセス

PPWM システムの円滑な運用のためにはトークンへの課金も便利である必要がある。回答者らはクレジット販売員の元でトークンへの課金を行っているが、販売員が常にいるとは限らない。場合によっては約 7.5km 離れた Kisenyi にある水道事業体の事務所に行かなければならなかったと回答した回答者もいた。また、一部の回答者は、販売員が定期的に自宅に来てクレジットを販売していると回答した。全体として、販売場所までの平均移動距離（徒歩またはオートバイ）は 3 km で、平均移動時間は 29 分である。

3.1.7. 緊急オプション

回答者はまた、水の前払いができない状況になったことがあるかどうか質問された。回答者の半数（8 人）はそのような状況に直面し、うち 5 人はトークンを借用し、1 人は無料だが安全でない湧水井等の水源から、2 人が民間の水売り業者から水を購入したと回答した。

トークンの紛失を除いて、回答者の 69%（16 人中 11 人）が、PPWM からの給水に問題なしと回答した。また、残り 31% の回答者は、間欠給水（5 人中 3 人）、低給水圧（5 人中 1 人）、バッテリーの故障（5 人中 1 人）などの問題があると報告した。PPWM の使用を止めたいかという質問に対して、回答者の多くが止めないと回答し（81%）、残りの 19% は PPWM を使用した戸別接続へのアップグレードを希望した。

3.1.8. 使用者の満足度と推奨

回答者に、PPWM の各項目に対する満足度を 1 から 5 の点数（1：非常に不満、5：非常に満足）で評価するように求めた。その結果、PPWM サービスに対して高い満足度が得られた。点数が 4 未満の項目は無かった。満足度 4 となったのは、水の利用可能性に関するものだった。おそらく、一部の地区における間欠給水と課金所の利用可能性が原因と思われる。

3.1.9. 主な課題と問題

回答者に、PPWM に関連する主要な問題と課題を 3 つ挙げ、1 から 3 のスケール（1：最も重要）でランク付けを求めた。最も多く評価 1 に挙げられた問題は課金所の設置場所であり、次いで PPWM 機器の信頼性の欠如が挙げられた。さらに、上位 3 つに最も多く挙げられた問題はお金がないと給水できないことであり、続いて課金所の場所の問題であった。

3.1.10. コミュニケーションの方法

回答者に、PPWM の新規顧客の獲得のため使用すべきコミュニケーション方法についても 1 から 3 のスケール（1：最も重要、または最も推奨）でランク付けするように求めた。本分析で最も推奨されたコミュニケーション方法は「戸別訪問による説明」であった。続いて「公開説明会

(Public meetings)」が挙げられた。上位3つに最も多く登場したのは「公開説明会」であった。したがって、「戸別訪問による説明」と「公開説明会」の2つの方法が、利用者からは最も効果的であると考えられている。

3.1.11. 改善のための提案

回答者に、PPWMサービスを改善するための推奨事項をランク付けするように求めた。最も多く1位にランク付けされた推奨事項は「公共水栓型 PPWM 数の増加」であり、次に「PPWM の信頼性の向上（故障が少ないこと）」となった。上位3つに最も多く挙げられた提案は、a) PPWM の信頼性の向上（故障が少ないこと）、b) クレジット販売店数の増加であった。これら2つに僅差で続くのは、「公共水栓型 PPWM の数の増加」という推奨事項である。したがって、公共水栓型 PPWM の数、クレジット販売に関するサポート体制（箇所数の増加、営業時間の増加等）、および公共水栓型 PPWM の信頼性はすべて、利用者にとって優先度の高い推奨事項である。

3.1.12. 水道事業体のサービスに対する満足度

回答者に、水道事業体のサービスを1から5の段階（1：非常に不満、5：非常に満足）で評価するよう求めた。回答者は水質に最も満足しており、14人が5点を付けた。一方、給水圧には大きな不満があり、7人だけが非常に満足し、1人が非常に不満を示した。水道事業体がサービスレベルについて顧客からより肯定的な認識を得るためには、給水圧の改善が必要である。

3.2. ザンビア国ルサカでのケーススタディ

3.2.1. PPWM 公共水栓/キオスクユーザーの調査結果の概要

ルサカの都市近郊3コミュニティ（カマンガ、チャザンガ、カニャマ）の公共水栓型 PPWM または前払い式メーターを備えているキオスクの使用者10名に質問票が配布された。このうち、9世帯から十分な回答が得られた。

(1) 回答者の特徴

サンプル回答者の大多数（9人中の7人）は賃貸住宅に住んでいた。彼らの平均月収は250K（約5,600円）から1,000K³（約22,499円）の範囲であった。住宅を所有する1回答者は5,000Kのより高い月収を得ていた。PPWMを使用する前は、回答者の大多数の水源は水小売業者から購入した水だったが、一部は井戸水も使用していた。5人の回答者は、24時間年中無休で給水を受けていると報告したが、残りの回答者は給水時間が断続的であった（毎日5～13時間）。

(2) PPWM 公共水栓

回答者の多くは、PPWMの使用は1年未満であり、公共水栓/キオスクで時折並んで20～30分を費やしていると回答した。回答した全世帯に共通して、成人女性メンバーが公共水栓/キオスクから水を購入する役割を担っていた。彼女らが公共水栓型 PPWM から水を購入する回数は1日当たり1～2回であった。PPWM使用後の水使用量については、4回答者が減少した、2回答者が増加した、3回答者が変わらないと回答した。ただし、6回答者が水道料金は以前よりも月額2～100Kの範囲で増加したと回答した。

いずれの回答者も無料の水を受け取っておらず、公共水栓/キオスクの管理者にも手数料を支払う必要が無いと回答した。1回答者を除き全回答者がPPWMの故障を経験していないと回答した。PPWMの故障を報告した回答者は、破壊行為/盗難を原因として挙げ、通常は水道事業体が修理または交換の費用を負担すると回答した。

(3) 満足度/推奨事項

1回答者が不満を回答したが、回答者の大多数は公共水栓/キオスク型 PPWM に大きな満足度を回答した。

³ K=ザンビアの通貨、クワチャ。1米ドル=22.4クワチャ(K)

回答者が挙げた問題と課題は、優先順位の高い順に（1）前支払いが無いと水が得られない、（2）料金/運用または課金手順に関する情報が不足している、（3）高い水道料金、（4）突然の給水停止、（5）公共水栓/キオスクおよび前払い課金所までの距離であった。

ほとんどの回答者は、優先度の高い順に次の啓発活動を選択した：1) 戸別訪問による説明、2) 町内会、3) コミュニティリーダー、4) 公開説明会、5) ワークショップ/セミナー、6) 水道事業者のウェブサイト/フェイスブック。

回答者は、優先順位の高い順に水道事業者に以下の提案をした：（1）PPWM の信頼性の向上（故障が少ないこと）、（2）給水時間の増加/サービスの信頼性の向上、（3）PPWM 公共水栓/キオスクの数を増やす、（4）課金/支払いシステムの変更、（5）顧客サービス/啓発情報共有の改善

結論として、すべての回答者は、前払い式公共水栓/キオスクに非常に満足している。回答者らは 1) 良好な水質、2) 適切な給水圧、3) 給水時間の点でサービスにとっても満足していた。しかし、供給の信頼性に満足していなかった。つまり、予定された時間に給水がなされないことである。

3.2.2. 各戸型 PPWM ユーザーの調査結果の概要

ルサカの低所得および都市部のコミュニティ（マテロ、チャインダ、チレンジェ）の各戸型 PPWM ユーザー合計 10 世帯に質問票が配布された。このうち、9 世帯から十分な回答が得られた。以下に結果の概要を示す。

(1) 一般的な特徴

大部分の回答者は、月収 46,000K の 1 世帯を除き月収 3,000~5,000K で、賃貸住宅に住んでいた。PPWM を使用する前は、ほとんどの回答者は、水道メーター無し（固定料金制）あるいは後払い式メーター方式を使用していた。

回答者は、PPWM に関する情報を、プロジェクトの開始時に水道事業者またはそのプロジェクトスタッフによって実施された啓発キャンペーンから得たと答えた。回答者の大多数は、PPWM を 1~3 年間使用している。彼らはクレジット課金のため課金所に向かうのに平均 10~30 分を費やしていた。水の消費量水準は PPWM と以前のシステムとで同程度であったが、支払い料金が増加し、以前の支出のほぼ 30~50%増に達した。いずれの回答者も無料の水を受け取っていない。一部の回答者は、主に機械的な故障が原因で前払い方式が故障したと報告し、通常、水道事業者が修理または交換の費用を負担すると回答した。対照的に、2 回答者は PPWM の設置にお金がかかったと回答した。

(2) 満足度/推奨事項

回答者の大多数は、戸別接続の前払い方式に高い満足度を示した。回答者が優先順位の高い順に挙げた問題と課題は、1) 料金/運用または課金手順に関する情報の欠如、b) 水道事業者による不十分な顧客サービス/24 時間年中無休のサービスの欠如、c) 課金システム/カードの故障であった。

回答者が推奨する啓発活動の優先順位は、1) 戸別訪問説明、2) 町内会、3) ラジオ/テレビ、4) 水道事業者のウェブサイト/フェイスブックであった。

また、水道事業者への提案は優先順位の高い順に次のとおりである：1) PPWM の信頼性の向上（故障が少ないこと）、2) 給水時間の増加/サービスの信頼性の向上、3) 課金所の増加、4) 課金/支払いシステムの変更、5) 顧客サービス/啓発情報共有の改善。

全体として、すべての回答者が戸別接続の前払い式メーターシステムに非常に満足していた。水道サービスに非常に満足している点として、1) 良好な水質、2) 適切な給水圧、3) 給水時間、4) 給水の信頼性を挙げている。

4. 水道事業体と利用者の回答の概要

4.1. 水道事業体と利用者の PPWM に対する認識の比較

調査の回答に基づく、水道事業体と利用者間の PPWM への認識の類似点と相違点の概要を次表に示す。

表 11. 水道事業体と利用者間の PPWM への認識の類似点と相違点

認識の類似点		
都市名	水道事業体	利用者
カンパラ	PPWM は成功し、コミュニティに広く受け入れられた。	PPWM は満足のいくサービス水準を提供した。
	PPWM は便利な場所に設置された。	PPWM は 3 分以内にあり、ほとんど並ぶ必要が無い。
	低所得層用の安価な料金体系を採用。	PPWM により、水購入費用が安くなった。
	PPWM の違法使用に関する苦情がない。	PPWM の盗難/破壊行為を経験したことがない。
	1,500 箇所の PPWM 公共水栓に対し、15～20 箇所の課金所を提供（水道事業体の報告）	顧客は課金所の追加を希望している。
	頻繁なバッテリー障害について同意	PPWM の故障（平均 3 回/年）
ルサカ	PPWM 顧客による水消費量は、節水行動により減少した。	公共水栓型 PPWM の 9 顧客のうち 7 顧客とすべての各戸型 PPWM 顧客は、PPWM により水消費量が増加しなかったと報告した。その結果、システム内に余剰水が生まれて、他の顧客に配水された。
	顧客が節水し、より多くの水を配水可能となったため、給水時間が増加した。	
	PPWM は、サービス提供および水需要管理の改善をもたらす成功を収めた。	各戸型および公共水栓型の PPWM のすべての回答者は、信頼性を除いて PPWM サービスに非常に満足している。
認識の相違点		
都市	水道事業体	顧客
カンパラ	前払いで支払う余裕を持たない人がいることに気づいていない。	顧客の 50% がそのような状況に直面したことがあると回答した。
	貧困層への政策（初期トークンの無料化）	トークンの交換費用は最大 9 米ドルに上る。
	啓発プログラムの実施（PPWM の前後に実施）	5 人の回答者が、料金、運用および課金プロセスに関する情報が不足していると回答した。
ルサカ	PPWM では水道料金が安い。	公共水栓型 PPWM の利用者 6 人と各戸型 PPWM 利用者の一部が、PPWM の水道料金の増加を報告している。

4.2. 留意点と推奨事項

- (1) PPWM では支払い可能な価格設定が重要であり、料金の前支払いが困難な顧客を含む脆弱層への配慮が必要な事例を特定することも重要である。水道事業者は、政府のガイドラインに従って（つまり貧困ライン以下で）貧困層に分類される人々のための独自基準を作成する必要がある。
- (2) 貧困層の人々が前払いできる余裕がない場合、他の水源に回帰する可能性がある。そのような事例の累積的な影響は、収益の不確実性に繋がる。このような事例を支援するために、条件付きで水の借入れができるプログラムを PPWM に取り入れることも検討する必要がある。同時に、一時的に水道料金を補助したり、一定量の水を緊急/無料で供給したりすることも考慮する必要がある。
- (3) 前払いで支払う余裕のない人は、水販売人のような他の供給者へ回帰することがある。これはおそらく、水販売人が常に前払いを要求するとは限らず（互いに既に接点がある場合）、利用者の玄関先まで水を配達してくれるためであると考えられる。ただし、水質、一度に調達できる水量、給水場までの距離などの PPWM のインセンティブは、利用者がクレジットを購入できるようになった後に PPWM に戻る動機になると考えられる。
- (4) 貧困層に対する支援として、低い料金設定や他の方策を設定する一方で、PPWM へのさらなる投資を妨げないような水道事業者の財政的安定性も考慮されるべきである。
- (5) 違法ケースへの措置を講じる際には注意が必要である。違法利用者への罰金請求と、PPWM に対する顧客の前向きな姿勢の維持とのバランスを考慮して、罰金を科す必要がある。巨額の罰金を課したり、違法ケースを合法化したりすると、顧客を失うリスクがある。
- (6) PPWM の切り替え直後の苦情（PPWM の操作方法や初期故障など）は一時的なものである。これらの苦情は、使用方法や支払い方法など、事前に十分な説明をすることである程度防ぐことができる。ただし水道事業者は、水道メーターが閉じない、水道メーターが電源オフになる、水道メーターでの水漏れ、弁の問題、バッテリーの故障など、PPWM に特有の苦情に対処できるように準備する必要がある。
- (7) ほとんどの場合、PPWM の導入後に収入は増加するが、ルサカの場合のように技術的障害が度重なって収益が減少したケースもある。水道事業者はこのような状況により PPWM の推進を抑制されるべきではなく、代わりにより良い維持管理サービスを行って（技術的障害を乗り越える）必要がある。
- (8) PPWM 以外の水源の利用者は、費用がかさむ（仲介業者によって過大請求される）ため、水の消費量を制限する。そのため、PPWM 利用下では利用者はより多くの水を使用する傾向にある。また、PPWM では、利用者が自分の水消費量と支払いを管理できるため、最適な量の水を利用しようとする。この状況は、より多くの収入を確保できるため、水道事業者にとって有益となる。しかし、水源が不足している半乾燥地域では、節水への意識を高めることも必要である。
- (9) 一般に PPWM の顧客は、給水中または日常的に水を使用する際に節水意識が働く（余分な支払いを恐れるため）。そのような顧客のおかげで節水の責任感が促進され、節水された水がより多くの人に届くようになる。それは、供給時間を増やすことにもなる。
- (10) 概して、PPWM は少なくとも顧客数を増加も減少もさせなかったことが確認された。一般家庭の顧客は、井戸などの地下水を水源として利用していても、PPWMの方が給水の質、信頼性が高く、井戸掘削のように合法化/使用制限のリスクがないため、PPWM を選択する傾向

にある。また、PPWMに水道水を使用することにより、利用者の各種資源や井戸の手入れにかかる時間、水を汲み上げにかかる手間を削減できる。

- (11) PPWMのさらなる拡大（顧客の増加）に対して、水は無料であるべきと主張する人々や一部の家主・仲介業者によって、抵抗を受ける可能性がある。家主がPPWMの設置に反対すれば離れた水源まで水汲みに行かなければならないことや、仲介業者が供給する水は高すぎることを顧客に理解させるため、継続的な啓発活動が必要となる。
- (12) カンパラでは、16人中14人の利用者が、トークンを少なくとも1回は紛失し、交換にも費用がかかる（最大9.5米ドル）と報告した。したがって水道事業体は、利用者が紛失もしくは機能不全となったトークンをより少ない負担額で交換できるような効率性を高める方法を開発することが重要である。
- (13) 利用者の便宜のためには、PPWMの設置場所だけでなく、トークンの課金も便利である必要がある。課金所までの移動距離も重要である。課金所の増設やPPWM利用者の近所への設置、または販売員による定期的な自宅訪問による課金もありうる。
- (14) 後払い式料金は、ある程度の財政的安定性を備えた家庭（設置スペース等）への個別接続を対象としているため、後払い料金を前払い料金に充てることは、貧困層に配慮しているとはいえず、問題となる可能性がある。調査対象の水道事業体では、PPWMの対象地域は主に低所得者層である。この低所得者層の顧客に対してPPWMを効果的かつ持続的に運用するには、後払い料金を改訂して補助に入った料金にする必要がある。このような補助は通常、1か月あたりの消費量が少ない（一般に6 m³の範囲）顧客に適用される。
- (15) 地域の技術支援と同様に、PPWMメーカーからどれだけのサポートを得られるかは、水道事業体の力の及ぶ範囲を超えていた。水道事業体は、入札書類に、PPWMサプライヤーから必要な技術サポートと訓練を規定する必要がある。さらに、PPWM製品を選択する際には、サプライヤーによる訓練、スペア部品の入手が容易であること、および保証期間中の交換も十分に担保される必要がある。

5. 考察

5.1. 製品の特徴

各戸型の PPWM 製品には、Utilimeter 製、Baylan AK311 製、Laison 製、Precision Meter 製、および Electromed 製が含まれていたが、公共水栓型の PPWM 製品は SUSTEQ 製、Elster Kent 製、および WAARI 製が調査対象の水道事業体に採用されていた。これらの PPWM 製品の機能を次表で示す。

PPWM の主要サプライヤーは、ケニア（Maji Milele 社、KABS 社、Nairobi Iron Mongers 社）、ザンビア（MS Carbon 社、SARO 社、JARASH Investments 社、Global Water Resources 社）、モザンビーク（Triana 社、Wihanahm Kasulo 社）にある。ウガンダにはサプライヤーがいないため、ケニアのサプライヤーから PPWM を輸入している。

PPWM メーカー情報をインターネットで調査した結果を表 12 に示す。

表 12. 調査対象の水道事業者で使用されている PPWM 製品の特徴

会社名 (対象都市)	価格 (米ドル)	形式	課金方式	製品保証 期間	製品寿命 (実際)	バッテリ ー寿命 (実際)	故障割合	機能	アフターサービス
Utilimeter (ルサカ)	200	流速式	トークン/ コイン	1	5年 (使用中)	5(2.5)	50%	A B C D E F G H	ソフトウェアサポート 技術サポート スペアの提供
BAYLAN (ルサカ、ルカンガ)	188	Inferential (MultiJet)	トークン/ コイン	2					ソフトウェアおよび技術サポ ート、スペアの提供
LAISON (ンカナ、ルカンガ、 マプト)	266	流速式	スマート カード /STS	1.5	5(5)	5(3)	0.5%	A B C D E F G H	STSへのスマートカード (Smart card to STS)
Precision Meters (カフブ)	145	容積式	トークン/ コイン	1	7(5)	3(3)	新規導入	A B C D E F G H	スペアの供給 トータルソリューション
Utility Systems (ルカンガ)	150 (呼び径 20A)	容積式	スマート カード /STS	2	4-5(3)	5(1)	10%(2年) 40%(4年)	F G H	ソフトウェア
Electrometer (ムロンガ)	250	容積式	スマート カード	0	12(10)	5(3)	2%, 5%, 20% (2年毎)	B F G H	該当なし
Electromed (カンバラ)		流速式		3	10 (使用中)	10 (使用中)	<10% (3年後)	A B C D E F G H	ソフトウェア管理 スペアの保証
SUSTEQ (ナイロビ、カンバラ)	1,064 (1B) 1,216 (2B) 1,367 (3B)	流速式	トークン	3	使用中	使用中	10% (1年後)		
Elster Kent (カンバラ)	1,000	流速式	トークン/ コード	1	10 (使用中)	5(1)			
WAARI (ナクル)	2,700	容積式 超音波式	スマート カード	1	8(4)	10(4)	40% (3年後)		

(注) 機能：リアルタイムクロック (A)、クレジット残高 (B)、緊急時のためのクレジット保留 (C)、低クレジットアラーム (D)、フレンドリークレ
ジット (E)、料金設定 (F)、未収金回収 (G)、消費水量制限 (H)

出典：本調査の質問票の回答から作成

表 13. PPWM メーカー情報

番号	製品名	メーカー名	本社位置	現地代理店	販売地域 (PPWM を含む)	出典 (website)
1	UTILIMETER	Inzalo Utility Systems	Westmead, South Africa	Global Water Resources Limited(Zambia) MS Carbon Zambia Limited (Zambia) Matra Manufacturing and Trading Investments Limited (Zambia)	South Africa, Zambia	https://utility-systems.co.za/
2	BAYLAN AK311	Baylan Water and Energy Meters	Izmir, Turkey	Fury Trade (Palestine)	90 countries in 5 continents,including most Sub-Saharan African countries	http://www.baylanwatermeters.com/en/
3	LAISON	Laison Technologies, Hangzhou Ltd	Hangzhou, China	SARO (Zambia) MS Carbon (Zambia)	18 countries worldwide including Zambia, Malawi, South Africa, Mozambique Angola in Africa	http://www.laisongroup.com/
4	PRECISION METERS	Precision Meters	Cape Town, South Africa	JARASH (Zambia)	South Africa, Zambia	https://precisionmeters.co.za/
5	SUSTEQ	SUSTEQ Netherlands	Enschede, Netherlands	Maji Milele (Kenya and Uganda)	Kenya, Uganda, Tanzania	http://www.susteq.nl/
6	ELSTER KENT	Elster Kent Metering Private Limited	Johannesberg, South Africa	Nairobi Iron Mongers (Kenya) Maji Milele (Kenya) KABS (Kenya)	Offices located in 36 countries in all 5 continents including South Africa	https://www.elster.com/en/index

2021年7月調査



出典：各製品のホームページ

図 10. Baylan、Sister、Liaison 製の PPWM（順番に）

PPWM 製品の大部分は、リアルタイムクロック、残クレジット（残高表示）および料金設定の機能を備えていたが、低クレジットアラーム、フレンドリークレジット、消費水量制限、および未納金回収の機能を備えていたのは一部の製品のみであった。同様に、仕切弁、改造防止装置、内蔵ストレーナー、逆止弁およびシーリングは、すべての前払い式水道メーターに共通の付属品である。空気弁は、いくつかの製品にのみ含まれていた。メーカーは、サーバーとソフトウェア、課金システムおよび携帯用検針端末を PPWM ユニットとともに提供している。技術のアップグレードは、支払いシステム（トークン/コインからスマートカードへ）に限られていた。マプト市を除いて、対象都市のすべての PPWM はボックスに納められている。

PPWM で使用できる一般的な機能とその説明を以下の表に示す。

表 14. PPWM の機能

PPWM の機能	説明
水量不足対策（購入制限）	水不足に対処するためクレジット購入が制限され、水を大量消費する利用者を抑える。
未納金回収機能	トークン所有者の未納金支払いに、一定の割合のクレジットが使用される。
消費制限	トークン所有者が消費できる水の量を制限する。
1日あたりの消費制限	毎日一定量の水しか利用できないようにする。
緊急給水	緊急時に使用するため提供される一定量の水。
無料の基本的水量	一定量の水を無料で受け取ることができる。（通常は月に1回）
フレンドリークレジット	特定の状況で水を購入するためのクレジット。ただし次の課金で支払が必要。
低クレジットアラーム	顧客のクレジット残高が最小レベルに達したときの警告。
毎月の消費者消費プロフィール	1か月間の毎日の水消費量の履歴表示。
リアルタイムクロック	現在の時刻を表示する。
クレジット残高	トークン/コイン/スマートカードに残っている残高を表示する。
改造検出	PPWM が物理的に改造された場合に水道事業体に通知するシステム。
料金設定	顧客/地区のカテゴリ毎に料金設定できるプログラム。
ゾーニング	特定地区の利用者のみがその PPWM から水を購入できる。

5.2. 低所得者を考慮したイノベーション

- (1) PPWM では支払い可能な価格設定が重要な課題であり、料金を払えない顧客を含む脆弱層（社会的弱者）への配慮が必要な事例を特定することも重要である。水道事業体は、低所得者用の独自基準を作成する必要がある。

- (2) 前払いができない顧客を支援するために、PPWMに水の借入れ（Loan）を組み込むことを検討する必要がある。このような水の借入れは、特定の利用者にのみ提供される（たとえば低所得であるPPWMの一般利用者）。
- (3) PPWMシステムに、一時的な水道料金の補助、または一定量の水を緊急/無料で供給することも組み込む必要がある。
- (4) ウガンダでは政府の貧困層政策が、低所得者が支払い可能な料金で水を提供することに向けられている。そのような貧困層向けの料金は助成されており、他のカテゴリーの顧客（例えば、商業、公共機関、一般家庭または大規模な消費者）が支払う水道料金によってクロスサブシディ（相互補助）されている。
- (5) 前払いで支払う余裕がない人は、水販売人のような他の供給者へ回帰することがある。これはおそらく、水販売人が常に前払いを要求するとは限らず、利用者の玄関先まで水を配達するためであると考えられる。ただし、水質、一度に調達できる水量、給水場までの距離などのPPWMのインセンティブは、利用者がクレジットを購入できるようになった後にPPWMに戻る動機となる。
- (6) 初期トークンは無料で発行されるが、その後の交換費用はカンパラで約10米ドルにもなった（利用者の自宅でトークンを再課金する場合はトークン販売員への手数料を含む）。紛失もしくは機能不全となったトークンを低コストで交換できる効率性を検討することも重要である。
- (7) 水販売者から水（高価格で）購入している、または自然水源から無料で（水質の悪い）水を汲んでいる将来のPPWM利用者に、料金、水質、利便性などのPPWMの利点を認識してもらう必要がある。更に、啓発活動は導入後も継続する必要がある。

5.3. 維持管理における課題と対策

PPWMの維持管理における主な課題と対策について以下に示す。

表 15. PPWMの維持管理における課題と対策

主要な課題	対策
メーター関連の請求エラー	メーターテストベンチによる定期テスト
PPWMでのクレジットのアップロード方法、カードの読み取り方法、およびその他のカスタマイズに関する知識	可能な限り職員はサプライヤーにより訓練されている必要がある
コードエラーによるメーターロック、スマートカードの読み取り失敗、トークンの破損などの問題	トラブルシューティングのガイドラインとマニュアルを製造元に問い合わせる
盗難、バイパスの違法ケース	広範な実地検査および水消費動向の監視
破壊行為—ケーブル切断、磁石を使用したメーターのカバー、またはメーターが閉じなくなる原因となる鉄板によるカバー	改造が明らかなきにいつでも訴訟に利用できるシールなどの改造防止警告装置の付与
CIU/メーターの通信障害 メーターがチャージされない	適切な水道メーターの設置と管理
貧困層の顧客への罰則	規制当局は明確に定義した罰則を確立する必要がある

主要な課題	対策
井戸などの代替水源を選択することによる水消費の削減	井戸の掘削に関する法律を制定する
欠陥のあるメーターまたは部品を修理/交換するためのスペアの不足	サプライヤーの組立部品販売に関する情報を、製品調達前にサプライヤーから収集する必要がある
メーターボックスの水没または浸水後の PPWM 外部ユニットの機能不全	設置方法がユニットの水没を避けるガイドラインに従っていることを確認する必要がある
売上と消費水量の間の明らかなデータ不一致	メーター履歴の調査および記録
水漏れ箇所からの砂混入による PPWM の閉塞	配水管網にストレーナーと安全逃し弁を設置し定期的に洗浄する
水道事業体職員の PPWM プロジェクトに対する否定的な態度	職員への重点的な意識向上キャンペーン
(PPWM を交換した場合) 消費水量または情報が新しい PPWM に転送されない	サプライヤーは、破損した PPWM の情報を新しい PPWM に転送できたかを確認する必要がある
前払い式水道メーターを備えた世帯の水道料金の明らかな減少	ケースバイケースで確認する

5.4. 成功事例の整理

PPWM は調査対象のすべての水道事業体で成功し、カンパラとルサカの利用者の意見から、PPWM が提供するサービスレベルは満足のいくものであることがさらに裏付けられた。これらの水道事業体にはそれぞれ独自の成功体験があったが、それらの大多数は、効率的な未納金回収と無収水率の削減を PPWM の主な利点としている。

各戸型 PPWM の成功事例は以下のとおりである。

- ンカナでは売り上げを伸ばすことができ、未納金の増加はなくなった。
- ルサカでは PPWM でのサービス提供と水需要管理が改善された。顧客の行動にも即座に変化があり、水浪費量が大幅に削減された。配水管網内の水圧も改善された。顧客の給水停止が減り、不必要になった。必要であれば、電動制御弁により給水停止がスムーズに実施できた。
- ムロンガでは未納金を管理でき、無収水を削減できた。
- ルカンガでは、PPWM でキャッシュフローが予測可能となった。更に、料金請求が容易、料金徴収の整合の利点があった。
- マプトでは、PPWM が水の合理的な使用を促進し、水の損失を減らした。
- カンパラでは、(ウガンダの) 公的機関からの未納金回収が効率的となり、サービスの継続性を確保することができた。

公共水栓型 PPWM の成功事例は以下のとおりである。

- 非公式居住区でより手頃な料金で水を購入することが可能となったため、PPWM はコミュニティに広く受け入れられた。
- 前払い式により収入が増加したため、水道事業体はナクルのさらに多くの利用者に向けて水アクセスを増やすことができた。
- ナイロビでは、顧客データ管理、クレジット支払い、および水消費量の測定が PPWM システムによって簡単になった。さらに、無収水も減少した。

5.5. PPWM 導入のための啓発活動

PPWM 導入前に啓発活動を実施したすべての調査対象水道事業体に当てはまるように、一般市民の参加と PPWM の受容は PPWM の導入における重要な側面である。本調査の対面調査の結果からも、利用者は個別に相談されると質問に対してよりオープンになるため、個別（訪問）相談

がより効果的であることが分かった。ただし、啓発活動は費用がかかり、大きなリソースが必要になる場合がある。そのため、調査対象都市のように、水道事業体は公聴会、コミュニティ会議、および利害関係者会議を採用して、利用者にPPWMについて啓発を行っている。メディア広告、チラシ、パンフレット、ドラマ、ラジオ、テレビもある程度はPPWMについて一般の人々に知らせるのに役立つであろうが、そのようなアプローチは、上記の公聴会やコミュニティ会議を補完するために使用できる。もう1つの重要な点は、多くのアフリカ諸国の水供給チェーンにおいて不可欠な部分でもある家主、水売り業者、仲介業者を啓発キャンペーンに含めることである。

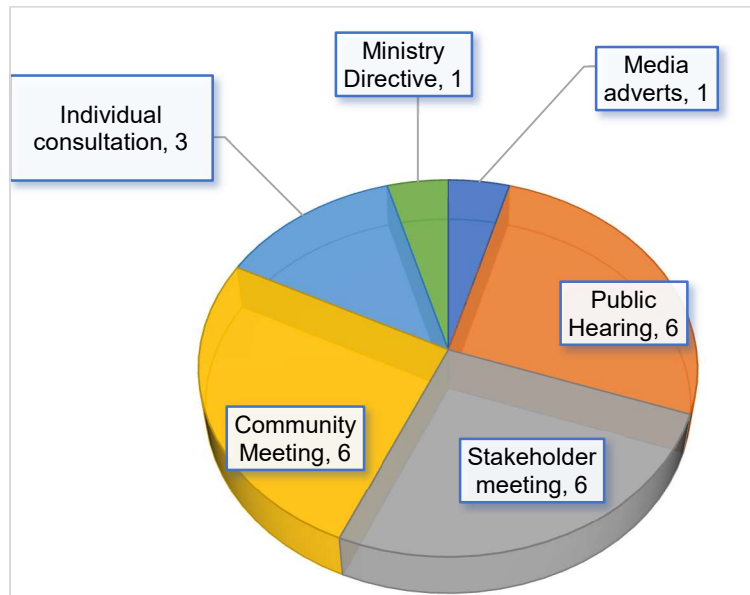


図 11. 調査対象事業体での相談（コンサルテーション）方法
（数字は本調査に参加した事業体数を示す）

5.6. PPWM 導入のチェックリストと条件

上記のケーススタディと水道事業体および利用者の調査結果から、PPWM の導入には以下のチェックリストに示す条件が推奨される。

表 16. PPWM 導入チェックリスト

番号	項目	条件
1.	規制（ガイドライン/マニュアル）	1. 調達、設置、維持管理のガイドライン/マニュアルを策定する必要がある。
2.	対象地域の選定	2. 対象地域は目的に基づき選定する必要がある。例えば未納金の多い地域、水供給が安定している地域、よく計画されている地域（DMA など）、低所得地域（公共水栓 PPWM の場合）など。
3.	内部資源（人的資源、訓練、施設）	1. PPWM の専任チームが必要である。 2. チームは少なくとも電気技師、配管工、IT 技術者、営業担当者、および顧客対応担当者で構成される必要がある。
4.	住民の合意形成（啓発）	1. 公開協議（public consultation）は導入前に必須であり、第 2.6 節で前述のように幅広いアプローチから選択できる。 2. 協議のための適切な資金の割り当て 3. コミュニティと関わるための十分に訓練されたスタッフ
5.	水道料金	1. PPWM が貧困層を対象とする場合、料金は貧困層に配慮し、補助される必要がある。 2. 水道事業体は、安価な料金設定が費用回収期間を長期化させることや、それがさらなる投資を妨げるべきではないことを理解する必要がある。

番号	項目	条件
6.	意思決定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 導入に際して、可能な限り、パイロットプロジェクト、市場調査、他の PPWM 実施都市へのベンチマーク視察のうち1つ以上を実施する必要がある。 2. 費用便益分析を実施する必要がある。
7.	資金	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水道事業体は、PPWM システム拡張のための資金管理計画を策定する必要がある。プロジェクトベースの PPWM 導入により、水道事業体は後払いシステムと前払いシステムの両システムを併用することになる。（プロジェクトベースではなく、計画に基づいてシステムを拡張するべきである。）
8.	製品の選択	<ol style="list-style-type: none"> 1. 価格対耐久性を検討 2. 保証期間と対象項目 3. ローカルサプライヤーの可用性 4. サプライヤーのトレーニング施設 5. スペア部品の入手可能性（現地市場で） 6. バッテリー寿命（最低5年）
9.	ソフトウェアの選択	<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡単なカスタマイズ 2. より良いユーザーインターフェース 3. Web ベースのデータ転送へアップグレードする機能（自動化）
10.	維持管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調達、設置、修理に関する適切なガイドラインとマニュアルがあることを確認する。 2. スタッフが設置、修理、苦情に対処するために十分な訓練を受けている必要がある。
11.	貧困対策	<ol style="list-style-type: none"> 1. 料金は低所得の顧客にとって支払い可能な金額にする。 2. 利用者が水を買う余裕が無いときの支援方策を PPWM システムで考える必要がある。
12.	トークン課金方式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 課金所の数が十分であること。 2. 顧客から課金所までの距離が近いこと。 3. トークン交換の費用を最小限に抑えて、かつ交換効率性を向上させる必要がある。

第 2 部：
サブサハラアフリカにおける PPWM ケーススタディ

付属資料：調査概要 - 個別ケーススタディ

目次

1. ウガンダ水衛生公社（ウガンダ NWSC）	4
1.1. 背景.....	4
1.2. PPWM 設置前の課題.....	5
1.3. 政府系機関への PPWM 設置	6
1.4. 技術の選択.....	6
1.5. NWSC の運営・維持管理戦略	7
1.6. PPWM の機能性	7
1.7. 費用便益分析.....	8
1.8. クレジット販売の効率性.....	8
1.9. 貧困層のための特別な枠組み.....	8
1.10. データ管理.....	9
1.11. PPWM 導入後のインパクト	9
1.12. 課題と挑戦.....	10
1.13. PPWM 導入の成功要因	10
2. ザンビア・ルサカ水衛生公社（ザンビア LWSC）	14
2.1. 背景.....	14
2.2. PPWM 導入の目的	14
2.3. PPWM の実施.....	14
2.4. 顧客の選択基準.....	14
2.5. 関連規定.....	15
2.6. PPWM 製品	15
2.7. PPWM チーム	15
2.8. PPWM 導入のインパクト	15
2.9. 課題と挑戦.....	15
2.10. PPWM 成功のためのキーメッセージ.....	16
3. ザンビア・ンカナ水衛生公社（ザンビア NWSC）	18
3.1. 背景.....	18
3.2. PPWM 導入の目的	18

3.3.	PPWM の実施.....	18
3.4.	顧客選択基準.....	19
3.5.	PPWM チーム	19
3.6.	関連規定.....	19
3.7.	PPWM 製品	19
3.8.	PPWM 導入のインパクト	19
3.9.	課題と挑戦.....	19
3.10.	PPWM 成功のためのキーマッセージ.....	20
4.	ザンビア・カフブ水衛生公社（ザンビア KWSC）	21
4.1.	背景.....	21
4.2.	PPWM 導入の目的	21
4.3.	関連規定.....	21
4.4.	PPWM 製品	21
4.5.	課題と挑戦.....	21
4.6.	結論.....	22
5.	ザンビア・ムロンガ水衛生公社（ザンビア MWSC）	23
5.1.	背景.....	23
5.2.	PPWM 導入の目的	23
5.3.	関連規定.....	23
5.4.	PPWM 製品	24
5.5.	PPWM 導入のインパクト	24
5.6.	課題と挑戦.....	24
5.7.	PPWM 導入の成功条件	24
6.	ザンビア・ルカンガ水衛生公社（ザンビア LgWSC）	25
6.1.	背景.....	25
6.2.	PPWM 導入の目的	25
6.3.	関連規定.....	26
6.4.	PPWM 製品	26
6.5.	PPWM 導入後のインパクト	26
6.6.	課題と挑戦.....	26
6.7.	結論.....	26
7.	モザンビーク・ マプト水道公社(AdeM)	27
7.1.	背景.....	27
7.2.	PPWM 導入の目的	27
7.3.	PPWM の実施	27
7.4.	維持管理.....	27

7.5.	住民啓発.....	27
7.6.	関連規定.....	27
7.7.	PPWM 製品.....	27
7.8.	顧客サービス.....	28
7.9.	データ管理.....	28
7.10.	PPWM 導入のインパクト.....	28
7.11.	課題と挑戦.....	28
7.12.	提案.....	28
8.	ケニア・ナイロビ水衛生公社(ナイロビ WSC).....	30
8.1.	背景.....	30
8.2.	関連規定.....	30
8.3.	Products 製品.....	30
8.4.	PPWM の実施.....	30
8.5.	住民啓発.....	30
8.6.	顧客サービス.....	30
8.7.	貧困緩和.....	31
8.8.	データ管理.....	31
8.9.	組織.....	31
8.10.	PPWM 導入のインパクト.....	31
8.11.	課題と挑戦.....	31
8.12.	提案.....	31
9.	ケニア・ナクル水衛生公社(NWSC).....	33
9.1.	背景.....	33
9.2.	PPWM 導入の目的.....	33
9.3.	PPWM の実施.....	33
9.4.	住民啓発.....	33
9.5.	関連規定.....	33
9.6.	PPWM 製品.....	34
9.7.	顧客サービス.....	34
9.8.	貧困緩和.....	34
9.9.	課題と挑戦.....	34
9.10.	データ管理.....	34
9.11.	PPWM 導入のインパクト.....	35
9.12.	課題と挑戦.....	35
9.13.	提言.....	35

1. ウガンダ水衛生公社（ウガンダ NWSC）

National Water and Sanitation Company in Uganda

1.1. 背景

カンパラはウガンダの首都で最大の都市である。2014年国勢調査の時点で、カンパラの人口は1,507,000人だった（ウガンダ統計庁 UBOS、2017年）。現在は200万人を超えると予測されている。ウガンダ水衛生公社（NWSC）は、ウガンダ政府の準国営企業であり、カンパラおよび国内のすべての都市に安全な水道水を供給する責務を有する。NWSCは、カンパラで約315,815人のメーター制の顧客に給水を提供している（National Water and Sewerage Corporation、2020年）。カンパラには4,273箇所の公共水栓があり、そのうち1,500箇所にPPWMが設置されている。この公社は、アフリカと世界の都市給水におけるリーダーであり成功モデルでもある。このカンパラでの手法は、他の多くの国での参考例となっている。

ウガンダでは、NWSCによって2006年に、カンパラ市の高密度地域（非公式居住地、スラム、ゲッターとも呼ばれる）の低所得世帯の安全な水へのアクセスを改善する目的でPPWMが導入された。これに先立ち、ウガンダ政府は水環境省（MoWE）を通じて、非公式居住地の低所得世帯に安全な水を提供するための政策のバックボーンである貧困層支援戦略を作成していた。

その後、政府はNWSCにプロ・プア・ユニット（貧困対策専門ユニット）の設置を通して、貧困層支援戦略を実施するための制度的インフラを整備した。権限を与えられた枠組みが整った後、NWSCは独自のリソースを動員し、開発パートナー（ドナー）とウガンダ政府の支援を受けて、カンパラのパイロットサイトにPPWMを設置した¹。PPWMの設置は、その後、市内の追加地区や地方に展開された。

表1. カンパラ市各地区に設置された公共水栓型PPWM

地区	地区内の対象ワード	PPWM数
Kawempe	Bwaise 1, 2 and 3, Kyebando, Tula, Kagoma, Kanyanya, Nameere, Mulago, Kalerwe	466
Central	Kisenyi, Kagugube, Kibuli, Kamwokya, Namuwongo, Katwe	252
Nakawa	Biina, Luzira, Mutungo, Kireka, Kirinya, Banda, Kitintale	261
Lubaga	Nyanama, Namungoona, Kawaala, Ndeeba, Nateete, Nabulagala, Kasubi	246
Makindye	Kibuye, Ndeeba, Nsambya, Bukasa, Namuwongo	314
合計		1,539 ²

出典：低所得顧客サポートユニット。ケーススタディ - WaterAid 2016年2月。

その後、さらに多くの開発パートナーの支援を受けて、カンパラの非公式居住地内のさらに多くの場所にPPWMを設置した。上記の表1は、PPWMが設置されたサイトを示している。NWSCによると、現在カンパラには1,500箇所のPPWMがあり、約150,000人³にサービスを提供している。NWSCによると、PPWMの数を増やすための新規事業はないことから、PPWMの数は現在一定である。

¹パイロットサイトから開始したのは、テクノロジーをテストし、より広い規模に拡大するための教訓を引き出すためである。

²NWSCによると、PPWMの正確な数は、PPWMが誤動作のために撤去されたり、新しいものと交換されたりするため、時折変化する。

³PPWMを備えた公共水栓の数は、機能の低下により一部の水栓が撤去され、他の水栓が設置されているため、時間とともに変化する。撤去措置と設置の割合は常に同じであるとは限らず、場所も常に同じではない。NWSCは、一般に、PPWMを備えた公共水栓の数がここ数年比較的一定に保たれていると示している。

ウガンダの NWSC は、請求、料金徴収、および無収水に関していくつかの問題に直面していた。メーター検針と請求書の配布にはかなりの労働時間を費やしていた。公共水栓世話役に配達された請求書は支払われないこと多かった。不正使用も、特に水道接続切断後に多くなった。同様に、給水時間は完全に世話役の利用可能性に依存していた。一方で、各戸接続の政府機関による未納が増加傾向にあった。これらの問題を克服するために、NWSC は 2017 年に 以下を目的として PPWM を導入した。

- 料金収入の増加
- 人的資源の負担軽減
- 公共水栓を介して低所得者に水を供給する
- 貧困層が貧困層用料金で水を手に入れるようにする
- 貧困層に過大な料金を請求していたにもかかわらず、水道事業者に迅速に請求額を支払わない仲介者を給水システムから排除する

PPWM の導入において、政府の方針は、料金滞納を削減すると同時に、水は個人の福祉により重要であるため、貧しい人々が安全な水を利用できるようにすることであった。

公共水栓型 PPWM の設置においては、水道事業者の自己資金、ドナー、および政府の補助金によって資金管理がなされた。費用便益分析が行われ、資金回収期間は 7 年間と計算された。一方、政府機関への PPWM 設置は、資金回収期間が 3 年間と計算され、水道事業者の自己資金のみによって実施された。

1.2. PPWM 設置前の課題

水道事業者は PPWM 設置前にいくつかの課題に直面していた。主なものは次のとおりである。

- 土地所有権の問題：スラムは非公式の居住地であり、ほとんどの住民は自分たちの住む土地を所有していない。多くの人々が仮設の共同住宅に入居している。土地所有権は分散しており、一部の地主は、自分の土地を失うことを恐れて、自分の土地に PPWM を設置することに抵抗した。実際には、PPWM は居住者の敷地外に設置された。住民説明会の後でも、一部の居住者は近くに PPWM を設置することを拒否した。その場合、水道事業者は PPWM を受け入れてくれる別の土地所有者を探した。
- 水販売人と既存の公共水栓管理者からの抵抗：PPWM は安全な水を手頃な価格で提供することで、水販売人の生活を脅かす。公共水栓の管理者も、彼らの生計の源が脅威にさらされていると感じた。これらの水販売人は、水道事業体に支払う水の価格に上乗せ額を追加することで生計を立てていた。

ボックス 1：水価格のダイナミックス

水道料金が最も低いのは、公共水栓に供給される水の料金で、1 立方メートルあたり 1,060 UShs (約 0.3 米ドル)、または 20 リットルのジェリカンあたり 25 UShs である。この料金は、戸別接続顧客の水道料金からの相互補助金 (クロスサブシディー) の恩恵を受けている。しかし、非公式居住地に住むほとんどの人々は、公共水栓の管理者が課すこの料金への上乗せ額のために、この正規料金で水を利用することができない。実際、公共水栓で水を汲む顧客は、戸別接続している顧客よりもはるかに高額な料金を支払うことになっている。一般的にはこの上乗せ額のために (状況によるが) ジェリカンあたり 200 から 500 UShs の金額となる。PPWM は公共水栓の管理者を不要にすることで、この上乗せ額を排除する。したがって、利用者は最も低い料金で水を利用できるようになる。

1.3. 政府系機関への PPWM 設置

カンパラでは、PPWM は当初、低所得世帯の非公式居住地に導入される予定であった。しかし、2017 年に NWSC は、政府組織内で頻発する請求額の不払いを防ぐために PPWM の導入を採択しようとした。一部の政府機関は巨額の請求額を滞納していたため、水道事業体の財務的事業実施可能性を損なってきた。政府はこれらの未払い機関に、水道代の支払いのための資金を割り当てていた。そのような未払い政府系機関向けに PPWM 導入を変更したきっかけとなったのが、国内の大病院との係争であった。巨額の未払い金の滞納を理由に水道事業体が同機関への給水を中止した後、これらの政府系機関は報道機関に出向き、給水停止により通常の医療活動を実行できなかったために人命が失われたと主張した。この問題は議会に届き、議会は水道事業体も召集した。双方が各々のケースを証言した後、病院は未払い請求額の支払いを余儀なくされた。将来このような事件を避けるために、NWSC は、不払いで悪名高い主要な機関に PPWM を設置する権限を与えられた。

その後、PPWM は、主要な病院や警察や陸軍の兵舎など、いくつかの政府系機関に導入された。NWSC の報告によると、国内には約 200 の政府機関用 PPWM があり、現在、さらに多くの PPWM が設置され続けている。

1.4. 技術の選択

使用するメーターの型式と銘柄の選定プロセスは、本報告書作成時点では知らされていない。ただし、NWSC によると、使用中の PPWM には次の 2 つの製品がある。

公共水栓用には Elster Kent 社（所有会社は現在 Honeywell 社と呼ばれている）と SUSTEQ 社、政府機関大口用には Elektromed 社 が使用されている。公共水栓用の PPWM には、顧客が水にアクセスするためにトークンを使用する。トークンの課金分が使い果たされると、顧客はクレジット販売員の元で新しい追加分を課金する必要がある。クレジット販売員は NWSC によって任命され、通常は給水地区のコミュニティに居住している。販売員は訓練を受けており、利用者のトークンに料金を追加するために使用するハンドヘルドデバイス（携帯端末）を装備している。各サービス区域には 15 から 20 人のクレジット販売員がいる。（サービス区域は本質的に無計画で非公式な居住区であるため、面積とレイアウトに応じて販売人の数が異なる）。目標は、各使用者から 2 km 以内に 1 人の水販売員を設置することである。販売員は顧客からお金を集め、そのお金を使って水の代金を前払いする。毎回売上の 10% を手数料として稼いでいる。

政府機関に設置した PPWM では課金にスマートカードを使用する。NWSC は、PPWM の価格を 1,000 米ドル、設置費用を 100 米ドルとしている。

ボックス 2：クレジット販売の仕組み

クレジット販売員が任命されると、彼らはトレーニングを受け、NWSC の所有物である課金用端末が割り当てられる。トークンの所有者は、クレジットの販売時にクレジット販売員に現金を支払い、トークンを手渡す。トークンが課金用端末に挿入され、クレジット販売員は特定の量のクレジットをトークンに転送するように端末に指示する。そしてトークンの所有者は、新しくクレジットが課金されたトークンを持って帰る。課金端末のクレジットのほとんどが販売されると、販売員は水道事業体が指定した口座にお金を預ける。銀行は、販売員に固有の番号が記載された銀行伝票を渡し、販売員はそれを課金端末と一緒に水道事業体の事務所に持っていく。そうすると、新しいクレジットが課金端末にロードされる。現在使用中の課金端末には、水道事業体またはトークン所有者とのリモートによるデータ交換の機能がない。

1.5. NWSC の運営・維持管理戦略

PPWM 製造に欠陥が無いことに加えて、水道施設の維持管理は、PPWM の機能性の発揮と長期サービスにおいて重要である。本調査では、販売員などのサポートインフラストラクチャを含む上水道事業者による PPWM の維持管理方法と、顧客からの PPWM の機能性に対する認識を調査した。

NWSC は、その維持管理戦略の一環として、後払い式公共水栓と公共水栓用 PPWM の設置・管理を担当する、貧困層ユニットと呼ばれる担当ユニットを設立した。トレーニングは、技術と商売（コマーシャル）・顧客ケアの両方をカバーした。技術分野では、職員が PPWM の維持管理について訓練を受けた。商売・顧客ケアの側面では、職員は、コミュニティへの関与、動員および促進化のスキル、および顧客への対応など、さまざまな能力について訓練を受けた。このように訓練を受けた職員で NWSC はチームを作成し、PPWM の維持管理と顧客管理の職務を割り当てた。チームは、IT 専門家、エンジニア、コマーシャル担当者、コミュニティの動員に熟練した専門員で構成されている。NWSC は、すべてのフィールドスタッフが顧客対応スキルを持ち、マルチスキルであることをポリシーとしている。そのため、彼らはどこに行っても顧客の苦情や問題に対処することができる。したがって、NWSC は PPWM 維持管理の特別な部署を作らず、既存の職員が後払い式メーターの維持管理に加えて PPWM の維持管理も行えるように訓練した。同様に、NWSC には PPWM 用の特別なワークショップがなく、PPWM と通常のメーターの両方に同じワークショップを使用している。特殊なスクリュードライバー、アレンキー、特殊なスパナとスクリュードライバー、はんだガン、電気テスター（マルチメーター）など PPWM の解体と組み立てに必要な道具も、PPWM の維持管理能力を確立するために追加された。

PPWM の適切な使用と保護は顧客の責任であるが、PPWM は引き続き水道事業者の所有物であり、故障した場合は水道事業者の費用負担で交換される。ただし、破壊行為や悪意のある損傷による故障の場合、特に利用者が戸別接続である場合、利用者が修理または交換の費用を負担するよう求められる。

PPWM で異常が発生した場合、顧客は電話をして PPWM の問題を報告する。この異常は対応できるスタッフに割り当てられ、彼らは現場を訪問し、原因究明を行い、必要に応じてメンテナンスや修理を行う。NWSC の職員は、その PPWM で問題が報告されていなくても、月に 1 回 PPWM を検査して検針する（メーターは手動で読み取られて紙に記録され、後で水道事業者のデータベースに入力される）。

1.6. PPWM の機能性

本調査では、製造上の欠陥、設計上の問題、または誤使用から生じる PPWM の機能について確認した。例えば、メーターが清水用に設計されており、比較的高い濁度と砂の混入した水が流れているところに設置されている場合、設計上の問題による機能不全が発生する可能性がある。ウガンダに設置されたすべての PPWM には、製造上の欠陥に対処するために、公共水栓用の PPWM に対しては 1 年間、戸別接続の PPWM に対しては 3 年間の保証期間が設けられている。NWSC は、PPWM の稼働率を評価するための研究を実施していないが、PPWM の稼働率は一般的に良好であると報告している。PPWM の機能不全の主な原因は、すでに使用期限が切れており交換が必要なバッテリーである。NWSC は、劣化したバッテリーを交換するために、バッテリーをストックして、これに備えている。政府機関用の PPWM の場合、混入した砂は歯車の破損を引き起こすことが報告されており課題でもある。

断続的な給水においては、水が無い時に配水管に砂が混入する可能性があり、気泡とともに、すべてのタイプのメーターに機能不全を引き起こす原因となる。PPWM では、砂と気泡の両方が政府機関用の PPWM に問題を引き起こすことがある。ただし、これは非公式居住地にある公共水栓用の PPWM には当てはまらない。NWSC の報告によると、ほとんどの非公式居住地は谷底

に位置するため（中央ウガンダの地形は、小川により形成された谷とそれによって分離された平らな丘陵で特徴付けられる）、そのような地区では、一般的に高所得者が住んでいる都市の高地部に見られるような水不足を経験していない。

ボックス3：PPWMの修理と補修に関するイノベーション

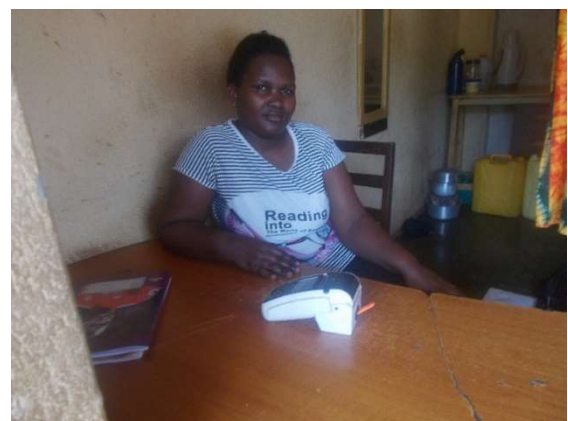
PPWMの障害の最も一般的な原因はバッテリーであるため、NWSCは現地で解決策を見つけることとした。NWSCのエンジニアは、現地で調達した部品を用いてバッテリーを製造した。これらのバッテリーにより、PPWMを使用した公共水栓の不稼働時間が短縮され、高価な輸入バッテリーの在庫を保持する必要がなくなった。NWSCは、バッテリーが継続的に充電され充電切れとならないように、PPWMの太陽光バッテリーを実験している。NWSCのエンジニアは、電子モジュールを含むPPWMの他の部品の改良にも取り組んでいる。一部の電子モジュールは、コンデンサなどの部品を交換することで修理されており、学習プロセスが進行中である。

1.7. 費用便益分析

ウガンダでのPPWM導入時には、コストと投資収益率の問題は大きな問題とはならなかった。PPWM設置の主な動機が、非公式居住地に住む貧困層に、水道事業体が設定した料金で安全な水利用を可能にすることであったためである。従って、NWSCは公共水栓用のPPWMの導入時に費用便益分析を行っていないと報告していた。しかしその後、費用便益分析が実施され、資本回収期間は7年であると示された。政府系機関へのPPWM設置については3年間の回収期間が示された。

1.8. クレジット販売の効率性

NWSCは、PPWM利用者から2 km以内にクレジット販売所を配置することを目指しており、対象の非公式居住地にはそれぞれ15から20のクレジット販売所があると報告している。好ましくは、これらのクレジット販売所が、すべての利用者のニーズを満たすのに十分である必要がある。実際、クレジット販売所/者を利用できないために、クレジットにアクセスするのが難しいと不満を言う利用者がいる。



注：課金用端末の端に突き出ている棒がトークンである。

図1. クレジット（課金用端末）とクレジットベンダー（課金端末管理者）。

1.9. 貧困層のための特別な枠組み

ある国では、PPWM が、貧困層の水へのアクセスを改善するための手段として推進されている。しかし、別のケースでは、PPWM が水を貨幣化し、貧しい人々の水へのアクセスを制限しているとして非難されている。カンパラでは、PPWM は、貧しい人々が公共料金で水にアクセスできるようにすることで、非公式居住地に住む貧しい人々の安全な水へのアクセス改善に貢献した。公共料金は最も低い料金で、公共水栓を介してのみアクセスできる。ただし、他の国とは異なり、PPWM は最小限の量の水を無料で提供したり、緊急時に無料の水を提供したりするように設定されていない。これは、ウガンダの現行政策（水の使用がまだ当然の権利と見なされていない）と、各戸接続の PPWM が採用されていないことによる。NWSC は、顧客が COVID の影響に対処するための特別な取り決めはなされていないと報告している。しかし政府は、ロックダウンのピーク時は、水道料金の未払いを理由に給水を停止してはならないと発表した。

1.10. データ管理

データ管理に関し、NWSC は、政府機関用 PPWM の顧客データベースの管理は、公共水栓用 PPWM の顧客データベースの管理とは異なると報告している。

政府機関用 PPWM の場合、顧客データベースは後払い顧客用のデータベースと統合されている。顧客の消費データはリモートで監視されている。水道事業体は、GPRS 通信を使用した Web ベースのデータ転送および顧客管理システムを使用している。NWSC によると、ゲートウェイと LoRa テクノロジー（モデムの APN カード）を使用して PPWM から顧客データを送信し、Web ベースで管理している。さらに、政府機関の PPWM 口座システムは、水道事業体の課金/口座システム/ソフトウェアと自動的に統合されている。

公共水栓用 PPWM の場合、顧客管理データベースは後払い顧客のデータベースと別々になっている。NWSC は、この場合「携帯端末からのデータダウンロードと販売所からのオンライン」がある（後払い式公共水栓の場合、請求時は携帯端末が使用され、データは水道事業体に伝送される。一方、公共水栓用 PPWM の場合、データは販売所や銀行などからオンラインで水道事業体に伝送される）と報告している。手動と Web ベースの両方でデータ転送と顧客管理システムが使用されている。公共水栓用 PPWM の場合、NWSC はゲートウェイと LoRa テクノロジーを使用せず、インターネット回線を使用する。公共水栓の PPWM 会計データは、水道事業体の課金および会計システムと自動的に統合されていない。公共水栓の PPWM の目的が異なることを考えると、現時点ではこれが最善のアプローチであると考えられていると説明された。ただし、月次収益などデータから集約された出力は、必要に応じて水道事業体の会計システムに転送される。NWSC は、公共水栓の月間消費量を平均 50m³/月と報告している。

1.11. PPWM 導入後のインパクト

- 費用：NWSC の報告によると、PPWM の導入後、政府機関と公共水栓の両方で顧客からの料金収入が増加した。NWSC は、バッテリーなどの部品のコストと、PPWM の定期的な監視およびメンテナンスのため、公共水栓用 PPWM の維持管理コストが増加したと報告している。
- 人的資源：NWSC の報告では、PPWM の導入後、政府機関と公共水栓ともに職員人数に大きな変化はなかった。ただし、既存の IT 職員および技術職員が、PPWM の問題を処理するための訓練を受けた（公共水栓用 PPWM に検針・請求プロセスはないが、定期的なメーターの監視と検針が必要である）。
- 無収水：NWSC の報告によると、無収水率は、政府機関の顧客では同じままであったが、公共水栓では減少したと報告した。ただし、政府機関は大量の損失水に対して料金を支払っていたため、システム内で無収水を減らす対策を講じたためと NWSC は報告している。NWSC によると、公共水栓での無収水の減少は、メーターのバイパスと盗水（違法行為）の減少によるものであった。（盗水の一部は、人々に再販するためにタンクに水を入れる個人的行為に

よるものであった。しかし、NWSC の料金体系では誰もが水にアクセスできるため、このような行為ができなかった。) NWSC は、PPWM および機械式メーター付き公共水栓における無収水率を区別していない。

- 給水：NWSC は、請求書に基づいて、政府機関および公共水栓の顧客への給水量を算定している。ただし、公共水栓 PPWM の場合、水道事業者は定期的な手動検針も監査として実施している。NWSC は、政府機関および公共水栓 PPWM の顧客に供給される水量に大きな変化はないとしている。同様に、給水時間にも目立った変化は見られなかった。NWSC は、PPWM の導入前に既に 24 時間給水をしている報告している⁴。

1.12. 課題と挑戦

NWSC が直面した PPWM に関連するさまざまな問題と課題を下表に整理する。

	課題と挑戦	政府機関 PPWM	公共機関 PPWM
1	規制・法的側面	PPWM の明確な方針がまだない	まだなし
2	調達	パイロット要件を伴う通常の調達プロセスに従う	PPWM を輸入する必要がある
3	技術・製品	想定よりも早い時期の故障、特にバッテリーと湿気と水漏れ	簡単に機器のアップグレードができない
4	PPWM のソフトウェア	システム クラッシュによるシステムダウン時間	アップグレードに時間を要する
5	費用便益	設置費、ライセンス料が必要。技術はまだかなり高価	コストがドルのレートで変動する
6	設置	PPWM には特別な設置保護が必要	土地保有制度
7	クレジット課金と販売	インターネット回線障害により、システムによるメーターへの課金が遅れることがある	携帯末端（クレジット販売機）の技術的欠陥
8	住民意識/啓発	なし	貧しいコミュニティの短期滞在者に対して継続的な啓発が必要
9	社会的側面	なし	人々の文化、宗教、価値観
10	顧客サービス	メーターレポートがサーバーに送信されないことがある	なし
11	維持管理	テストベンチを後払い式メーターと共有	なし
12	データ管理	レポート転送の遅延の原因となるインターネット回線問題	トークンベースのデータ転送では、全データ取得に時間を要す

1.13. PPWM 導入の成功要因

NWSC は PPWM 導入が成功したと考えており、PPWM 技術のインパクトは肯定的であると報告している。PPWM は政府機関顧客の未納金回収の効率化を可能にし、給水サービスの継続性を確保するのに役立っている。公共水栓用の PPWM の設置地区では、PPWM が広く受け入れられ、引き続き顧客によく使用されている。

⁴ NWSC は 24 時間給水の方針を維持しているが、水需要の急激な増加と継続的な供給により、カンパラの一部地域では供給が断続的になっている。NWSC は、この問題に対処すべく、新しい浄水場を Katosi に設置予定である。

PPWMは通常の後払いメーターと比較して高価であるが、特に公共水栓において、社会経済的利益が費用を上回っている。

PPWMの導入を確実に成功させるために、NWSCは以下を推奨する。

- PPWMの防護は寿命を延ばすために非常に重要である。
- 仕様が適切であり、設置が指示どおりに行われていることを確認する必要がある。
- 開始前のコミュニティの参加
- PPWMへの水の外部侵入と防湿。露からの防護（電子モジュールは湿気に非常に敏感。防水性として製造されているが、湿気に継続的にさらされると内部が結露し、故障の原因となる）。
- すべての段階で利害関係者の関与が必要である。さらに、水道事業者の幹部などからの管理サポートが必要である。
- PPWMの導入設置を管理およびメンテナンスするための専任チームを配置する必要がある。

現地調査写真



カンパラでのフォーカスグループディスカッション



Elster Kent 製 PPWM (カンパラにて)



破壊された公共水栓 PPWM (カンパラにて)



代替水源（カンパラ）、井戸（左）、水路（右）



後払い式メーター、カンパラにて
（住民が水を汲むためにジェリカンを列に並べることがよくある）



水道事業者が安い水道料金で提供しているにもかかわらず、仲介者がより高い料金で水を販売するために蛇口に施錠している（カンパラ）

2. ザンビア・ルサカ水衛生公社（ザンビア LWSC）

Lusaka Water and Sanitation Company in Zambia

2.1. 背景

ルサカ水衛生公社（LWSC）は 1988 年に設立され、1990 年に事業を開始した。LWSC は、ルサカ市と、カフエ、チョンウェ、ルアンワ、ルフンサ、チルンドゥ、シカベタの地方自治体が所有している。LWSC の総サービス人口は 2,716,780 人であり、121,470 世帯の顧客に接続している。LWSC の管轄区域の水道普及率は 87.5%であるが、水道メーターの設置率は 70%である。LWSC は 226,039m³/日の浄水を生産し、毎日平均 17 時間、水道水を給水している。

2.2. PPWM 導入の目的

PPWM 導入前、LWSC は後払いの水道メーター技術に関して多くの課題に直面していた。

- 顧客口座の多額の債務
- 手動による接続切断と再接続、およびメーター検針の非効率性
- 水需要管理（料金未納顧客による水の浪費）
- 貧弱な顧客サービス、高額/不規則な料金請求に関する苦情

LWSC は、ザンビアにおける PPWM 導入のパイオニアである。顧客が水道サービスへの支払いを怠ってきたため、財務的に水道事業を運営可能にさせるために、PPWM の導入を決定した。PPWM は、事前購入クレジット（水ユニット）を使い切ると水供給を自動的に停止すると認識されていたため、顧客に対して支払い督促や給水停止などの徴収強化をすることなく、水道事業体からより多くのクレジットを購入するよう強制するものと認識されていた。

LWSC による PPWM プロジェクトには、次のような他の目的もあった。

- 料金徴収の改善に必要な取り組み実施へのスタッフの関与を減らし、関連する料金請求費用と活動を無くすとともに、顧客とスタッフの間の馴れ合いをなくす。
- 利用可能な水資源の再分配を通じて、顧客への給水サービスの提供を改善する。
- 水の使用方法に対する顧客の意識を高める。
- より費用対効果の高い補助金付き料金で、貧しい世帯に水を提供する。
- 政府が設定した 100% メーター設置政策を達成する。

2.3. PPWM の実施

LWSC は 2009 年にパイロット PPWM プロジェクトを開始し、100%の料金回収と債権回収を達成した。水ユニットの購入ごとに、事前に合意された金額または事前設定されたパーセンテージを差し引くことで債権を回収した。2013 年に、LWSC は、可能な限り PPWM をデフォルト技術にすることを目的として、a) 公共水栓、b) 戸別接続、c) 商業・公共機関の顧客に PPWM の導入を開始した。

パイロットプロジェクトに加えて、LWSC は PPWM を導入している他国の水道事業体へのベンチマーキング訪問、公社内での PPWM チーム設立、PPWM 設置・維持管理にあたっての事前トレーニングと能力向上、対象コミュニティへの啓発活動を実施した。住民への啓発活動は、主にブランディング（branding）、ラジオ、テレビ、プリペイドメーターの印刷広告を通じて行われた。これらには、PPWM の使用方法とその利点に関する情報が含まれていた。

2.4. 顧客の選択基準

LWSC は、PPWM 導入の対象顧客を選択するため、次の基準を採用した。

- 良好な給水圧と信頼できる供給時間のある場所、住居
- 料金徴収率が低く、未納金が多い地域
- 政府施設
- 水道メーターが付いていない衛星都市（カフエ、ルアングワ、チョンウェ）

2.5. 関連規定

LWSCはNational Water and Sanitation Council (NWASCO)によって規制されている。NWASCOは、PPWM導入時の透明性、水道事業者によるあらゆる形態の搾取からの顧客の保護、および公益水道事業の財務的実行可能性を確保するため、プリペイドメータリング（前払い水道メーター）に関するガイドラインを提供している。NWASCOは、各水道事業者が後払いと前払いの両方のオプションを使用して、水道メーターの設置率を100%に改善することを要求している。NWASCO承認の標準水道料金は、前払いと後払いの両方の顧客で同じである。

2.6. PPWM製品

LWSCは、異なる3つのPPWMモデルを使用していた。

- 1) Infotronが提供するMATRA
- 2) Infotron（現在は廃止）およびMS Carbonが提供するUTILIMETER
- 3) Global Water Resource and MS Carbon（その他のモデルも供給）が提供するBAYLAN-AK311

LWSCには、合計121,470の顧客接続のうち合計13,110のPPWM接続がある。PPWMの顧客は、住宅（12,113接続）、商業/産業）789接続）、公共機関（72接続）で構成されている。LWSCは過去に、交換を含めて年間平均4,500件分のPPWMを設置した経験がある。

2.7. PPWMチーム

LWSCは、PPWM設置前後に、PPWMシステムの維持管理と持続可能な管理に関する訓練および能力向上トレーニングを受けた技術、販売（コマーシャル）、IT、および管理担当で構成される、多くの専門分野にわたるPPWMチームを編成した。コマーシャルチームは購入と消費の傾向を分析し、ITチームはPPWMやその他のソフトウェアの問題を修正し、技術チームは漏水とメーターの問題を解決する役割を持つ。

2.8. PPWM導入のインパクト

PPWMは、はじめに料金収入の増加があったため、収入に大きな影響を与えた。しかし、料金収入はその後減少し、さらにその後は横ばいになった。料金徴収に負の影響を与えたのは、メーターに関する大規模な技術的問題が原因と思われる。債権回収は継続的に加速してきたが、水道メーターの技術的な問題が増えるにつれて減少した。カフエの水供給は、慢性的な供給不足地域が正常に水を受け取れるようになったため、劇的に改善した。水道メーターの技術的な問題は、無収水にも負の影響を与えた。料金設定が低いため、低所得の顧客でもトークンを購入できる。

2.9. 課題と挑戦

LWSCは、パイロットPPWMプログラムの実施において多くの課題に直面した。これらの課題には、全顧客の敷地内における重点的な検査の必要性、物理的な検査が必要なパイプバイパスの問題が含まれていた。顧客が多額の債務（未納金）を抱えている場合、PPWMでは、顧客は水道料金の数パーセントしか返済していかないため、債務の回収が遅くなる。また、PPWMの顧客による節水行動により水の消費量が減少した（水道料金収入が減少した）。

PPWMシステムの使用に関してLWSCが直面するその他の課題は次のとおりである。

- 水質や給水圧などの管路網の物理的特性が、水道メーターの故障の原因となった可能性がある。
- さまざまな理由により、ほとんどのメーターが自動的に閉栓できなかった技術的な障害。
- 後払い方式では、給水を受けた後、支払いが可能になったときに支払えるという利便性があったが、前払い式では、前払いをする余裕がない顧客もいた。

- 水道企業体の職員のほとんどは、プロジェクトの開始時に PPWM 技術に自信がなく、PPWM に対するモチベーションが低かった。
- 水道メーターサプライヤーからの技術的サポートが少ない。

LWSCでは、サービス提供/水需要管理の改善、顧客施設内での無駄水の大幅な削減、収入の増加と債務回収の改善、請求関連の苦情の削減、給水停止の必要性の減少、電子制御バルブによるスムーズな給水停止など、PPWMを導入することによって肯定的な結果が得られた。しかし、技術的な問題が続いた後に、収入の増加が頭打ちになったり、PPWMの使用に関する新しいタイプの苦情が発生したりするなど、いくつか否定的な結果もあった。そのような苦情には、メーターが閉まらない、メーターからの水漏れ、バッテリーの故障、給水圧が低く場合、水が出ないなどが含まれる。

2.10. PPWM 成功のためのキーメッセージ

LWSCは、その経験に基づいて、PPWMを成功させるために以下の点を提案している。

- 上級管理職のコミットメント。
- PPWMの展開計画は綿密に計画する必要がある。
- PPWM技術は信頼された技術である必要がある。
- PPWMシステムを使用すると、水道企業体が大幅に資源を節約できる可能性がある。
- PPWMの導入を開始する前に、配水管網を確認する必要がある。
- 可能な限り、24時間年中無休の給水をする必要がある。
- 前払いに関する顧客の合意形成には相当な資源が必要。
- 料金と料金体系を顧客に説明するために十分な注意を払う必要がある。



ルサカの給水キオスク (左) の顧客とキオスク内の PPWM (右)



盗水から PPWM を保護：地上設置(左) と壁設置 (右) ルサカにて



ユーザーインターフェースユニット (UIU) カスタマーインターフェースユニット (CIU)



ルサカの典型的な顧客家屋への接続

3. ザンビア・ンカナ水衛生公社（ザンビア NWSC）

Nkana Water and Sanitation Company in Zambia

3.1. 背景

ンカナ水衛生公社（NWSC）は、1998年に設立され、2000年7月に事業運営を開始した。ザンビアのキトウェ、カルルシ、チャンビシの3つの町で事業を運営している。同公社は、67,223の顧客接続、96%の水道普及率、および80%の水道メーター設置率である。1日平均180,000m³の浄水を生産し、1日17時間給水している。

PPWM導入前、NWSCは高い顧客の未納率、低い水道メーター普及率、高い無収水率、違法接続、脆弱なバランスシート/不十分な流動性という大きな問題を抱えていた。これらの問題に対処するために、NWSCは、組織の再構築、未納顧客への大規模な給水停止、広報宣伝、より多くの支払所の開設、PPWMの試験運用を含む、5年間の企業計画と大幅な業務サービス改善計画を作成した。

3.2. PPWM導入の目的

入手可能な文献でレビューすると、PPWM技術は、i) 技術的な非信頼性、ii) 高い資本コストと保守コスト、iii) 貧困層の顧客に罰則を課すシステムであると批判されたが、それでもNWSCはPPWMの導入を決定した。PPWMの導入目的は、料金請求と徴収の強化、未納金の減少、無収水の削減であり、ひいては維持管理費用をカバーするための資金の流動性の改善である。

3.3. PPWMの実施

PPWMの導入に先立ち、同公社は、PPWMを実施した他の国内国外水道事業体への視察調査訪問、パイロットPPWMプロジェクトの開始、公社内PPWMチームの設立、PPWMの設置・維持管理のための導入前トレーニングと能力開発を実施した。

意識を高めるため、顧客や住民コミュニティ代表とのコミュニティ関与会議、利害関係者の関与と公表、州およびコミュニティラジオ番組への出演を通じて、対象コミュニティと一般市民の啓発活動も実施された。すべての前払い方式の対象区域で、導入後の一般向け啓発会議を四半期ごとに行った。

PPWMプログラムは、2012年に最初にBuyantanshiタウンシップでのパイロットから始まり、2015年に第2フェーズ、2018年に第3フェーズを展開した。

表2. フェーズ毎のNWSCによるPPWMパイロットプロジェクト

年	パイロット事業区域	対象顧客	対象世帯数
Phase 1 2012-2015 トークン	Buyantanshi Township	中所得世帯 - 安定した給水、顧客数が多い、低い徴収率、多くの債務者	240 HHs
Phase 2 2015 スマートカード	Kwacha East (2% NWSC Customer base)	低所得世帯、安定した給水、顧客数が多い、低い徴収率、多くの債務者	1,500 HHs
Phase 3 2018 STS タイプ	他のPPWM目標地区に展開 (Buchi, Kamitondo, Kwacha, Chimwemwe, Bulangililo and Buyantanshi)	低所得世帯 - 安定した給水、顧客数が多い、低い徴収率、多くの債務者	13,900 HHs

3.4. 顧客選択基準

パイロット PPWM プロジェクトの顧客を選択するために、以下の点が考慮された。

- 給水圧力が良好で給水時間が信頼できる特性と場所
- 徴収率が低く、債務が多い地域
- 政府機関（例：警察キャンプ）
- 支払いに消極的な商業カテゴリーの顧客

3.5. PPWM チーム

NWSC の PPWM チームは、設置前後の維持管理に関するトレーニングを受けた技術、コマーシャル、および管理担当で構成されている。職務は、LWSC と同じである。

3.6. 関連規定

LWSC と同じ。

3.7. PPWM 製品

NWSC は、中国の杭州にある Laison Technologies 社製の PPWM を使用しており、MS Carbon 社が LXSZ LoRa STS Prepaid Split Meter というモデルを供給している。これらの水道メーターは、スマートカード、STS、およびトークンをクレジット販売方法として使用する流速式水道メーターである。

3.8. PPWM 導入のインパクト

NWSC は、PPWM パイロット事業の実施にあたり多くの課題に直面した。これらの課題には、全顧客の敷地内における重点的な検査の必要性、広範な検査が必要なパイプバイパスの問題が含まれていた。また、多くの債務を抱える顧客にとって、未払金回収の速度が非常に遅かった。

その他の影響として、収入の増加が挙げられる。しかし、水の消費量は 66% 減少した。顧客が無駄を減らして節水したため、水道事業体はより長時間での給水が可能となった。

3.9. 課題と挑戦

PPWM の導入において NWSC が直面した課題と挑戦のいくつかを以下に示す。

- 調達：初期段階と比べ、NWSC は現在、PPWM の調達に関してより信頼できるソース（サプライヤー）を持っている。
- 費用対効果：初期投資費用は高いが、料金徴収の改善は瞬時に現れる。
- 設置：水道メーターは、浸水を避けるため、地面から離れた高い場所に設置する必要がある。
- 技術的な信頼性の低さ：初期のバッテリー障害、CIU/メーターの通信障害、水道メーターに課金できない、断続給水の影響を受けたバッテリーの低下。
- クレジットリチャージ（料金の課金）と販売：一旦トークンが発行されると、キャンセルすることはできない。
- 公共の認識：苦情・不満を言うすべての顧客を満足させることは大きな課題である。
- 社会的側面：全ての顧客がクレジット（ユニット）を購入できるわけではない。一部の顧客が井戸や違法バイパスなどの代替水供給源に移行することで、PPWM での水消費を減少させる可能性がある。
- 顧客サービス：データ集中管理ユニットなしで水道メーターを監視することは困難であり、堅牢な苦情処理システムもない。
- 維持管理：システムレポートが不十分、違法ケースを起訴する強力な証拠がない、技術スキル/能力の不足、高額なスペア部品、設置スペースの不足、コンピュータ化されたテストベンチの不足

- データ管理：PPWM のデータの移行ポリシー

主要な課題を解決するために、NWSC は解決策として以下を提案している。

- 技術的な信頼性不足：適切なメーター管理（例えば適切なメーターの設置）、給水が良好な地域のみでの設置、有能で熟練したスタッフ
- 貧困層顧客へのペナルティ：十分に確立され、正当な理由を有する措置と罰則ルールを設ける必要がある
- 代替水源への移行：NWSC は、井戸掘削を制限管理するための法律を提唱している。

3.10. PPWM 成功のためのキーマッセージ

- 専門の PPWM に関してよく訓練された職員
- 違法ケースの探査中に警察の協力を求める
- e-billing（電子請求書）が採用されている場合は、代理業者がクレーム、給水停止、その他の技術的な修理作業を処理する。
- バッテリーの故障に備え、クレジット購入制限を設けるべきである
- 支払いシステムはアップグレードできる必要がある（トークン>スマートカード>STS）
- PPWM を導入する前に、予備のプリペイドメーター、カードなどを十分に確保しておく必要がある。
- PPWM 機能には自動バルブ操作が必要である。
- PPWM システムは、データ集中管理ユニット（DCU）の設置時に、クレジットの課金、顧客をオフィスから（現場に行かずに）切断できる必要がある。
- すべての PPWM レポートは、分析時に簡単に Excel にエクスポートできる必要がある。
- 債務管理および回収ツールの準備
- 新しく便利な支払い方法の利用可能性。例えば、モバイルマネーとデジタルバンキング
- システムのローカルホスティングはより有利であり、コンプライアンスに準拠した管理を強化する。

4. ザンビア・カフブ水衛生公社（ザンビア KWSC）

Kafubu Water and Sanitation Company in Zambia

4.1. 背景

カフブ水衛生公社（KWSC）は 2000 年に Ndola 市議会、Luanshya 市議会、Masaiti 地区委員会の 3 つの地方自治体によって設立され、それぞれのサービス地域で水と衛生サービスを提供している。カフブの接続数は 66,798 件、給水率は 86%、メーター設置率は 71%、平均給水時間は 1 日 23 時間である。KWSC の 1 日あたりの水生産能力は 190,000m³ である。

4.2. PPWM 導入の目的

サービス提供の改善と、請求エラーに関する顧客からの問い合わせを管理するために、KWSC は PPWM の導入を決定した。PPWM 導入のその他の主な目的は次のとおりである。

- 100%の徴収率と未納金回収
- 無収水を削減させる
- 水道メーター普及率を改善する
- 課金のエラーを減らす

KWSC は、PPWM を理解するために、同業の公社と小規模調査を実施した。PPWM を試験運用した 3 社（ルサカ・ウォーターを含む）を視察訪問し、他の水道事業者への視察で得た教訓を活用し、約 30,000 個のプリペイドメーターを調達する計画を作成した。約 10,000 台のプリペイド式メーターがパモツィ、ルプト、ムシリ、警察キャンプに設置された。KWSC は、PPWM を導入するための段階的なプロセスを作成した。このプロセスは時系列で、選択、利害関係者の管理、設置、ソフトウェアの管理、および監視活動からなる。

PPWM 設置の対象地域の主な基準は次のとおりである。

- 無収水率の高い地域
- 給水圧が良好で供給時間が安定している地域
- 全ての対象住居がフェンスを有し、メーターが安全な場所に設置できること。
- 無収水率の削減、水道メーター設置率を高めることを目的に、プロジェクトエリア内のメーターの無い接続
- 徴収率を高め債務者を減少させるため、多額の債務を抱えている顧客。

4.3. 関連規定

LWSC と同じ。

4.4. PPWM 製品

KWSC はベンダーと契約を結び、地元サプライヤーである JARASH Investments から「Precision Meters」を調達した。メーカーはザンビアエレクトロメーター社である。Precision Meters は容積式で、クレジットの販売方法はトークン/コインである。

4.5. 課題と挑戦

PPWM の導入中に以下の問題が発生した。

- 断続的な給水が、PPWM の性能と精度に影響を与える可能性がある。
- 前払い方式の管理には、特に a) メーターの詰まりや b) バイパスなどの問題を解決するための広範な検査が必要である。
- 電子機器のバッテリーの初期不良は、メーターが交換されるまで、水道事業者が後払い方式に一時的に切り替える必要がある。
- PPWM は通常の後払いメーターよりも高価（約 4 倍）
- 顧客が 1 回の使用量うち一定の割合しか払わないため、未納金の回収速度が遅い。

- 啓発と優れた顧客サービスは常に必要である。

4.6. 結論

KWSCのPPWMは、上記のとおり小さな課題はあったものの、良好に進んだ。最大の利点は、PPWM 地区での料金徴収が 100%だったことである。管理には専任のプリペイドメーターチームが不可欠であり、物理的なメーター読み取りと検査が重要である。PPWM プロジェクトの成功は、十分な監視と評価が行われ、教訓が得られた後ではじめて決まる。

5. ザンビア・ムロンガ水衛生公社（ザンビア MWSC）

Mulonga Water and Sanitation Company in Zambia

5.1. 背景

ムロンガ水衛生公社（MWSC）は、2015年にチリラボンブウェ町で前払い式メーターのパイロットプロジェクトを開始した。このプロジェクトでは、300個の水道メーターが75,000米ドルの費用で設置された。プロジェクトはMWSCによって実施され、現在もMWSCによって管理されている。水道メーターは新規接続と既存接続の両方で設置された。

5.2. PPWM 導入の目的

PPWM の導入前は、MWSC は誤請求、顧客による巨額の負債（多額の未納金）の発生、高い無収水（NRW）、および断続的な給水（断水の頻発）といった問題に直面していた。同様に、無制御な水使用により、給水圧力も低かった。さらに、NWASCO ガイドラインを満たすために水道メーター設置率を改善するという経営トップと取締役会からの圧力が常にあった。

これらの問題を解決するために、MWSC は PPWM を導入し、特に徴収による収入増と、メーターの読み取り、請求、および集金の徴収業務の負荷軽減を目指すことを決めた。ドナーは、MWSC での最初の PPWM パイロット プロジェクトの初期資金を提供した。低所得地域、特に十分な給水圧で安定した水供給がある地域や、未払い額の多い地域で、プリペイドメーターの導入が計画された。

MWSC は 2015 年にパイロット事業を合計 60,000 の顧客を持つ低所得地域であるカスンバルザ地区（トランジットタウン）にて 300 個の PPWM から開始した。顧客は、MWSC が指定する課金所でクレジットを課金するか、トークンを購入する。PPWM は顧客敷地内の屋根付きボックス内に設置された。顧客にとって当初は受け入れ難かったが、設置後、顧客は PPWM を歓迎し、後払い式のメーターよりも公平に利用できると考えた。導入プロセスは以下のとおりである。

- ベンチマーキング訪問（国内外）
- 契約書の調達と署名
- 公社内でのプリペイドチームの設立
- 導入前トレーニング
- 対象地域での顧客との協議 - i) コミュニティ啓発の最中にドラマ（演劇）を実施、ii) コミュニティにチラシを配布、iii) 戸別訪問での啓発
- 戸別接続 PPWM の設置
- 設置後のトレーニング：メーターの検査、軽微な修理、操作とメンテナンス（直面したほとんどすべての問題が、現在、公社により解決されている）
- バルクプリペイドメーター（大型前払い式水道メーター）の設置
- モニタリング（監視）と評価

PPWM 設置対象地域の基準は次のとおりである。

- 高い無収水の地区と住居
- 給水圧が良好で、供給時間が安定している地域
- 全ての対象住居がフェンスを有し、メーターが安全な場所に設置できること。
- 無収水率の削減、水道メーター設置率を高める目的で、プロジェクト地区内で現在メーター未設置の顧客
- 徴収率を高め債務者を減少させるため、多額の債務を抱えている顧客

5.3. 関連規定

LWSC と同じ。

5.4. PPWM 製品

MWSC は、PPWM パイロットのプロジェクトを監督・管理するために、Zambia Electrometer 社をベンダーとして契約を結んだ。PPWM は、中国の最新の LAISON 社製を使用して、地元のサプライヤー SARO 社から供給された。メーターは流速式である。

5.5. PPWM 導入のインパクト

当初、維持管理コストは増加し、請求・料金徴収コストと顧客管理コストは減少し、ロジスティクスコストは不変であった。PPWM により簡単に未納金（債務）を回収できるようになった。請求書の印刷・配送費が減少した。職員（検針員）の労働負荷が減少し、他業務に配置することができた。公社は、メーター管理ユニットを設置した。トランザクトプリペイドメーター管理システムにより多くのレポートを作成でき、分析が容易となった。PPWM には、メーターに物理的な改造を加えようとするときにそれに応答し電子バルブを閉止する機能がある。これは、後払い式メーターには無い機能であり、無収水削減に役立つ。さらに、ほとんどの顧客が水利用について考えるようになった結果、無駄な水量を減らした。PPWM は、特に定額制の顧客と無駄水の多い地域での無収水率の改善に貢献した。全体として、PPWM の導入後、水道メーター普及率も改善された。

5.6. 課題と挑戦

MWSC が直面した課題を以下に示す。

- 違法ケースの場合、罰金の支払いにより、水道事業者による更なる顧客訴追の実施が制限される
- ザンビア市場では、後払いメーターに比べて PPWM サプライヤーが限られている。
- PPWM の管理には、特に a) メーターの詰まりや b) バイパスの探査などの問題を解決するための重点的な検査が必要である。
- PPWM ユニットの初期故障（特にバッテリーの故障）では、交換が行われるまで後払い式メーターに切り替えることが必要となる。
- 前払い式メーターは、通常の後払い式メーターより 3~4 倍高価である。
- 多額の未納金を抱えている顧客の場合、顧客は課金ごとに一定のパーセンテージしか返済しないため、回収期間が長期になる。
- データ管理：i) 悪天候と破壊行為によるメーターの故障、ii) PPWM のバッテリー寿命の低下、iii) バルブの開閉動作の不具合
-

5.7. PPWM 導入の成功条件

MWSC は、PPWM を成功させるための推奨事項として以下を挙げている。

- PPWM 製品を適切に選択することで、特に低所得地域や公的機関で成功を収めることができる。
- PPWM を監視するためには、水道メーター管理ユニットと IT 部門間の共同作業が必要である。
- 水道事業者は、PPWM の水道メーター管理とソフトウェアについて、可能な限り、サプライヤーからトレーニングを受ける必要がある。

6. ザンビア・ルカンガ水衛生公社（ザンビア LgWSC）

Lukanga Water and Sanitation Company in Zambia

6.1. 背景

ルカンガ水衛生公社（LgWSC）は、ザンビアの会社法 CAP 388 に基づいて設立された民間企業である。2006年3月21日に、セントラル州の地方自治体が所有する商業ユーティリティ（CU）として法人化された。CUは、セントラル州の都市および周辺住民への上下水道および衛生サービスの提供を改善するため、ザンビア共和国政府の水サブセクター改革の一環として設立された。

技術データ 2020年時点	
顧客接続数	29,655
年間水道生産量	12,952,608m ³
無収水率	48.8%
給水時間	18.5時間
水道メーター普及率	85%
全人口	456,494人
給水人口	380,718人
給水普及率	83.4%

6.2. PPWM 導入の目的

PPWM の導入以前は、LgWSC は低収入かつ高い無収率（50% 以上）の問題に直面し、一部地域では高い給水圧により不規則な請求書が発行されていた。これにより、同公社理事会は、特に以下を目的として PPWM の導入を決定した。

- 料金徴収を増やす
- 検針、請求、および料金徴収過程の負荷を軽減する
- 無収水削減
- メーター設置率の改善
- 100% の徴収率と債務回収の達成

LgWSC は、最初の PPWM パイロットプロジェクトの初期資金を提供した。前払い式メーターは、低所得地域、特に適切な給水圧、安定した水供給がある地域と債務の多い地域を対象とした。

LgWSC は、2016年6月にカブウェとカピリムポシの2つの町でプリペイドメーターパイロットプロジェクトを開始した。このプロジェクトでは、1,471箇所各戸接続メーターと37箇所のバルクメーターが総額380万クワチャで設置された。このプロジェクトは、RSAのUtility World and Systems社とのパートナーシップにより、Infotron社と契約して実施された。LgWSCがシステム自体を管理できるようになるまで、ソフトウェアシステムはベンダーによって管理されることが合意された。PPWMは、新規接続と既存接続の両方に設置された。実施過程は以下のとおりである。

- ベンチマーキング訪問（国内外）
- 契約書の調達と署名
- 公社内でのプリペイドチームの設立
- 導入前トレーニング
- 戸別接続 PPWM の設置
- バルクプリペイドメーター（大型前払式水道メーター）の設置
- モニタリング（監視）と評価

PPWM 設置の対象地域の選定基準は以下のとおりである。

- 給水圧が良好で、供給時間が安定している地域。

- 全ての対象住居がフェンスを有し、メーターが安全な場所に設置できること。
- プロジェクト地区内でメーター未設置の接続があるところ。
- 徴収率を高め債務者を減少させるため、多額の債務を抱えている顧客。

6.3. 関連規定

LWSC と同じ。

6.4. PPWM 製品

LgWSC は、PPWM のパイロット段階を監督・管理するために、ベンダー「Zambia Electrometer 社」と契約を結んだ。PPWM は代理店から調達された。調達先は、i) Utility systems – South Africa, ii) Global Water (Baylan)- German Model AK311、iii) Liaison Technology – China である。メーターは容積式である。

6.5. PPWM 導入後のインパクト

PPWM により、債務の回収が容易になった。請求書の印刷と配布のコストが削減された。PPWM の改造探知モードは、電子バルブを閉じることでメーターの物理的な改造の検出に役立ち、無収水率の削減にある程度役立った。さらに、ほとんどの顧客が水を賢く使うようになったため、無駄水を減らした。PPWM は、特にメーターが設置されておらず水の浪費が多い地域での無収水率の改善に貢献した。LgWSC のメーター設置率は、PPWM の導入後に 71% から 74% に増加した。

6.6. 課題と挑戦

プリペイドシステムの管理には、特に a) メーターの詰まりや b) バイパスの検出などの問題を解決するために、重点的な検査が必要である。電子機器内のバッテリー50個が早期故障したため、LgWSC は、保証期間内に交換品が送られるまで、影響を受けたメーターを一時的に後払いモードに戻す必要があった。LgWSC は、ベンダーから故障分析に関するレポートをまだ受け取っていない。PPWM は後払いメーターの 3~4 倍と非常に高価である。未納金の回収スピードは遅く、啓発活動と優れた顧客サービスは常にリソースを必要とする。

6.7. 結論

PPWM プロジェクトは、いくつかの小さな課題を抱えたが順調に進んだ。最大の課題は、バルクメーターが間違ったプログラミングをされていたことである。しかし、すぐに問題は特定され修正された。効果的な管理には、専用の PPWM チームが推奨される。徹底した検査は、違法接続ケースを迅速に特定し、無収水の削減にも役立つ。

7. モザンビーク・マプト水道公社(AdeM)

Águas da Região de Maputo (AdeM) in Mozambique

7.1. 背景

マプト水道公社 (AdeM) は、モザンビークのマプトにある水道事業体である。AdeM には現在 250,000 人の顧客がおり、そのうちプリペイドシステム (2500 栓) に接続しているのは 1% のみである。前払い方式の顧客のうち、2400 栓が一般家庭用の顧客であり、100 栓が商業用の顧客である。設置は、2017 年の一回のみであり、設置率は減少傾向にある。

7.2. PPWM 導入の目的

AdeM は、請求に同意しない顧客からの多数の苦情に直面した。さらに、徴収率の低さと無収水率の高さにも奮闘していた。給水は断続的だが (1 日 12 時間)、給水圧は良好であった。

7.3. PPWM の実施

2015 年、AdeM は INTELLICA 社を雇用し、2015 年～2019 年の戦略事業計画を作成した。そのコンポーネントの一つに市場調査が含まれていた。料金請求金額が、顧客と AdeM の間の紛争の重要な要因であると報告された。プリペイドシステムの下で、顧客は水消費を抑えて請求を減少させると仮定し、AdeM は 2017 年にマプトにプリペイド式の水道メーターを導入した。資金はドナーによって管理され、資金回収期間は 5 年と計算された。

7.4. 維持管理

AdeM による PPWM メーターへの交換は、既存メーターの不具合によるものである。顧客は、同社の店舗で電子プラットフォーム (Mpesa と RecargaAki) を通じてクレジットを購入する。課金場所は街のいたるところに設置されている。PPWM は通常、顧客の敷地内に設置され、ボックスでカバーされていない。水道メーターを交換または新設するためのインセンティブは提供されていない。新規設置の PPWM のコストは全て水道事業体がカバーする。AdeM には、PPWM の維持管理および顧客管理の専用チームがあり、このチームは、プロジェクトマネージャー、販売技術者、配管工で構成される。

7.5. 住民啓発

導入にあたって顧客の個別相談を行い、彼らの意見も参考にした。しかし、PPWM の導入前後で、一般向けの啓発キャンペーンは行われなかった。AdeM が実施した満足度調査によると、顧客は自分で水使用量を管理できるという理由から、概ね良好であることがわかった。住民がプリペイドメーターの設置を拒否した場合でも、住民の意思を尊重し後払いメーターを残した。

7.6. 関連規定

AdeM による PPWM 設置は AURA によって規制されている。AURA は国内の後払いメーターシステムも規制している。料金体系も後払い式の料金体系と同じである。

7.7. PPWM 製品

AdeM が使用するプリペイド式水道メーターには、中国製と南アフリカ製がある。マプトでプリペイド式メーターを提供しているのは、Triana 社、Wihananah 社、Kaslo 社、Mixuene 社、Sotux 社、Mozzelec 社、Tsenane 社 である。PPWM はすべて流速式である。これらのメーターはトークン/コインで操作される。サプライヤーによるアフターサービスは無い。故障率は約 16% で、バルブのロックアウト (動作不良) とバッテリーの故障が主な問題である。しかし、AdeM は、故

障したメーターの修理能力を有していない。予備のバッテリーは市販されているが、他の部品は入手できない。

7.8. 顧客サービス

PPWM は水道事業体が所有しているが、PPWM の盗難や損傷は顧客が弁償する必要がある。AdeM は定期的な点検、修理、メンテナンスを行い、必要に応じてメーターやバッテリーを交換している。故障の場合は、AdeM が無料で PPWM ユニットの交換する。PPWM ユニットが有効期限切れになった場合も同様である。また、AdeM は、顧客がトークンに課金するたびに 50%の割合で債務を回収している。

バイパス、メーター破損、バッテリー取外し等の不正使用問題がある。このような違法接続は、水を頻繁に購入しない顧客の徹底的な分析により発見される。このような違法ケースには法的処置がとられる。さらに AdeM は、購入水量に対する消費水量の定期的なチェックも実行している。PPWM の顧客から寄せられた主な苦情は、メーターと CIU の継続的な故障、頻繁なバッテリーの放電、顧客が理解できない不明瞭な料金表である。AdeM にとっては、PPWM の顧客が支払えなくても問題ではない。しかし、COVID-19 が原因で PPWM の支払いに関する問題に直面している顧客のために、AdeM は債務回収中断の規程を設けた。

7.9. データ管理

PPWM の顧客データベースは、後払い顧客データベースと分離している。AdeM は、Web ベースのデータ転送と顧客管理システムを使用している。PPWM から顧客データを送信するためのゲートウェイと LORA テクノロジーは採用していない。売上情報とともに月次レポートが作成される。

7.10. PPWM 導入のインパクト

PPWM の導入後、AdeM の料金徴収は増加した。維持管理、請求と回収、顧客管理、およびロジスティクスに関するコストが減少した。PPWM 導入後も従業員数と顧客数には変化がなかった。一方、顧客が自己の漏水をすぐに修理し、配水管網内の他の漏水を報告したため、水の損失は減少した。1 日あたりの水消費量も、最初は 10%減少したが、その後は従来の消費水量に戻った。ただし、給水時間に変わりはない。

7.11. 課題と挑戦

AdeM は、前払い式水道メーターに後払い料金を適用しているが、これが顧客を説得するための課題となっている。機材の調達コストは比較的高い。同様に、プリペイドメーターユニットの絶え間ない動作不能も大きな課題である。貧弱なレポート機能とデータ利用性のギャップ、情報の整合性エラー等は PPWM のソフトウェア上での課題である。導入コストが高いため、資本回収期間が非常に長い。以下のとおり、維持管理上の課題もある。

- 管理システム等の改善
- 継続的なトレーニングの必要性
- メーターの低い選択性と高価格
- 修理ワークショップの設置
- メーター校正の導入

7.12. 提案

AdeM は、PPWM が料金請求に対する苦情を減らし、水の合理的な使用を促進し、さらに水の損失を減らしたため、Maputo での PPWM 導入は成功したと考えており、PPWM を継続して促進したいと考えている。AdeM は PPWM の経験から、各対象地域の具体的な状況を考慮してメータ

一を調達する必要があると感じている。また、PPWMユニットの頻繁な故障を避けるために、長持ちするバッテリーの重要性も認識した。専任のPPWMチームも、顧客の希望を満たすために重要な要素となるであろう。メーターの価格は品質と関係が無い。また、AdeMはPPWMの望ましい仕様を十分にリストアップし、価格だけに基づいて決定を行わないよう推奨している。PPWMの成功のためには、サプライヤーによるトレーニングが、特に設置時に重要な点となる。PPWMの管理には、PPWMとGISを組み合わせることが有効である。

8. ケニア・ナイロビ水衛生公社(ナイロビ WSC)

Nairobi Water and Sanitation Company in Kenya

8.1. 背景

ケニア・ナイロビ水衛生公社 (NWSC) では、料金収入の増加、検針と料金徴収の作業負担の軽減、公共水栓/給水キオスクを通じて低所得世帯に給水することを目的に、2017 年に前払い式水道メーター (PPWM) を導入した。貧困緩和策として PPWM を導入し、持続可能性も確保できる最低料金で水を提供できるように計画した。PPWM を開始するために自己資金を使用した。費用便益分析はしなかった。

8.2. 関連規定

低所得地域では、水道サービス規制局 (WASREB) で承認された低所得地域の給水キオスク向けの料金体系で、PPWM の水を供給されなければならない。給水キオスクの水道料金は、国の規制当局である WASREB によって設定されている。

8.3. Products 製品

使用した PPWM 製品形式は、ケニアの現地サプライヤーである Maji Milele 社 が提供するオランダの SUSTEQ 社製である。PPWM の種類は機械式、容積式で、トークンで動作する。

8.4. PPWM の実施

2017 年に開始した主な対象地域は、低収入の都市計画外の非公式居住区である。全顧客数は 30 万、4,018 箇所 の公共水栓がある。そのうち PPWM に接続されているのは、165 箇所の公共水栓のみで、25,000 の顧客にサービスを提供している。年平均約 60 個の新しい PPWM が設置 (または交換) されており、その設置は増加傾向にある。PPWM の顧客は、市内 165 か所にある PPWM 課金所で管理人からクレジットを購入できる。顧客から課金所までの距離は地域によって異なる。PPWM のほとんどは、顧客の敷地、公有地、大家の敷地に設置されている。PPWM はボックスに入れられ保護されている。PPWM の管理人は、総売上上の一定の割合を管理料として受け取っている。

8.5. 住民啓発

住民は設置前にコンサルテーションを受け、特に支払い可能な水の価格と PPWM の保護について住民の意見が考慮された。コンセンサスを得るために、公聴会/利害関係者会議/コミュニティ会議が実施された。導入に先立ち、PPWM を使用する利点、サービス内容と給水水質を顧客に説明するために啓発キャンペーンが実施された。導入後も、水道事業体は PPWM の使用について顧客にトレーニングを行った。同様に、顧客満足度調査も実施した。後払い式メーターを PPWM に置き換えた顧客は、請求書の蓄積が減るため非常に好意的だった。設置は啓発キャンペーンの後に行われたため、住民の設置拒否はほとんど見られなかった。

8.6. 顧客サービス

PPWM は水道事業体が所有しており、定期的なチェック、修理と保守、メーターとバッテリーの交換も担当している。不具合が発生した場合は、水道事業体が自費で修理し、修理不可能な場合は交換する。PPWM には債務回収システムはない。水道事業体は、定期検査中に発見されるバイパスの問題に直面している。違法接続の状況に基づいて逮捕、罰金が課される。定期的な現場訪問を通じてモニタリングも行っている。主な顧客の不満は、低給水圧時に顧客が PPWM から水を手に入れないことである。

8.7. 貧困緩和

水道事業体はすべての顧客は水道料金を支払う余裕があると判断している。社会的事例（貧困等）があるかもしれないが文書化されていない。一部の低所得地域では、COVID-19 拡大の期間に、無料で給水を行った。

8.8. データ管理

PPWM の顧客データベースは、後払いと前払いとで分離されている。水道事業体には、給水登録時に顧客データを収集する専門員がいる。Web ベースのデータ転送および顧客データ管理システムはない。サプライヤーには、PPWM を管理するための独自のソフトウェアがある。請求と会計は、サプライヤーが提供するソフトウェアを使用して別途行われる。

8.9. 組織

水道事業体には、電気技師と配管工の職人で構成される PPWM の運用と管理のための専任チームがある。専任チーム員数は 9 人である。

8.10. PPWM 導入のインパクト

PPWM の導入後、料金収入は増加した。運用と保守、請求と料金回収にかかる費用は減少したが、顧客管理と管理（ロジスティック）費は増加した。PPWM 管理を支援する従業員の数に変更はなかった。サプライヤーは、特に設置とメンテナンスのために水道事業体で数人のスタッフを訓練した。PPWM の新規顧客の年間増加数は 5,400 件であった。PPWM の導入後、無収水は減少した。

PPWM は GSM 対応ですべてのデータを転送してくる。例えば、水の消費、販売、クレジット、バッテリーの状態などを自動的に送信する。PPWM は、未給水地域で導入されたため、水の消費量への影響を判断できなかった。ただし、PPWM の設置後は、給水時間の増加がみられた。PPWM には、配水管からの給水がない場合には、高架タンクに貯留された水が供給されることがある。

8.11. 課題と挑戦

ナイロビの PPWM システムの主な課題は、PPWM の単価が高く、投資回収のために長期間を要することである。水道料金が低いため、PPWM への投資を思いとどまらせている。クレジット課金に関する大きな問題の 1 つは、トークンが機能不全になったときにトークンが保持しているクレジットへのアクセスに関してである。違法接続を特定するには、現場での検査が必要である。その他の問題は、PPWM の破壊行為である。水道事業体は破壊行為による破損を修復し、サプライヤーは契約に従って必要なスペアパーツやソフトウェアサポートを提供する。導入から 1 年経過した時点で、一部の破壊行為も含めて故障率は 10% 近くに上った。その他の機能不全の原因としては、バルブやバッテリーの故障がある。水道事業体は、故障したメーターを修理するためのワークショップを有している。すべてのスペアパーツは、メーカーの現地代理店から入手できる。水道事業体にもメーター ベンチがあるが、PPWM のメーターの精度チェックは行われていない。水道事業体は、主に PPWM のセキュリティとクレジット販売を目的として、販売員と MOU（合意書）を締結している。一部地域では給水が断続的であるが、空気侵入は問題ではない。

8.12. 提案

水道事業体の報告によると、ナイロビでの PPWM の導入は成功と見なしている。PPWM は顧客データの管理が容易であり、課金も容易であるため、PPWM の導入と促進を継続する予定である。さらに、PPWM での水量の記録は簡単で、最終的には無収水も削減されるだろう。ナイロビ

の水道事業体は、PPWM が、特に都市計画外の非公式居住地での給水サービスの管理を容易にすると提案している。PPWM では請求書が滞留しないため、負債が無くなる。ただし、水道事業体は、市場でより手頃な価格の PPWM を探査する必要がある。

主な推奨事項は、従来型のように電力を使わずに太陽光発電を使用して PPWM を推進することである。PPWM 導入の成功には、コミュニティ啓発と参加が非常に重要である。

9. ケニア・ナクル水衛生公社(NWSC)

Nakuru Water and Sanitation Company in Kenya

9.1. 背景

ナクル水衛生公社 (NWSC) は、ケニアのナクル市にある水道事業者である。PPWM は、2012年にパイロットプロジェクトとして15ユニットで始まった。NWSCの顧客数は46,389である。PPWMを備えた公共水栓の数は155箇所であり、約3875世帯にサービスを提供している。PPWMの設置は継続的ではなく、主にプロジェクトベースで導入されている。

9.2. PPWM 導入の目的

ケニアのナクル市は、主に以下の目的でPPWMを導入した。

- 料金収入の増加
- 検針、請求、料金徴収の各手順における負荷を軽減
- 公共水栓を通じて低所得者に水を供給
- 利用可能な水を効率的に分配し、低所得地域の衛生状態を改善する
- 給水キオスクで水を汲むためのアクセス時間を短縮する
- 過大な料金請求する仲介者を排除する

PPWM設置前、ナクル市は低所得地区での水の不正使用のために、料金収入の低下の問題に直面していた。これらの低所得地区のほとんどの家主は、給水接続をする金銭的余裕がなかった。給水接続者は料金の支払いの意思は低かった。多くの顧客が水道本管に穴をあけて不法に水を汲み上げ、それが大きな物理的損失につながるため、PPWM導入前は、無収水率が高かった。PPWM導入前の給水も断続的で、多くの低所得地区で週に3日各12時間しか給水されていなかった。水道施設への破壊行為とそれによる水の不正取得による物理的な損失により、給水圧は低下した。

9.3. PPWM の実施

水道事業者は、供給水量に比べて水道料金の徴収が非常に少ないことを理解していた。そのため、水へのアクセスと価格設定を考慮して、PPWMを開始することとした。また、水道事業者は、低所得地区の顧客が通常1か月に1～6ユニット (m³) の水を消費していると考えていた。これは貧困層に分類され、WASREB規制の下でも保護されている。支援する主なドナーはUSAIS、WSTF、U.E、VEIであった。水道事業者は費用便益分析を行い、資本回収期間が3年半であることが判明した。

9.4. 住民啓発

住民はPPWM導入前に、公聴会/利害関係者会議およびコミュニティ会議を通じてコンサルテーションされた。設置に先立って、低所得地区の家主との公開会合も開催され、その後、家主とテナントとの会合が行われた。設置後、水道事業者はPPWMからの水の使用/取り出しを実演し、異常を報告する方法を顧客に教えた。設置後に行った満足度調査結果では、顧客満足度が高く、好意的だった。家主が蛇口に施錠して水を管理していた以前とは異なり、借家人はいつでも水にアクセスできた。

9.5. 関連規定

料金表と運用基準は国の規制当局によって管理されており、唯一のガイドラインがマニュアルとして提供されている。

9.6. PPWM 製品

Nakuru は、Elster Kent 社製のプリペイドメーター（2012～2015年）と Tag メーター（2016年）および WAARI 社製 スマートメーター課金端末（2020年）を使用している。主要なサプライヤーは、Nairobi Iron Mongers 社、Maji Milele 社と KABS 社である。容積式と超音波式の両方のプリペイドメーターが使用されている。課金方法は、トークン（2018年まで）であったが、2020年から IC カードシステムにアップグレードされた。

新しく設置された PPWM には、ローカルの電子支払いシステムである MPesa からクレジットを購入するオプションがあるが、顧客は課金所でトークン/スマートカードで課金している。合計 6カ所の課金所あり、顧客からは約 2km のアクセス距離にある。PPWM のほとんどは家主の敷地内に設置され、52 個の PPWM は給水キオスクに設置されている。すべての PPWM はボックスで保護されている。顧客に料金に関するインセンティブはないが、給水キオスク管理人は水道事業者からクレジットを半額で購入することができる。

9.7. 顧客サービス

水道事業者は PPWM を所有しており、定期的なチェック、修理、メンテナンスを担当している。水道メーターの交換とバッテリーの交換も、水道事業者と PPWM の設置者の責任である。設置、修理、メンテナンスのすべての費用は水道事業者が負担する。水道メーターの機能をチェックし、顧客に満足してもらうために、毎日の監視が行われている。水道メーターの交換は、水道メーターに欠陥があり、保証期間を超えている場合にのみ行われる。顧客からの主なクレームは、バッテリーの寿命と電磁弁についてである。

情報提供者や水消費動向分析や定期的なモニタリングを通じて、違法なバイパスが発見されるケースもある。違法なバイパスを行っている顧客はシステムから遮断され、30000 ケニアシリングの罰金が科せられる。

9.8. 貧困緩和

PPWM は、特に貧困者向け水道料金（pro poor tariff）を採用する低所得地区を対象としている。これらの顧客は戸別の水道接続を持たないため、公共水栓型の PPWM を使用している。ナクルでは、顧客がトークンの支払いや課金ができないという経験はない。ナクルの水道事業体には PPWM による債務回収の仕組みはない。

9.9. 課題と挑戦

ナクルでの PPWM の維持管理の主な課題は、バッテリーの消耗、電磁弁、サプライヤーの問題である。ソフトウェア、トレーニング、およびスペアパーツの一部はサプライヤーによって提供されるが、サプライヤーには問題がある。PPWM の故障率は、ナクルでの 3 年間の実績で約 40% である。主な原因は製品の故障である。水道事業者には、故障メーターの修理職員がいるが、スペアパーツが不足している。また、ソフトウェアの問題は、多くの場合、製造元に問い合わせが行われる。バッテリー、ストレナー、メーターは地元の市場で入手できるが、価格は非常に高い。電磁弁、LCD、およびソフトウェアは、現地の市場では入手できない。水道事業者は、校正用の携帯用メーターテストベンチと超音波流量計がある。給水は一部の地域では連続的であるが、他の地域ではほとんどが断続的である。断続的な給水のため、空気混入が問題となるため、配水管網には空気弁が取り付けられている。

9.10. データ管理

前払い式と後払い式のメーターの顧客データベースが統合されている。給水地区は 5 つのゾーンに分かれており、課金所はゾーン内に設置・管理されている。顧客データは、NAWASSCO サ

ーバーオフィスにある。水道事業者は、Web ベースのデータ転送、ゲートウェイ、および LoRa テクノロジーを使用している。PPWM の会計システムは、水道事業者の課金/会計ソフトウェアと自動的に統合される。公共水栓型 PPWM 使用者の平均月間水消費量は 480 m³/月である。

水道事業者には、専任チームがあり、設備技術的な問題については配管工、課金所の管理については顧客サービスが、情報技術的な問題については IT 部門が対応している。しかし、総職員数は変化していない。一部の専門職員が PPWM の機能をチェックしている。

9.11. PPWM 導入のインパクト

水道事業者の請求と料金徴収のコストも増加したが、料金徴収は増加した。運用と保守の費用は変わらず、顧客管理と管理コストは減少した。総顧客数は 5,200 に増加し、水の損失は減少した。

Elster Kent 社製の PPWM は容積式であり、販売されたトークンと比較するために毎月検針が行われる。最新の WAARI 社製 PPWM は読み取り値をサーバーに送信してくる。水消費量は、PPWM の設置前と比べて 2 倍となった。

9.12. 課題と挑戦

- 水道事業者は PPWM システムの経験が少なく、効果的な PPWM や設置条件、費用対効果等を決定することが難しい。
- 水道事業者には、製品に関する技術的ノウハウが不足している。
- PPWM ソフトウェアの保守費用が高い、運用保守費用も同様である。
- PPWM の啓発活動に対応するためのリソースが少ない。
- 低所得地区の収入レベルが、PPWM 普及拡大の主要な社会的障壁でもある。
- PPWM が故障しスペアパーツの調達が遅れた場合、多くの苦情や顧客の不満を招く。
- PPWM のデータ転送と管理にはネットワークの問題がある。

9.13. 提言

ナクルの水道事業体は、PPWM システムを成功と見なしている。由は、主に顧客が水へのアクセスが容易となるだけでなく、水道事業体が料金徴収を前払いで徴収できるからである。今後、PPWM システムを継続、促進する計画である。

教訓としては、寿命の長い PPWM バッテリーと無料で水を出さない電磁弁の選定である。その他の提案事項には、費用対効果が高く技術的に合格した水道メーターの調達が含まれる。水道事業体によると、PPWM システムの成功は、顧客への啓発、費用対効果の高い水道メーター、および容易に入手可能なスペアパーツにかかっている。

第3部: PPWM 導入に当たっての留意事項 (執務参考資料)

目次

1. 導入目的	2
1-1 PPWM の導入目的は、水道料金収入の増加であるが、その他の目的も期待されている。 2	
1-2 導入の最終目的は、料金収入の増加ではなく、給水サービスの改善とすべきである。 .2	
2. 導入方法	3
2-1 どのような手順で導入するか検討しよう。	3
2-2 PPWM 導入前に調査を行い、技術的・財務的・社会的な持続性を確認する。	4
2-3 顧客特性や給水状況等を考慮して PPWM 導入対象を選定する。	5
3. 社会的弱者への配慮	6
3-1 ほとんどの水道事業体は、貧困層への水へのアクセスを確保するための対策を検討・ 導入しており、PPWM の導入に際しては極めて重要である。	6
3-2 貧困層支援政策 (pro-poor policy) に焦点を当てて PPWM を導入している水道事業体も ある。	7
4. PPWM システム	8
4-1 PPWM システムの構成要素を理解する。	8
4-2 PPWM の定期的なデータ (水使用量、使用クレジット等) の取得にはゲートウエーの 設置が推奨される。	10
4-3 多様な先進機能を有する PPWM の機能を理解する。	10
4-4 設置環境に最適な PPWM のメーター形式を選定する必要がある。	11
4-5 技術的な持続性を確保するために、維持管理を考慮して製品ブランドを選定する必要 がある。	12
4-6 課金するための様々な方法がある。課金方法は I T 環境と顧客の利便性を考慮する必 要がある。	13
5. 住民/顧客啓発	14
5-1 PPWM 受容性の向上には、住民/顧客の啓発活動が重要である。	14

5-2	顧客満足度は、PPWM の運用の成功に重要な役割を果たす。水道事業体は顧客満足度を維持することが重要である。	15
6.	維持管理.....	16
6-1	水道事業体は故障対応を独自で実施するのか、外部に委託するかを決める必要がある。 16	
6-2	PPWM システムを既存の会計システムと統合することで、水道事業体は、PPWM の顧客を含む全ての顧客データの監視と会計システムの運用を効果的に行うことができる。	17
6-3	LoRa ゲートウェイシステムにより、様々な顧客データを定期的に受信でき、顧客サービスや無収水管理に利用できる。	17
6-4	PPWM を導入しても違法接続に対する対策は必須である。	18
7.	導入効果.....	18
7-1	PPWM 導入の最大のメリットは料金収入の増加であり、その他副次的な効果も期待される。	18
7-2	導入により、水道料金収入が増加し、請求、徴収、顧客管理等のコストが削減した。 19	
7-3	顧客の水使用量が平準化した。PPWM は公平な水使用を促進している。	20
7-4	顧客の水道料金支払い額が平準化した。	21
7-5	COVID-19 パンデミック下でも PPWM の料金徴収は安定していた。	22
8.	導入後の組織と顧客の変化	23
8-1	PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題	23
8-2	PPWM 導入後の顧客行動の変化	25
9.	導入による課題.....	26
9-1	PPWM システムは、新しい課題をもたらしている。	26
10.	教訓に基づく提言	27
10-1	PPWM 導入を成功させるための提言	27
11.	PPWM の導入動向とニーズ	30
11-1	サブサハラアフリカでは、当初計画通りには PPWM の設置は済んでいないが、公共機関への設置や課金方法の多様化が進められてきた。	30
11-2	世界の他の地域での PPWM の導入実績はまだ非常に限られている。	31
11-3	未納金の多い公共機関への PPWM の適用、オンラインやモバイル決済による課金、公共水栓用 PPWM への太陽光バッテリーの採用等のニーズが高まる可能性がある。	32

表 目 次

表 1. 調査した水道事業体の一覧.....	1
表 2. PPWM 導入前の課題と導入目的.....	2
表 3. PPWM システムの構成要素.....	8
表 4. 多様な PPWM の機能.....	10
表 5. 3 種類の水道メーターの評価.....	11
表 6. 各水道事業体のクレジット販売状況.....	13
表 7. 水道事業者による啓発活動の種類.....	14
表 8. 違法接続.....	18
表 9. PPWM 設置前後の水使用量の比較.....	20
表 10. PPWM 設置前後の水道料金請求徴収額の比較.....	22
表 11. PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された問題.....	23
表 12. PPWM 導入後の顧客行動の変化.....	25
表 13. PPWM 導入を成功させるための提言.....	27
表 14. サブサハラアフリカの PPWM 設置動向.....	30

図 目 次

図 1. PPWM システムと LoRA ゲートウェイシステム.....	8
図 2. ジェニン市のパイロット地区 (PA3) の月別料金徴収率.....	20
図 3. 顧客グループ毎の PPWM 設置前後の顧客の平均水使用量.....	21
図 4. 顧客グループごとの PPWM 設置前後における水道料金 (導入前 (請求額、徴収額) と導入後のクレジット課金額).....	22
図 5. COVID-19 流行前後における前払い式と後払い式メーターによる徴収料金と徴収率...	23

写 真 目 次

写真 1. PPWM システム.....	10
写真 2. 容積式水道メーター内の異物.....	12
写真 3. PPWM 手前での違法接続.....	18

第3部：PPWM導入に当たっての留意事項（執務参考資料）

調査した水道事業体

水道事業体のPPWMに関する調査結果を第1部、第2部で取りまとめた。本パートでは、各水道事業体のPPWM導入実績に基づいて、各水道事業体間の比較分析結果及びそこから導きだされるPPWMを導入する上での留意事項を示す。留意点は11項目に分類されている。詳細については、報告書の第1部、第2部および付属資料を参照されたい。本資料では、※（）内は、ケーススタディにて実際にPPWMの効果が確認された事業体を示している。

表1. 調査した水道事業体の一覧

国名	水道事業体	自治体	PPWM顧客タイプ
パレスチナ	ジェニン市	Jenin ジェニン	一般家庭、商業
ザンビア	Lusaka Water and Sanitation Company ルサカ上下水道公社	Lusaka ルサカ	一般家庭、商業、公共機関、 公共水栓
	Nkana Water and Sanitation Company ンカナ上下水道公社	Nkana ンカナ	一般家庭、商業、公共機関
	Kafubu Water and Sanitation Company カフブ上下水道公社	Kafubu カフブ	一般家庭
	Lukanga Water and Sanitation Company ルカンガ上下水道公社	Lukanga ルカンガ	一般家庭、商業、公共機関
	Mulonga Water and Sanitation Company ムロンガ上下水道公社	Mulonga ムロンガ	一般家庭
モザンビーク	Águas da Região de Maputo (AdeM) マプト水道公社	Maputo マプト	一般家庭、商業
ウガンダ	National Water and Sanitation Company 全国上下水道公社（カンパラ）	Kampala カンパラ	公共機関（カンパラ PI）
	National Water and Sanitation Company 全国上下水道公社（カンパラ）	Kampala カンパラ	公共水栓（カンパラ PSP）
ケニア	Nakuru Water and Sanitation Company ナクル上下水道公社	Nakuru ナクル	公共水栓（ナクル PSP）
ケニア	Nairobi Water and Sanitation Company ナイロビ上下水道公社	Nairobi ナイロビ	公共水栓（ナイロビ PSP）

備考：PSP（Public Stand Post）、PI（Public Institutions）

1. 導入目的

1-1 PPWM の導入目的は、水道料金収入の増加であるが、その他の目的も期待されている。

今回調査対象とした水道事業者の PPWM 導入前の水道事業の課題と導入目的を以下に示す。PPWM の導入は、料金収入の増加が主目的であるが、その他の課題の解決も期待されていた。

表 2. PPWM 導入前の課題と導入目的

項目	導入前の課題	導入目的
料金徴収や無収水	1) 低い料金徴収率 2) 多額の未納料金 3) 未払いの多い公共機関 4) 検針値の読み間違い 5) 違法接続 6) 主要管から直接取水（違法接続） 7) 固定料金による大量の水消費 8) 高い無収水率	1) 料金収入の増加 2) 職員の作業負荷（検針、料金請求等）の低減 3) 請求金額エラーの苦情の減少 4) 公共機関の未納料金の減少
配水	9) 配水管理が困難な配水システムによる低給水圧 10) 時間制限給水	5) 水の公平な分配
公共水栓	11) 公共水栓管理人の料金未納による公共水栓の給水停止 12) 管理人が公共水栓にいない場合、給水にアクセスできない 13) 管理人（仲介者）により、高い水道料金が課せられる	6) 低収入地区への給水 7) 貧困層に配慮した料金設定 8) 公共水栓の仲介者の抑制 9) 低所得地区の衛生改善
その他	14) 低い顧客満足度	

1-2 導入の最終目的は、料金収入の増加ではなく、給水サービスの改善とすべきである。

ジェニン市では、PPWM 導入のステークホルダー会議が複数回行われた。その際、ステークホルダーからは、PPWM の設置に同意する代わりに給水状況の改善を要請された。また、他のパレスチナ水道事業者も、PPWM 導入前あるいは導入と並行して、水道施設の整備を行い、給水状況改善を行っている。これら事業者からは、PPWM の導入目的は料金収入の増加とせず、給水サービスの改善を主目的とすべきとジェニン市に提言している。PPWM 導入により増加した収入を、どのような水道サービスの改善に活用するか検討し、ステークホルダーに提示する必要がある。

また、3-2 に詳述するが、公共水栓への PPWM の導入は、やはり貧困層への給水改善が目的であった。

給水サービスの改善を目標にすることにより、PPWM の受容性が高まるものと考えられる。

2. 導入方法

2-1 どのような手順で導入するか検討しよう。

PPWM 導入の全体手順はどのようなものがあるか理解した上で、導入の検討を開始する必要がある。ジェニン市での例を参考に作成した PPWM 導入手順の網羅的リストは以下のとおりである。設置までに多くの実施すべ手順がある。

1. 事前調査・分析
 - a) 既存の水道メーターの検針、課金、徴収システムの現状把握
 - b) PPWM を導入している他の水道事業者のケーススタディ
 - c) 利用できる PPWM メーカー及び製品調査
 - d) PPWM に関する社会調査（設置前調査）
 - e) PPWM に関する持続可能性と戦略の作成（フィージビリティスタディ（F/S））
2. PPWM 導入実施計画の作成
 - a) パイロット地区の選択を含む PPWM の導入戦略の作成
 - b) 給水状況の改善対策（PPWM の設置条件としてステークホルダーから要請されることがある）
 - c) PPWM システム（サーバー、課金所、Gateway）のセットアップ計画
 - d) PPWM のセットアップ内容の決定（水道料金、未納金回収率、各種機能の使用の有無等）
 - e) 運用および保守計画
 - f) 顧客サービス計画
 - g) 啓発活動計画
 - h) 社会的弱者配慮対策
 - i) PPWM 維持管理のトレーニング計画
 - j) 実施スケジュール
3. PPWM の調達
 - a) 仕様内容の決定
 - b) 業者選定
4. 啓発活動
 - a) ステークホルダー説明会
 - b) 設置前各戸訪問説明調査の実施
5. PPWM システムの設置
 - a) PPWM システム（課金所、サーバー、Gateway）の設置
 - b) PPWM ユニットの設置
6. 運営体制の整備
 - a) 維持管理体制の整備
 - b) 顧客サービス業務の整備
7. 設置後調査（満足度調査）

8. モニタリング、メンテナンス、苦情対応の実施

2-2 PPWM 導入前に調査を行い、技術的・財務的・社会的な持続性を確認する。

各戸接続の PPWM の場合、水道事業者は PPWM 導入の決定に際し、各種事前調査を実施している。水道事業者が実施した様々な事前調査を以下に示す。

- 1) ベンチマーキングのための先行事例の訪問調査（ザンビア：ルカンガ/ムロンガ/ルカンガ、パレスチナ：ジェニン）
- 2) 中央政府の水に関するガイドラインと規制のレビュー（ザンビア：ルサカ、パレスチナ：ジェニン）
- 3) 上級管理職/理事会メンバー/市議会メンバーとの協議（コンサルテーション）（ザンビア：ムロンガ/カフブ、パレスチナ：ジェニン）
- 4) PPWM のメーター機種に関する実証実験（パレスチナ：ジェニン）
- 5) 費用便益分析による財務的持続性調査（ザンビア：ンカナ、ケニア：ナクル PSP、モザンビーク：マプト、パレスチナ：ジェニン）
- 6) 社会的持続性調査¹（パレスチナ：ジェニン）
- 7) PPWM 導入に係る社会調査の実施（ザンビア：ルサカ/ンカナ/ムロンガ/ルカンガ、パレスチナ：ジェニン）
- 8) パイロットプロジェクトの実施（ザンビア：ルサカ/ンカナ/ムロンガ/ルカンガ、パレスチナ：ジェニン）

ジェニン市においては、慎重な導入検討がなされたため、ほぼ全ての事前調査を網羅して PPWM を導入した。

公共水栓の PPWM を実施する際には、事前調査を実施せずに PPWM の導入を決定している事例もある。ウガンダ、ケニアでは公共水栓管理人が、政府が設定した公式水道料金にさらに金額を上乗せして過大に料金徴収をしているという問題があり、これらの国においては貧困層支援対策という理由から事前調査を実施せずに PPWM の設置を決定している。（ウガンダ：カンパラ PSP、ケニア：ナイロビ PSP）

ボックス 1：PPWM 導入の初期費用回収期間（Payback Period）

PPWM は通常のメータに比較して高価なメータである。費用便益分析により財務的持続性をチェックし、導入の参考にする必要がある。ここでは、PPWM 導入の初期費用が料金徴収増による増収によって何年間で回収できるのかを示す初期費用回収期間を例示する。今回調査対象とした水道事業者の初期費用回収期間は 3～12 年の範囲であった。また、ジェニン市における初期費用回収期間の算定例を以下に示す。

計算条件：

- メータ交換顧客数：約 9,000
- 導入前の料金徴収率：約 42%
- 導入後の料金徴収率：100%
- 水道料金：約 1.25USD/m³
- 導入後の水使用量：10%減少する
- PPWM コスト（設置費用含む）：170USD/メータ

¹（参考）1部 p18 ジェニン市社会持続性調査

- PPWM システムコスト（サーバ、ソフトウェア含む）：20,000USD/セット

算定結果：

初期費用回収期間は約 2.1 年となった。ジェニン市の場合は約 2 年で初期費用が回収できることになる。

考察：

初期費用回収期間には、PPWM コストの大小が影響を与えると同時に、水道料金レベルや導入前の料金徴収率も影響を与える。例えば、対象地域の全顧客に設置するケースでは、その地域の料金徴収率が高い場合や水道料金が安価な場合は、初期費用の回収期間は長期になるため、財務的な持続性が低くなるので留意が必要である。

2-3 顧客特性や給水状況等を考慮して PPWM 導入対象を選定する。

PPWM の設置は、2006 年にサハラ以南のアフリカ（ウガンダ：カンパラ）で、貧困層対策として公共水栓から開始された。しかし、それ以降に PPWM の導入を決定した他の水道事業体においては、PPWM の設置対象となる顧客の範囲は、貧困層から一般家庭/商業および公共機関まで広がっている。ただし、これらの水道事業体は、PPWM を設置する必要がある区域/対象の選択に慎重であった。

水道事業体は、ランダムに選んだ顧客や地域に導入するのではなく、特定の地域や顧客を導入対象に選定している。水道事業体が対象地域と顧客層を選択する際は、以下に示す様々な要因が考慮された。導入前調査に基づき選定された特定の地域や顧客を導入対象とすることが望ましいといえる。

(1) 顧客特性に基づいた選定

- 1) PPWM を受容できそうな収入や教育水準の高い住民が多くいる地区（パレスチナ：ジェニン）
- 2) 従来型メーターがすでに、敷地フェンス内等の保護された場所に設置されている（ザンビア：カフブ/ルカンガ）

(2) 未納金率や無収水率が高い地域

- 1) 未納料金が多くの地域（ザンビア：ンカナ/ルサカ/ルカンガ/カフブ/ムロンガ、モザンビーク：マプト）
- 2) 水道メーターが未設置で料金徴収率の低い衛星都市/区域/集落（ザンビア：ルサカ/ンカナ/カフブ/ルカンガ、ケニア：ナイロビ PSP、ウガンダ：カンパラ PSP）
- 3) 未納金が多い政府施設（ウガンダ：カンパラ PSP、ザンビア：ルサカ/ンカナ）
- 4) 無収水率の高い地域（ザンビア：カフブ）

(3) 低所得地区（公共水栓型の PPWM の場合）

- 1) 低所得地区（ザンビア：ムロンガ、ケニア：ナイロビ PSP、ウガンダ：カンパラ PSP）
- 2) 低所得の人口密度が高い地区（主に公共水栓用）（ウガンダ：カンパラ PSP）

(4) 水道施設の状況に基づいた選定

- 1) 水供給がより安定しており給水圧が良好な地域（ザンビア：ルサカ/ンカナ/カフブ/ムロンガ/ルカンガ、モザンビーク：マプト）
- 2) DMA が確立されている地域（ザンビア：ンカナ、パレスチナ：ジェニン）

ジェニン市の場合、公的機関および政府機関は、政府予算から水道料金を支払っており、当座は前払い予算が確保できないことが想定されたため、当初、PPWM 設置対象に公共機関を含めないことを決定していた。しかしその後、バルブを常時開とし PPWM を後払いメーターに変換し、PPWM の遠隔検針機能のみを使用することで、現場での検針の省力化と正確なデータ入手を目的とし、パイロットプロジェクト内の公共機関にも設置することを決めた。

3. 社会的弱者への配慮

3-1 ほとんどの水道事業者は、貧困層への水へのアクセスを確保するための対策を検討・導入しており、PPWM の導入に際しては極めて重要である。

PPWM 導入に際して、水道事業者が講じている社会的弱者への対応策を以下に示す。

1) 低料金表の設定

- 毎月の消費量が 1~6m³/月の低所得地域の顧客は、政府の水道サービス規制委員会が設定した低料金の貧困層向け料金表によって保護されている。(ケンヤ：ナクル)
- 非公式居住地域にある低所得世帯への給水を保証する政府方針の下、公共水栓の仲介者を抑制し、低料金で水を提供している。(ウガンダ)
- 低所得カテゴリーの PPWM 料金は、高所得顧客カテゴリーの水道料金からクロスサブシディで補助している。(ザンビア：ルサカ、ルカンガ)

2) 未納金回収の仕組みを設けない(ケニア：ナイロビ PSP/ナクル PSP)

3) 低いパーセンテージで水道料金から未納金を回収する

- PPWM 課金時に引かれる未納金の回収率を低く設定し、顧客に対し十分な未納金返済期間を確保する。(ザンビア：ンカナ)

4) 未納金返済の一時的な停止(モザンビーク：マプト)

5) 一時的なバルブの開放(ジェニン市を含むパレスチナの水道事業者)

- 一時的に水道料金が払えない状況にある顧客に対しては、自治体は期間を限定して PPWM バルブを開き、当該期間中の水消費量を未納金として記録している。

6) メーターを後払い式で利用する

- 貧困層世帯の顧客に対して PPWM のバルブを開放し、顧客が料金を支払う手段ができません、請求額は累積債務として記録する(ジェニン市を含むパレスチナの水道事業者)

7) 自治体の寄付プログラムによる募金(パレスチナ)

8) 一部の地域では、COVID-19 流行期間中に無料で水を供給した(ケニア：ナイロビ PSP)

9) COVID-19 流行期間中は水道接続を切断しない(モザンビーク：マプト)

以上は PPWM 設置後の水道料金の支払いの減免等であるが、貧困層にとっては、接続費も水道給水の大きな障壁となっている。通常、既存メータの交換であれば、水道事業者が交換コストを負担するケースが多い。しかし、新規接続の場合は基本的に顧客が負担することとなる。ジェニン市のケースでは PPWM は従来型のメータと比較して 120USD 程度高価であり、増額分を含めた接続料を新規顧客が負担することとなる。貧困層にとっては、水道給水の障壁が更に高くなる。貧困層への接続費の分割払いや補助金の投入等の方策が必要である。ただし、公共

水栓型の PPWM は、初期コストは水道事業者が負担するケースが多いため、貧困層にとっても初期費用の負担が無くなる。貧困層の給水促進のためには、公共水栓型の PPWM の導入を進める必要がある。

3-2 貧困層支援政策（pro-poor policy）に焦点を当てて PPWM を導入している水道事業者もある。

PPWM は、現金が不足すればクレジットの事前購入ができないため水を使用できないシステムである。一見これは、貧困層支援政策に反するシステムのように考えられる。しかし、公共水栓では、貧困層が高額の水道料金を支払っているケースがあり、PPWM の設置が貧困層支援政策に合致する例もある。公共水栓には、水売りを行う管理人（仲介者）が存在し、その仲介者が、貧困層への給水サービスを阻害していた。この仲介者を仲介者を無くし、貧困層の給水サービスを改善する目的で PPWM を導入しているケースもある。

公共水栓に PPWM を設置する決定においては、事前調査を行わずに、主に政府の貧困層支援政策として必要であるという理由のみで採用しているケース（カンパラ）がある。ウガンダ政府は、非公式居住地の低所得世帯に安全な水を提供するための貧困層支援戦略を策定した。それに基づき、政府はカンパラの水道サービスを提供する国営上下水道公社（NWSC）に貧困層支援ユニットを設立することで、貧困層支援戦略を実施するための制度整備を行った。この制度的枠組みが整うと、NWSC は独自のリソースの動員と、開発パートナー（ドナー）とウガンダ政府からの支援を得て、まずは、カンパラのパイロットサイトに PPWM を設置した。その後、市内および周辺区域に展開していった。この事例では、公共水栓の介入者が、通常の水道料金より高い料金を利用者に課していた。PPWM の設置により、この仲介者が排除され、利用者はそれまでよりも安く水を購入できることになった。更に、仲介者による水道料金の未納により公共水栓が休止を余儀なくされており、貧困層の給水に大きな影響を与えていた。加えて、仲介者が公共水栓にいないと給水が受けられないため、給水へのアクセスが不安定であった。公共水栓への PPWM の導入により、これらが改善し、貧困層は、より安価な水を安定して給水できるようになった。

ケニアのナイロビの公共水栓についても、政府の貧困層支援戦略に従って、低所得地域を対象に公共水栓への PPWM 設置を採用する決定が行われた。ナイロビの PPWM では、低所得地域の給水キオスクでの水道料金は、国の水規制当局である WASREB が設定した公式料金で住民に供給しなければならない。PPWM では、低所得世帯用の料金設定ができるため、低所得世帯に対し妥当な料金で安全な水を提供することが出来る。

ボックス 2：公共水栓の水道料金（カンパラ PSP）

水道料金が最も低いのは、公共水栓に供給される水の料金で、1,060 US\$³/m³（約 0.3 米ドル）、または 20 リットルのジェリカンあたり 25 US\$ である。この料金は、戸別接続顧客の水道料金からの相互補助金（クロスサブシディー）の恩恵を受けている。しかし、非公式居住地に住むほとんどの人々は、公共水栓の管理者が課す上乗せ料金のために、正規料金で水を利用することができない。実際、公共水栓で水を汲む顧客は、戸別接続している顧客よりもはるかに高額な料金を支払うことにな

っている。一般的にはこの上乗せ額のためにジェリカンあたり 200 から 500 UShs の金額となる。PPWM は公共水栓の管理者を不要にすることで、この上乗せ額を排除する。したがって、利用者は最も低い料金で水を利用できるようになる。

4. PPWM システム

4-1 PPWM システムの構成要素を理解する。

PPWM システムとゲートウェイシステムの全体レイアウト及び PPWM システムの構成要素を以下に示す。

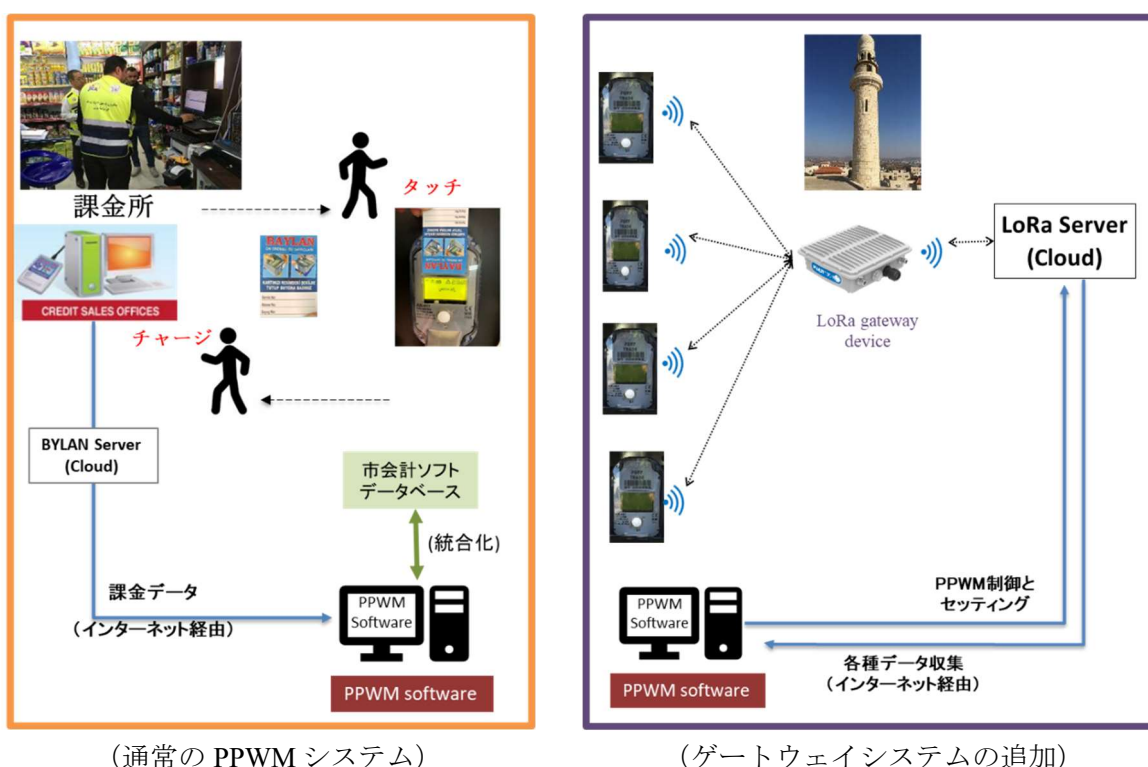


図 1. PPWM システムと LoRA ゲートウェイシステム

表 3. PPWM システムの構成要素

構成要素	説明
① プリペイド水道メーター (PPWM) と保護ボックス	水量をカウントする水道メーター、前払いシステムを制御する電子部分、給水の有無を行うバルブからなる。電子部分にはクレジットやその他のデータをメーターにロードするためのユーザーインターフェイス (UI) がある。
② スマートカード/トークン等課金媒体	この課金媒体に、課金所でクレジットを課金し、PPWM の UI でクレジットを PPWM にロードする。
③ 課金システム (PC コンピューター、カード/トークンリーダー、UPS、プリンターなど)	課金所に設置された機材。カードリーダーでカード等にクレジットを課金し、データを記録しサーバーへ送信する。
④ データベースサーバー、ソフトウェア	PPWM のデータを格納するサーバーと制御ソフトウェア。
⑤ インターネット	課金所のデータをサーバーに定期的に伝送する。

構成要素	説明
⑥ 携帯検針端末 (ハンドヘルドユニット)	現場での PPWM のデータの読み込みや、各種設定の変更、データの取得を行う。PPWM から 100m-200m 以内であれば、操作ができる。(ゲートウェーがあれば不要)
⑦ LoRA ゲートウェイシステム (必要に応じて追加)	PPWM のデータを定期的に自動でサーバーに伝送する。遠隔で PPWM の設定変更、PPWM のバルブ等の操作ができる。
⑧ 水道事業体の顧客会計ソフトウェアと PPWM の統合プログラミング (必要に応じて追加)	自動的に PPWM 顧客データを既存の顧客会計ソフトウェアに伝送・更新し、両顧客会計データを統合する。



Ultrasonic PPWM for Jenin/PA area

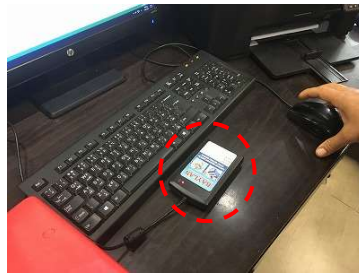
PPWM (超音波式) と取付金具



PPWM とスマートカード



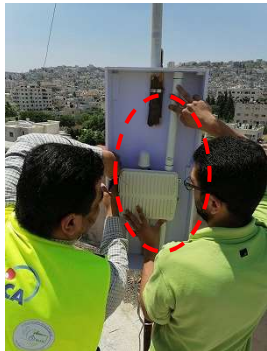
ハンドヘルドユニット



カードリーダー



PPWM (機械式)



ゲートウェー



集合住宅の PPWM



公共水栓型 PPWM



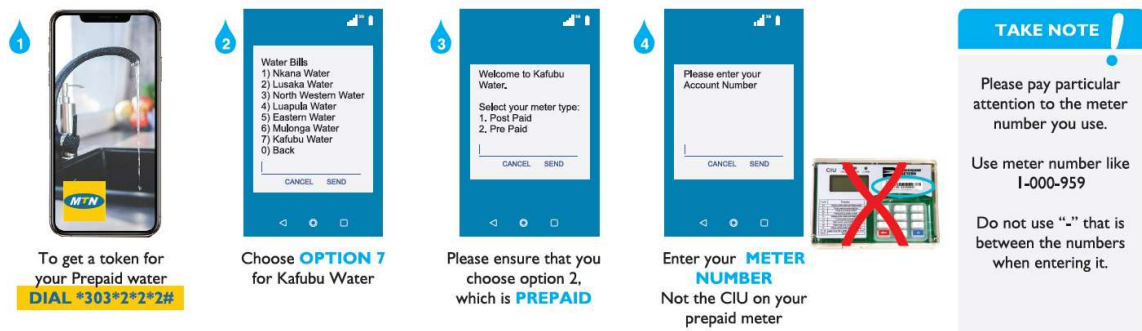
トークン用携帯課金機



トークン



トークン



MTN モバイルマネーによる支払い例
写真 1. PPWM システム

4-2 PPWM の定期的なデータ（水使用量、使用クレジット等）の取得にはゲートウェーの設置が推奨される。

課金頻度は、顧客により異なる。毎週、月 1 回、数か月に 1 回等様々である。この課金の際のみ、PPWM の顧客データ（使用クレジットや使用水量）が、課金媒体（カード等）を介して、PPWM データベースに送信されるため、月単位等での定期的な PPWM の使用水量や使用クレジットが分からない。従って、毎月の定期的な管理指標が入手できないことになる。例えば、毎月のクレジット使用量や水使用量、更に無収水率の算定ができないことになる。毎月等の定期データを入手するには、ハンドヘルドユニットあるいはゲートウェーを使用する必要がある。ただし、ハンドヘルドユニットの場合は PPWM 近辺まで行く必要があり、通常の検針活動と類似の業務が発生する。従って、大量の PPWM を扱う場合は、ゲートウェーを設置し遠隔で定期データを自動で入手することが推奨される。

4-3 多様な先進機能を有する PPWM の機能を理解する。

PPWM で使用できる機能とその説明を以下に示す。PPWM のブランドにより使用できる機能は異なるため、予め何が必要な機能であるか確認して、ブランドや製品を決める必要がある。これらの多様な機能は、水道サービスの改善に様々な活用できる。

表 4.多様な PPWM の機能

PPWM の機能	説明
1. 改造検出	違法接続等を目的に、PPWM を接続金具から外そうとすると、バルブが自動的に閉鎖し警告が発せられる。この警告は、ゲートウェイがある場合は、PPWM の顧客データベースに伝送されてくる。
2. 未納金返済	後払い式から PPWM に交換した際に、顧客に未納金がある場合は、課金時に一定の割合のクレジットが未納料金の返済に使用される。
3. 顧客フレンドリークレジット	夜間等のクレジットを購入できない時間を設定することにより、その時間にクレジットが無くなっても水が使用できる機能。次の課金時に使用分の支払が必要。
4. 緊急給水（火災モード）	残クレジットが無くとも、火災等の緊急時に一定水量の水が使用できる。使用量は後日、課金時に差引かれる。
5. 無料の基本水量の給水	一定量の水を無料で受け取ることができる。（通常は月に 1 回）
6. 水量不足対策（購入制限）	水不足に対処するためクレジット購入が制限され、水を大量消費する利用者を抑える。
7. 消費制限	消費できる水の量を制限する。

PPWMの機能	説明
8. 1日あたりの消費制限	毎日一定量の水しか利用できないようにする。
9. 毎月の消費制限	毎月使用できる量を制限する。(夏季等に需要増大を抑える)
10. 低クレジットアラーム	顧客のクレジット残高が最小レベルに達したときに警告する。
11. バックアップモード	事前に設定したクレジット以下に残クレジットが低下した場合に顧客に課金を警告する。
12. 毎月の消費プロフィール	1か月間の毎日の水消費量の履歴を表示する。
13. 料金設定	顧客/地区分類毎に料金設定ができる。通増・低減等のブロック水道料金にも対応。

4-4 設置環境に最適な PPWM のメーター形式を選定する必要がある。

PPWM は、大きくは水道メーター部分、前払い機能を追加するための電子部分、自動開閉バルブの3つのパーツから構成されている。水道メーター部分には、通常、単品で購入できる水道メーターが入っている。PPWM の精度や寿命に大きな影響を与える水道メーター部分の機種選定方法を、ジェニン市のケースを例に以下に示す。

通常、水道メーターには機械式(流速式及び容積式)が使用されている。パレスチナでは、時間制限給水が行われており、給配水管内に空気が混入する。機械式水道メーターは空気量もカウントし、過大な水道料金を課しているとして問題となっている。そこで、原理的に空気をカウントしない超音波式の水道メーターも併せて検討することとなった。3種類の水道メーターの評価を次表に示す。最終的に、空気をカウントしない、水中の異物の影響がない、寿命も長い、さらに PPWM としての価格も機械式と大きくは変わらない、超音波式 PPWM を選定した。なお、超音波式水道メーターの実績が少ないため、ジェニン市の事例では、3種類の水道メーターを直列に配置したセットを市内 12 カ所に設置して実証実験を行い、超音波式水道メーターの特性を他機種と比較して評価している。

表 5.3 種類の水道メーターの評価

項目	メーター種類		
	流速式	容積式	超音波式
利点	<ul style="list-style-type: none"> - 維持管理が容易 - 採用実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> - 任意の位置に取付け可能 - 定格最小流量が小さい - 水道メーター自体のコストは安価 - 採用実績が多い 	<ul style="list-style-type: none"> - 空気を計測しない - 定格最小流量が小さい - 機械可動部がない
問題点	<ul style="list-style-type: none"> - 時間制限給水により混入空気をカウントしてしまう - 水平位置にのみ設置可能 - 流れの中にある機械部品が損傷する可能性あり - 定格最小流量が大きく、低流量では感度が低い 	<ul style="list-style-type: none"> - 時間制限給水により混入空気をカウントしてしまう - 水中にシルト、錆、濁度成分があるとメーターが詰まり正確に機能しなくなる - 地下水等でカルシウムが多いとメーター内で石灰化する 	<ul style="list-style-type: none"> - 超音波式水道メーターの実績が非常に少ない - 従来メーターよりも高価
耐用年数	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に原水の水質がよければ7年以上 - 機械部品のため、水質によっては正確な測定のためには寿命が短い 	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に原水の水質がよければ7年以上 - シルト質等と石灰化により短寿命、または頻繁なメンテナンスが必要 	<ul style="list-style-type: none"> - 一般的に7年以上 - 機械部品や可動部品がなく、寿命が長い - バッテリー寿命は10年

項目	メーター種類		
	流速式	容積式	超音波式
水道メーター価格	- 水道メーター単体は安価	- 水道メーター単体は安価	- 水道メーター単体は高価
PPWM 価格 ^{注1}	- 約 120-130USD	- 約 120-130USD	- 約 140-150USD
顧客の視点	- 混入空気をカウントし、実際の水消費量よりも多いという否定的な先入観を持っている	- 同左	- 実績が少ないので顧客にはなじみがない
総合評価	- 低流量時の精度が低い - 水質によっては機械部品が破損の恐れがある - 経年化によって精度が低下する - 微小でも空気はカウントする可能性がある。また、空気をカウントするという先入観を払拭することに困難が伴う	- 水中の混入物の問題は深刻 - 微小でも空気がカウントされる可能性がある。また、空気をカウントするという先入観があるために、それを払拭することに困難が伴う	- 定格最小流量が低くパフォーマンスがよい - 空気と空気混合水は計測しない - 機械部品が無いので寿命が長い - 時間制限給水や、水中に錆、砂、カルシウムなどの混入物が含まれている可能性がある場合に有利である

注1：パレスチナにおける概算価格



容積式メーター内の砂等



取り除かれた砂等



スケールの付着

写真 2. 容積式水道メーター内の異物

4-5 技術的な持続性を確保するために、維持管理を考慮して製品ブランドを選定する必要がある。

導入後、大規模な PPWM の故障が発生し料金収入増加目的を達成できなかったケースもある。複雑で高価な機械であることから、故障が少なく信頼性が高いブランドの選定が非常に重要である。ブランド選定には以下を確認しておく必要がある。

(1) 国際規格の適合

機器の品質を確保するため、国際規格の必要なコードの認証を受けている必要がある。以下のコードは例である。

- OIML（国際法定計量機関）：OIML-R49-1, 49-2, 49-3
- IEC（国際電気標準会議）：IEC60529 /EN60529
- ISO（国際標準規格）：ISO4064-1
- EN（欧州統一規格）：EN14154

(2) ローカルサプライヤーの可用性と技術力

新しいシステムであるため、また導入直後には不具合が多いため、導入初期にはローカルサプライヤーのトレーニングや保証サービスに頼る必要がある。ローカルサプライヤーの技術サービス、トレーニングの内容、修理ワークショップの内容を含む技術能力が十分あることを確認しておく必要がある。将来的に独自の修理体制を整備する場合は、仕様書にトレーニングの詳細を記載しておくことを推奨する。

(3) 保証内容と期間の設定

入札時に保証期間は可能な限り長期（3年以上）に設定しておくことを推奨する。保証期間内に、修理体制を整備することが可能となる。

(4) スペアパーツの入手可能性

必要なスペアパーツの入手可能性を事前に確認しておく。バッテリーなどは市販品が使用できるものもある。外国からの輸入が必要な部品が多い場合は、修理費用が高価となる。

(5) 必要なバッテリー寿命の確保

バッテリー寿命は通常5年以上としているブランドが多いが、実際の使用では1-3年のケースが多い。バッテリー寿命保障を仕様書に記載しておくことを推奨する。ただし、バッテリー使用量は、クレジットのロード頻度やゲートウェー送信頻度等に比例する。

4-6 課金するための様々な方法がある。課金方法はIT環境と顧客の利便性を考慮する必要がある。

長年の PPWM の経験を有する水道事業体は、顧客が水（クレジット）を購入するためのオプションをいくつか組み合わせ提供している。販売方法は、公共水栓用のトークン/コインから、スマートカードおよび最近のモバイル決済による方法までさまざまである。~~しかし~~、調査対象のほぼすべての水道事業体は、顧客が PPWM カードへ課金したりトークンを購入したりできる課金所を、居住区近傍に複数箇所設置している。モバイル決済など他の方法が存在する場合でも、課金所（支払窓口）は、安全に購入できて信頼できる物理的な場所である。ジェニンでは、パレスチナの全国的な料金決済ネットワークを有する PalPay 社と契約し、PalPay 社が端末を有しているスーパーマーケットに PPWM 課金機を設置して、多くの課金所を設置し、課金の利便性を高めている。通常、スーパーマーケットは朝 8 時から夜 10 時まで営業しており、顧客はほぼいつでもクレジットが購入可能である。

表 6. 各水道事業体のクレジット販売状況

水道事業体	水道事業体事務所	支払窓口	決済専用端末	PPWM 公共水栓管理人	電子／モバイル決済	デジタルバンキング
ジェニン	●	●	● (未使用)			
ルサカ		●				
ンカナ		●			●	●
カフブ		●			●	
ルカンガ		●				
ムロンガ		●				
マプト	●	●			●	
カンパラ					●	
カンパラ PSP	●		●	●		

水道事業体	水道事業体事務所	支払窓口	決裁専用端末	PPWM 公共水栓管理人	電子／モバイル決裁	デジタルバンキング
ナクル PSP	●	●			●	
ナイロビ PSP				●		

公共水栓の利用者が PPWM 管理人/販売人を介してトークンに課金するにはいくつかの障壁がある。ウガンダのカンバラの公共水栓の場合、ハンドヘルド端末（携帯クレジット販売端末）を持ったクレジット販売人が、公共水栓近くに常にいるとは限らない。そのため、利用者は場合によって約 7.5 km 離れた水道事業体の事務所を訪問する必要がある。一方で、クレジット販売人が定期的に自宅に訪問し課金できるケースもある。全体として、課金所までの平均移動距離（徒歩またはオートバイ）は 3 km であり、平均所要時間は約 30 分である。

顧客の課金所までの移動時間、課金所の利用可能な時間帯を考慮して、課金所の配置を決定する必要がある。

課金方法の選定には、使用できる地域の IT 環境と顧客の利便性を考慮しないとイケない。全ての地域がデジタルバンキングや電子決済ができるわけではない。

5. 住民/顧客啓発

5-1 PPWM 受容性の向上には、住民/顧客の啓発活動が重要である。

PPWM 設置の前後で、様々な方法と規模で住民啓発活動が水道事業体によって実施されている。大半の水道事業体は、メーター設置前に、顧客に PPWM に関する必要な情報を提供し、顧客の設置同意を得ている。設置後には、顧客の PPWM 使用のフォローアップを行っている。

ジェニン市の場合、PR 活動と個人の意識向上キャンペーンは、他の水道事業体よりも多くの方法と大きな規模で実施した。PPWM を設置する全ての顧客に対し、設置前の戸別訪問を実施し、PPWM の利点と使用方法について必要な情報を提供した上で設置の同意を得ている。

設置期間中、一般向けの啓発活動や資料提供も継続的に実施している。ジェニン市では、一部の PPWM 顧客に対するインタビューの様子を撮影したプロジェクト動画を作成しており、動画内の顧客は PPWM に対し肯定的な意見を話している。このプロジェクト動画は、一般の人々の意識を高める目的で、ソーシャルメディアに投稿された。

表 7. 水道事業者による啓発活動の種類

水道事業体	市民集会	メディアの利用	個別訪問説明	ドラマ/映像	印刷物	オンラインプラットフォーム	設置後キャンペーン	満足度調査
ジェニン	●	●	●	●	●	●	●	●
ルサカ		●			●		●	●
ンカナ	●	●					●	●
カフブ	●	●			●	●		
ルカンガ	●	●						
ムロンガ	●		●	●	●		●	
マプト			●					●
カンバラ PSP	●		●					●
ナクル PSP	●							●

水道事業体	市民集会	メディアの利用	個別訪問説明	ドラマ/映像	印刷物	オンラインプラットフォーム	設置後キャンペーン	満足度調査
ナイロビ PSP	●						●	●

アフリカの場合、調査対象の水道事業体のほとんどで設置拒否は最小限もしくは無かった。パレスチナのジェニン市の場合、少数の顧客が拒否し続けている。主な理由は、顧客に多額の未納金残高があったり、市のサービスに対する一般的な不満などであったが、なかには私有の井戸を使用しており、市の水道や PPWM を利用したくないという意見もあった。PPWM の設置を拒否した顧客への対応策には、次のような事例がある。

- 1) 市の広報担当者や市長、評議会メンバーなどの上級管理職の再訪問による同意の取得（ジェニン市）
- 2) 拒否された場合、その拒否理由が多額の未納金である場合は、法的措置を行う。それ以外の理由の場合は再訪を行う（ジェニン市）。
- 3) 後払いシステムを維持する（マプト、ンカナ）。
- 4) 家主が自分の敷地内に公共水栓型 PPWM を設置することを拒否した場合は、他の場所を探す（カンパラ PSP）。

設置後には、PPWM の使用方法と問題への対処方法についての顧客サポートを行っている。ザンビアのンカナ市では、四半期ごとに設置後キャンペーンを実施した。ジェニン市では Facebook などのソーシャルメディアを活用して、PPWM の使用方法に関するチラシや情報を公開している。

5-2 顧客満足度は、PPWM の運用の成功に重要な役割を果たす。水道事業体は顧客満足度を維持することが重要である。

ウガンダのカンパラでのケーススタディにおいて、公共水栓型 PPWM を利用する顧客への満足度を調査した結果、PPWM のサービスに対する満足度が高いことが分かった。ほぼ全ての項目で最高のスコアであったが、水の利用可能性に関する評価が若干低かった。おそらく一部の場所での時間制限給水と課金所の配置不足によるものである。

ザンビアのルサカでのケーススタディでも、顧客（公共水栓と各戸型利用者）は PPWM と水道事業体のサービスに非常に満足していた。いずれのグループも、1) 良好な水質、2) 適切な給水圧、3) 供給時間の点で満足していた。ただし、時間給水が計画的に行われていないことに対しては不満があった。

ジェニン市では、PPWM を設置した顧客の 10%に対して設置後の戸別訪問を実施し、PPWM 導入に対する満足度を測定した。顧客の約 90 %が PPWM に満足していた。満足の理由を以下に示す。

- 設置前には PPWM に不安を持っていたが、設置後には PPWM は公正な方法であると見なしている。
- 水道料金の支払いと未納金の減少に責任を持つようになった。
- 未納金の累積がない。後払い式の場合は、料金徴収人が来ない、検針員が来ても時々不在の場合がある、支払いを忘れる等、定期的に支払えず未納金が増加する。

- 超音波式水道メーターは正確である。
- メーターは非常に優れており便利である。
- メーターの仕組みは簡単である。
- 自分がどのくらい水を使用しているかを理解できる。
- 使用状況を確認し、残りのクレジット残高を確認できる。
- PPWM を使用すると、水の消費量が合理化される。十分なクレジットがないことを知っているなら、水をたくさん使う必要はない。

一方、不満の理由は、PPWM に関するものではなく、給水圧や給水時間などの給水状況に起因するものがほとんどであった。

PPWM を含む顧客サービスの改善に関する調査対象の顧客からの要望は以下のとおりである。

- 1) PPWM の信頼性の向上（故障が少ないこと）
- 2) 公共水栓/キオスク PPWM の設置数の増加、課金支払いシステムの改善
- 3) 各戸型顧客向けにプリペイドカードに課金できるペイポイント（課金所）の増加
- 4) 給水の信頼性（給水時間・日数、給水圧）の改善
- 5) 顧客サービスの向上と啓発活動で発信する情報の向上

6. 維持管理

6-1 水道事業体は故障対応を独自で実施するのか、外部に委託するかを決める必要がある。

調査したすべての水道事業体が、PPWM や付属品などの初期費用を負担していた。メーターの機能不全は水道事業体の責任とされている。ただし、PPWM の破壊や顧客による改造があった場合には顧客の費用負担となる。

現場で水道メーターの機能が補正できない場合はメーター修理／交換を行う。機能不全は、製品の故障、バルブ閉鎖の動作不良、バッテリーの故障といった電氣的、機械的な問題が原因である可能性が高い。故障率はジェニンでは、4.2%²と小さいが、50%（ルサカ）、40%（ナクルとルカンガ）と高い事業体もある。水道事業体は故障に対応するため、アフターサービスや保証期間を最大3年～5年程度確保しているケースがある。

調査した水道事業体の中で、独自の修理能力と作業場を持ち、メーカーに注文したスペアパーツの在庫を持っているのは、調査時点において PPWM の使用歴が長いザンビアのシカナのみであった。ジェニン市を含む他の水道事業体は、サプライヤーや地元代理店に修理を依頼している。

PPWM の導入に際して、事前に故障対応方法を検討しておく必要がある。水道事業体は、修理用の作業場とスペアパーツを保有して、独自で修理を行うのか、あるいは、初期の製品保証期間を長く設定する、アフターサービス契約をする、あるいは独自でできる範囲（例えばバッテリーの交換、内部の掃除等）を設定し、それ以外は外部への委託とする等の対策を決定しておく必要がある。

² ある時点に設置されていたメーター数（分母）に対して、それまでに故障したメーター数（分子）の割合（ジェニン市）

ボックス 2: 故障の内容を理解しよう。

ジェニン市のケースでは、故障の内容は以下のとおりである。特に多い故障はメーター内部の**ガasketの腐食による漏水**、バルブの故障、メーターがカウントしないであった。これらのケースの場合は、保証代理店の作業場に持ち込まれて修理が行われる。これまで全ての故障が修理され返却されている。故障率は4.2%である。

- メーター内部の漏水
- バルブの故障
- 故障（カウントしない）
- カードが PPWM 番号と一致ないので使用できない
- カード料金から差し引かずに水が使用できる
- 実際の消費量よりも多くカウントする
- バッテリー切れ
- メーターの外部損傷
- 内部配線接続の問題
- 逆流
- 自動的に緊急モードが開始する

6-2 PPWM システムを既存の会計システムと統合することで、水道事業体は、PPWM の顧客を含む全ての顧客データの監視と会計システムの運用を効果的に行うことができる。

調査対象の水道事業体の中で、PPWM ソフトウェアと既存の会計/請求データベースソフトウェアとの統合によるメリットを享受しているのはジェニン市を含めてごく少数である。このような統合は、職員の作業時間を節約するために不可欠である。統合しない場合、職員は PPWM の顧客データを手作業で事業体の財務会計ソフト（**顧客データベース**）に転記する必要がある。統合により、すべての PPWM と従来式メーターの顧客データを一括して閲覧、監視することができる。また、顧客の苦情、料金支払い、未納金等を統合された会計システムで処理できる。

6-3 LoRa ゲートウェイシステムにより、様々な顧客データを定期的に受信でき、顧客サービスや無収水管理に利用できる。

ジェニン市が導入した LoRa ゲートウェイシステムでは、低周波数帯の無線周波数を用いて PPWM の情報や水消費量などのデータを定期的に受信できる。LoRa 方式で通信されるデータは、PPWM のバッテリー状態や顧客の水使用傾向を監視するための効果的なツールとして利用できる。

さらに、違法接続や漏水などの問題を効率的に監視・検出するのに役立つ。例えば、長期間、水が使用されていない顧客は、違法接続が疑われる。ジェニン市では、これら顧客に焦点をあてて PPWM の訪問視察調査を行っている。また、顧客メーターのバルブの開閉も遠隔で容易にできるため、無収水対策の調査対象地区内の PPWM を全て閉止して、理論上、管内に水の流れを無くすことにより、音聴棒で漏水音や違法接続箇所を確認している。また、過大な流量が使用されている場合は、顧客敷地内の漏水の可能性を顧客に指摘している。LoRa ゲートウェイ以外では、ナイロビ PSP では、GSM を使用している。

6-4 PPWMを導入しても違法接続に対する対策は必須である。

PPWM 導入後も、違法接続は水道事業にとり大きな課題となっている。また、水道料金未納顧客が、前払い式への変更にもない違法接続を行うケースも想定される。違法接続の内容、探知方法、対応策を以下にまとめる。

表 8. 違法接続

違法接続の内容	探知方法	対応策
1. メーターへのバイパス接続 2. メーターの改造 3. バッテリーの取り外し 4. メーターの取り外し	1. 個別訪問調査（目視、定期視察） 2. PPWM の改造探知機能 3. 水使用量のモニタリング 4. 使用水量 0 顧客の調査 5. 違法接続情報提供者	1. 重い罰金 2. 給水停止と罰金 3. 警察への通報 4. 起訴等法的処置

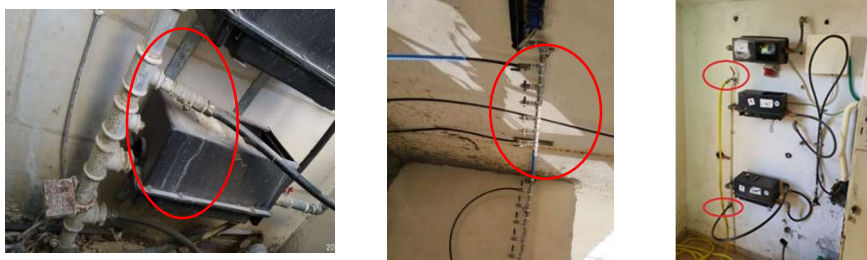


写真 3. PPWM 手前での違法接続

水道メーターの検針作業は無くなるが、メーターの状況と違法接続の確認のため、PPWM の定期観察は必須である。定期的に各顧客の水使用傾向をチェックし、不審あるいは異常な水使用をチェックする必要がある。水使用量が 0 あるいは過少の場合は、違法接続が疑われ、過大な水量増加の場合は、敷地内での漏水が疑われる。

7. 導入効果

7-1 PPWM 導入の最大のメリットは料金収入の増加であり、その他副次的な効果も期待される。

ほとんどの水道事業者が PPWM の主目的は「水道料金徴収率の改善である」と回答しており、一部の事業者では無収水率の削減も目的としていた。一方で PPWM 導入によってもたらされる効果は様々であり、次のようなものが挙げられる。

【各戸水栓・公共水栓共通】

- (1) 水道料金収入の増加

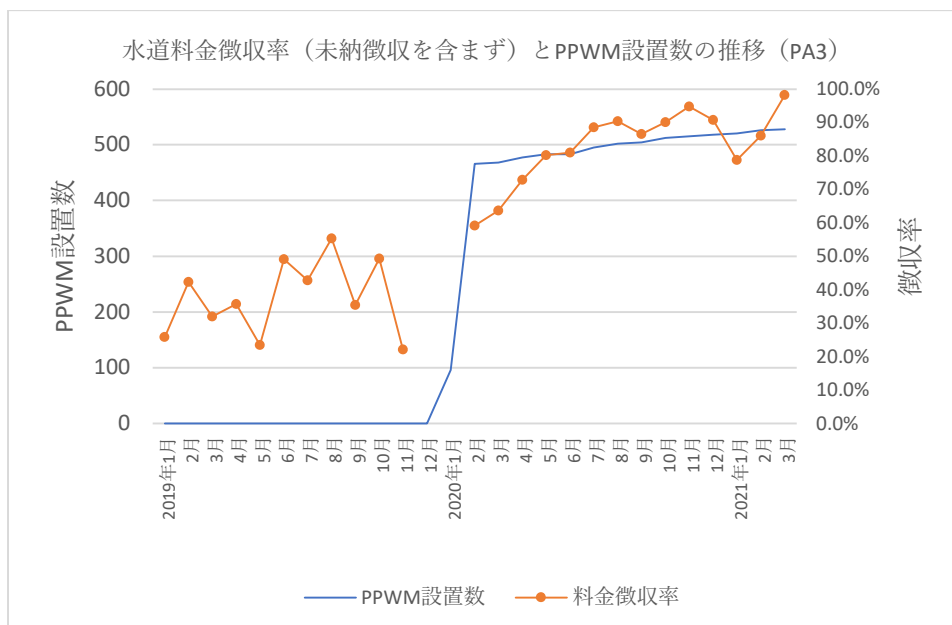
- 1) 水道事業体の収入が増加する (ザンビア:ルサカを除くすべての水道事業体。ルサカではメータの故障等の技術的失敗が連続した)
 - 2) 未納金の増加がなくなり、水道事業体はキャッシュフローを予測できる (すべての水道事業体)
- (2) 顧客サービスの改善
- 1) 請求エラーとそれに関連する顧客の苦情が減少する (モザンビーク : マプト、ザンビア : ルサカ、パレスチナ : ジェニン)
 - 2) 検針、請求、料金徴収、給水停止、給水再開の作業負荷が軽減する (ザンビア : ルサカ/ンカナ/カフブ/ムロンガ/ルカンガ、ケニア : ナイロビ PSP/ナクル PSP、ウガンダ : カンパラ、パレスチナ : ジェニン)
 - 3) PPWM システムにより顧客の水使用活動のモニタリングとデータ管理が容易になる (ザンビア : ルカンガ、パレスチナ : ジェニン)
 - 4) メーター設置率が増加する (ザンビア : カフブ/ムロンガ/ルカンガ)
- (3) 節水と水の公平な分配
- 1) 顧客の節水意識が向上することで水使用量が抑制され給水時間が増加する (ザンビア : ルサカ/ンカナ)
 - 2) メーター交換による節水とメーターにおける漏水が削減される (ザンビア : ンカナ/ルサカ、モザンビーク : マプト)
 - 3) 利用可能な水が公平に分配される (ケニア : ナクル、ザンビア : ルサカ)

【公共水栓のみ】

- (4) 低所得世帯 (社会的弱者) への給水改善
- 1) 公共水栓型 PPWM を介した低所得者への水の供給。後払いキオスクで顧客に対し過大請求を行っていた仲介者が PPWM の設置により、排除された。(ケニア : ナイロビ PSP/ナクル PSP、ザンビアウガンダ : カンパラ PSP)
 - 2) 低所得地域の衛生改善 (ケニア : ナクル PSP)
 - 3) PPWM キオスクによる水汲みアクセス時間の短縮 (ケニア : ナクル PSP)
 - 4) 公共水栓管理人による水道料金の未払いや遅延による断水がなくなり、低所得世帯への安全な水の安定供給が可能になる。(ウガンダ : カンパラ PSP)
 - 5) PPWM で低所得世帯用の料金設定ができるため、低所得世帯に対し妥当な料金で安全な水を提供することが出来る。(ウガンダ : カンパラ PSP)

7-2 導入により、水道料金収入が増加し、請求、徴収、顧客管理等のコストが削減した。

すべての水道事業体は、PPWM 導入後の収入増加を報告している。ジェニン市の例を基にパイロット地区での PPWM の設置により水道料金徴収率がどのくらい増加したかを以下に示す。PPWM 設置前の料金徴収率は、約 20%~50%であったが、設置後は約 100%近くに達している。これはほぼ全ての顧客が従来型のメーターから PPWM に交換したことを意味する。



備考：2020年1月設置開始

図 2. ジェニン市のパイロット地区（PA3）の月別料金徴収率

水道事業者は料金収入に加えて、PPWM 導入によりさまざまなコストを削減した。大部分の水道事業者では、請求と徴収、および顧客管理のコストが削減された。しかし逆に、4 つの水道事業者で維持管理コストが増加した例もある。詳細な理由は今回の調査では不明であるが、ジェニン市の例では、詳細な顧客データが入手できることにより、顧客サービス業務が活性化され、顧客サービス関連の業務が増加した。

7-3 顧客の水使用量が平準化した。PPWM は公平な水使用を促進している。

導入した多くの水道事業者で給水時間が増加したと報告している。ここでは、ジェニンのパイロット地区を例に PPWM 導入前後の顧客の水使用量の変化を分析することで、PPWM が顧客の水使用に与えた影響を考察した。PPWM 設置前後の毎月の各顧客の水使用量を分析した統計データを次表に示す。全顧客と顧客 1 人あたりの平均使用水量は、後払いメーター時は 9,602m³/月、15.9m³/顧客/月、PPWM 設置後は 9,142m³/月、15.2 m³/顧客/月であり、ほぼ同じである。しかし、顧客の最大水使用量は約半分に減少している。

表 9. PPWM 設置前後の水使用量の比較

項目	水使用量 (設置前)	水使用量 (設置後)
全顧客(m ³ /月)	9,602	9,142
1 顧客あたり (m ³ /月)	15.9	15.2
最大水使用顧客(m ³ /月)	167	88

PPWM 設置前後の顧客の水使用量の比較を次図に示す。青い棒グラフは、後払い式水道メーターを使用していた時期の顧客を水使用量の降順（大から小）で並べ、全顧客数を 60 顧客ずつのグループに分け、各グループの顧客の月平均水使用量を示したものである。赤い棒グラフは、

同じ顧客グループが、PPWM 設置後の期間にはどのくらいの月平均水使用量になったかを示している。全顧客の総水使用量が同じであっても、各顧客グループの水使用量が大幅に変化していることを示している。後払いメーター時には大量の水を使用する顧客が多くいる一方で、水をほとんどあるいは全く使用していない顧客も多いことがわかる。一方、同じ顧客グループで後払いメーターから PPWM に切り替えた後、大量の水を使用した顧客は使用量を減らし（約 50%減）、水を最小限または使用していなかった顧客が使用量を増やしている。これは、水を大量使用する顧客の水使用量の減少分が、以前は十分な水を得ることができなかった顧客に移動したことを示している。これら水を使用できなくなった顧客は、配管網で水理的に不利な地区に位置していると考えられる。

以上から PPWM の導入により、各顧客の水使用量の平準化が進み、PPWM が水の公平な使用を促進する役割を果たしているといえる。なお、これら大量の水を使用していた顧客の中には、料金未納顧客もいることが想定される。PPWM では使用する水量に応じて前払いで課金する必要があり、節水意識が働いたものと思われる。

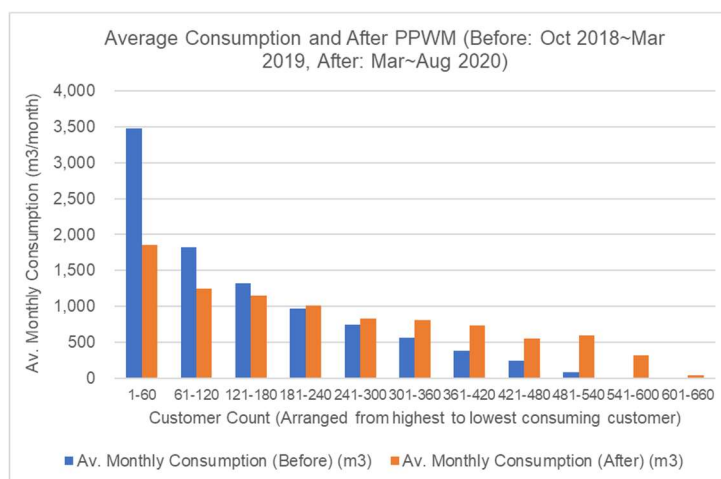


図 3. 顧客グループ毎の PPWM 設置前後の顧客の平均水使用量

7-4 顧客の水道料金支払い額が平準化した。

同様にジェニンを例に、PPWM 設置前後の顧客の水道料金支払いの変化を分析する。水使用量と同じ顧客の同時期の後払い式による水道料金請求額、徴収額及び PPWM 設置後の課金額のデータ統計を次表に示す。全顧客の平均水道料金請求額は設置前が 55,004NIS、その中、徴収額が 22,102NIS である。徴収率は約 40%である。設置後には、総クレジット課金額（徴収額）は 50,389NIS に増加した。設置後の総クレジット課金額は設置前の総料金請求額にほぼ等しい値になっている。また、顧客 1 人当りの料金徴収額/クレジット課金額は、設置前後で 36.7NIS から 83.6NIS に大きく増加した。

表 10.PPWM 設置前後の水道料金請求徴収額の比較

項目	設置前		課金額(設置後)
	請求額	徴収額	
合計 (NIS ³)	55,004	22,102	50,389
顧客平均 (NIS/顧客)	91.2	36.7	83.6
最大 (NIS/顧客)	1,075	430	650

前述の水使用量と同じ顧客グループの PPWM 設置前の料金請求額と徴収額及び設置後のクレジット課金額の比較を次図に示す。全てのグループで設置後のクレジット課金額が、設置前の料金徴収額より増えている。設置前には料金未納だった多くの顧客が PPWM で課金を行っている。

水道料金支払い額の一番多いグループ (1~60) では、請求金額に対して徴収率は約 40%である。このグループの設置後のクレジット課金額 (11,722NIS) は、設置前の請求額の約 62%となっている。これは、このグループが水使用量を大きく減らしたことも意味する。このグループのこれまで水道料金未納であった顧客が、設置後は前払い 100%の水道料金を払わなければいけなくなったため、水使用量を減らし水道料金の支払いを抑えたと考えられる。設置後には、水消費量の多い顧客の節水意識が高まったと考える。

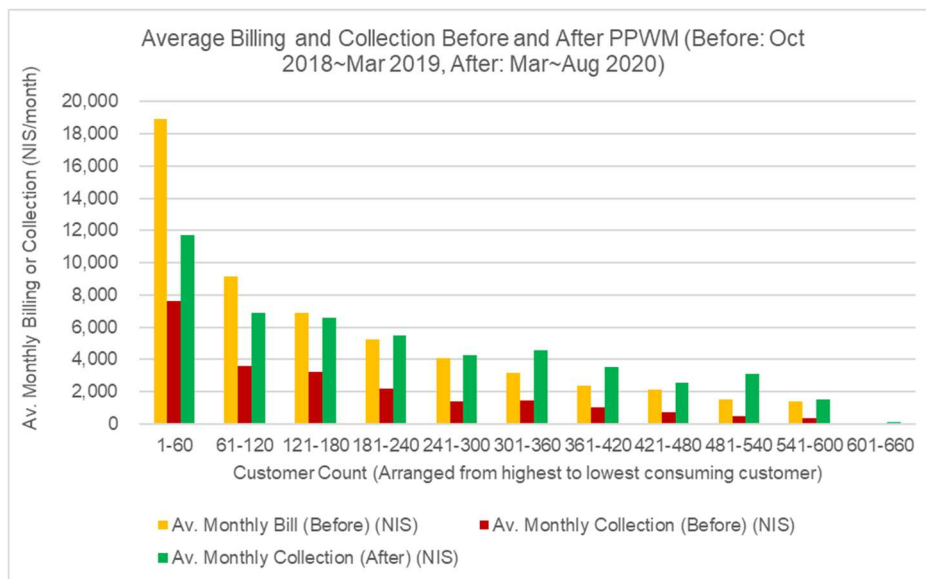


図 4. 顧客グループごとの PPWM 設置前後における水道料金（導入前（請求額、徴収額）と導入後のクレジット課金額）

7-5 COVID-19 パンデミック下でも PPWM の料金徴収は安定していた。

ジェニン市の例を基に、COVID-19 流行前後における前払い式と PPWM による徴収率を次図に示す。COVID-19 流行当初 (2020 年 3 月~5 月)、水道料金徴収が大きく低下した。これは主に後払い式メーターの顧客の支払いが COVID-19 流行により影響を受けたことによる。一方、PPWM 顧客の支払いに影響はなかった。

³ NIS:パレスチナの通貨単位

一方で、COVID-19 感染拡大時には、火災モードをアクティブにするにはどうしたらいいのかという苦情（要望）が多く寄せられた。課金なしで水を使用したいという要望である。これは、ロックダウンにより現金がなくなったか、あるいは課金所に行けないための要望と思われる。PPWM は火災モードに加え、訪問なしでバルブを遠隔でオープンモードにし後払い式に変換して水使用が可能となる。PPWM の機能は COVID-19 の影響下においても様々な対応ができる、COVID-19 にも強い水道メーターと言える。

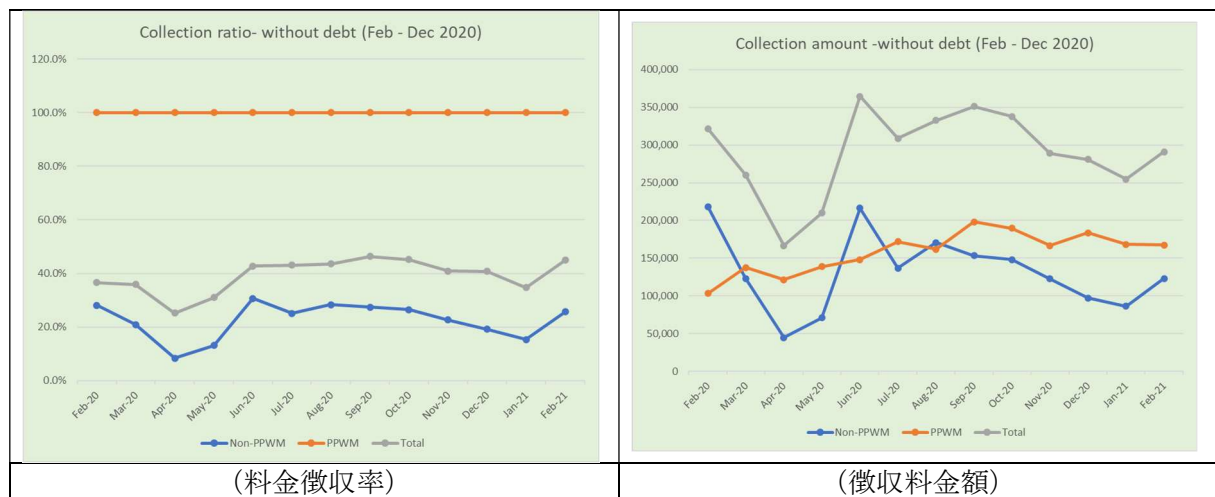


図 5. COVID-19 流行前後における前払い式と後払い式メーターによる徴収料金と徴収率

8. 導入後の組織と顧客の変化

8-1 PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された課題

ジェニン市を例に、PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された問題をまとめた。なお、PPWM でも唯一解決できない問題は、違法接続である。

表 11. PPWM 導入後に後払い式水道メーターシステムの解決された問題

	PPWM 導入前の問題	解決	PPWM 導入後
検針	1. 検針のために毎月顧客を訪問する必要があり、費用と時間がかかり職員も必要だった。	○	- 現場で検針作業を行う必要がない。
	2. 検針員がアクセスできないところにメーターがある。読みにくいメーターも多い。		- 全ての検針に係る業務や費用が無くなった。
	3. 検針日に顧客が不在だったために再訪する必要があった。		- 検針員も不要である。
	4. 活動は紙ベースであったため、メーターの読み取りやデータの処理で人為的エラーが発生する場合があった。		- メーター読み取りエラーやデータベースへの転記ミスもない。
	5. 検針をせずに推定で請求書を発行する例も多い。		- 推定値で請求書を発行する必要がなくなった。
			- 顧客の水使用量データが正確になっ

	PPWM 導入前の問題	解決	PPWM 導入後
			た。
請求と徴収	6. 紙ベースの検針データを請求システムに入力し、請求書を毎月印刷して配達する必要があった。 7. 請求書の印刷費もかかり、プリンターのトラブルもある。毎月の請求書の印刷期間中は、顧客データベースシステム運用の停止が必要だった。これらは時間のかかる作業だったため、請求書は1か月遅れて配送されていた。	○	- 手作業で請求と徴収データを入力する必要がなくなった。 - 請求書印刷と配達の必要がなくなった。 - 水使用と請求・徴収のタイムラグがなくなった。逆に前払いになった。
	8. 集金人は、顧客が玄関先で支払うこともあり、集金率が非常に低くとも、戸別集金を行う必要があった。	○	- すべての請求と徴収の問題は解決された。 - 現場での請求および徴収作業がなくなった。 - PPWM を設置した顧客の料金徴収率は100%となった。
	9. 検針員と集金員が保護の必要性を感じる不満を持つ攻撃的な顧客もいる。	○	- 検針、徴収時に、職員が顧客と会うことがなくなった。
違法接続	10. 違法接続が多い。	×	- PPWM には違法接続の発見を目的とした改造発見機能があるが、依然多くの違法接続が発見される。
	11. 水道メーターの破損や無断取外しに加えて、違法接続があるため、水使用量データは不正確である。 12. 人手不足と不正確な推定消費データにより、メーター状況の把握や違法接続の探查は、非効率である。	○	- PPWM は顧客の正確な水使用量を毎日、監視できる。 - 正確な顧客の水使用量データを定期監視することにより、違法接続顧客の推定がより効率的にできるようになった。
未納金の増加と返済	13. 料金徴収率が低いと、これまで未納金が膨大な金額に膨れている。	○	- 徴収率が100%のため、未納金が増加しなくなった。
	14. 料金支払い延滞に関して罰金を科し、あるいは未納顧客を裁判所に送付する対応をしているが、スピードが遅い。未納金対応職員数も少ない。このため、未納料金の低い回収率に直面している。	○	- PPWM の未納金回収機能を利用すれば、課金クレジットの一部を自動的に未納金回収に回せる。回収率は任意で設定可能。ジェニンの場合は10%に設定している。 - 未納金の多い商業顧客（支払い能力が高い）には、PPWM を設置し高い未納金回収率を設定している。
水道メーターの監視	15. 多くの未検針顧客が存在し、多くの検針値が推定値となっている。 16. 状態が不明の水道メーターが多く存在する。取り外しや破損しているメーターも多い。 17. 水使用量は正確に把握できていない。	○	- 全て正確な PPWM のデータが毎日伝送されてくる。 - 水使用量を含む PPWM の継続的な監視を行い、違法接続の発見や、顧客が PPWM を改造または破壊しようとしたケースを効率的に発見できるようになった。 - PPWM が取り外されれば、改造探知機能が警告を発する。 - 破損している場合にも、水使用量値 0 が送られてくるため、対応が可能。

PPWM 導入前の問題		解決	PPWM 導入後
職員	18. 職員の検針、請求、徴収、および月次のデータ入力にかかる人手不足に直面していた。	○	- 人員の追加雇用が必要無くなった。また、労働時間の削減ができた（検針と料金徴収の必要がなく、データを手作業で入力して請求書を印刷する必要がない）。 - 職員をより効率的に使用するために、他の課やタスクに人員を再配置できる。
顧客	19. 十分な給水量を受けられる顧客がいる一方で、全く給水が受けられない顧客がいるなど不公平な水分配があった。 20. 違法接続が多く、このような顧客の節水意識は低い。	○	- 水使用量の多い顧客で、水使用量の減少がみられた。その結果、以前は水不足の顧客に対して、水が回るようになり、給水がより公平になった。 - ステークホルダーとの約束により、PPWM の導入とともに、新しい水源（私有井戸）と契約し、給水量を増やした。

8-2 PPWM 導入後の顧客行動の変化

ジェニン市を例に、PPWM 導入後の想定を含む顧客行動の変化を以下にまとめる。

表 12. PPWM 導入後の顧客行動の変化

指標	PPWM 導入以前	PPWM 導入後
水道料金支払いに対する意識	顧客が給水事業をどう考えているか理解することは難しい。顧客が水道サービスに満足していないと、水道料金支払い意思が低下する。そして未納金が多いことが水道サービスの改善を妨げているということが顧客に理解されにくい。	顧客の中には、水道料金の支払いや未納金を返済することで市内の水道サービスが改善されることに気づいた人もいる。
PPWM 設置に対する受容と満足度	PPWM に関連する戸別訪問および意識向上キャンペーン前には PPWM の受容度が低かった。	設置後の満足調査では、顧客の満足度が高く、受容度は大きく改善した。
水使用量	水道料金の未払いも可能であり、水使用と料金が直接リンクしないため、水使用をあまり意識していない。	水使用＝クレジットであり、水使用（課金）を意識し、合理的な考え方で水使用量を制御している。
PPWM の信頼性	従来型の水道メーターは、時間制限給水による空気混入により、過大に料金を請求していると風評があった。	超音波式 PPWM により、空気を測定しないなど、顧客のメーターに対する信頼性が向上した。
水道メーターの取扱い	顧客は、従来システムの方が簡単だと考えており、超音波式 PPWM は高度な技術であり、扱いにくいと考えていた。	PPWM の取り扱いが簡単であると理解した。検針がなく、自分で水量を管理できることに好印象である。
料金の支払い	料金支払いは面倒で、市役所窓口または徴収人に支払う必要があった。	課金所にて直接プリペイドカードに課金する方が簡単である。課金所も多く苦にならない。未納金が増加しないのも好印象である。

指標	PPWM 導入以前	PPWM 導入後
未納金の支払い	1回または分割でジェニン市へ支払う必要がある。	各課金クレジットの10%を自動的に支払う。意識しないで債務を減少できる。
水道サービス	悪い印象である。	PPWMの導入とともにサービスが改善したと感じる顧客も多くなった。

9. 導入による課題

9-1 PPWM システムは、新しい課題をもたらしている。

(1) 実施／導入

- パイロット／初期段階では顧客データを収集するために、すべての顧客に対して広範に開始時調査を行う必要があった。違法と思われるバイパス管を見つけてそれに対処すると、調査にかかる時間が長くなる。（ザンビア：ルサカ/ンカナ/カフブ/ムロンガ、パレスチナ：ジェニン）
- 初期投資コストが高く、コスト回収期間が長い。水道料金が安い場合や社会的弱者配慮が必要な場合は特に長くなる。（ザンビア：ンカナ/カフブ/ムロンガ/ルカンガ、モザンビーク：マプト、ケニア：ナイロビ PSP、ウガンダ：カンパラ PI、パレスチナ：ジェニン）
- PPWM ソフトウェアシステムの維持管理費／ライセンス料が高い（ケニア：ナクル PSP、ウガンダ：カンパラ PI）
- 公共水栓 PPWM（ウガンダ：カンパラ PSP）を設置するため土地の取得が必要
- 国内のサプライヤーの数が限られている（ザンビア：ムロンガ、ケニア：ナクル PSP）

(2) 技術的課題

- バルブが予期せず閉じる、または自動的に開かない（ザンビア：ルサカ/ムロンガ、モザンビーク：マプト、ケニア：ナクル PSP、パレスチナ：ジェニン）
- バッテリー障害、CIU/メーター通信障害、メーターの課金失敗が発生した（ザンビア：ンカナ/カフブ/ムロンガ/ルカンガ、モザンビーク：マプト、ケニア：ナイロビ PSP/ナクル PSP、ウガンダ：カンパラ PI/カンパラ PSP）
- 公共水栓 PPWM-（機材、ソフト、伝送方法）のアップグレードがし難い（ウガンダ：カンパラ PSP）
- いったんトークンが発行（クレジットの課金）されるとキャンセルできない。紛失等の場合でもクレジットの再発行ができない（ザンビア：ンカナ）
- 機械部分のみならず電子部分の修理が必要になった。水道事業体における修理のための作業場の不足。継続的な訓練活動およびメーター検査も必要。（モザンビーク：マプト、パレスチナ：ジェニン）。

(3) 運営と維持管理

- スペアパーツが高額である。（ザンビア：ンカナ、ケニア：ナクル PSP）

- 新しいメーターシステムを使用する際に、特に初期段階から職員のモチベーションを高め、自信とスキルを向上させる必要がある。(ザンビア：ルサカ/ンカナ、パレスチナ：ジェニン)
- 継続的な顧客啓発やそのための人材が必要である。(ザンビア：ルカンガ、ケニア：ナクル PSP、パレスチナ：ジェニン)
- PPWM の導入後に新たな種類の苦情が発生した(例：メーターが閉まらない、メーター内部の水漏れによる電子部品の故障、バッテリーの故障等)。(ザンビア：ルサカ/ンカナ/カフブ、ケニア：ナイロビ PSP、パレスチナ：ジェニン)
- メーターサプライヤーからの技術サポートが必要であるが少ない(特に保証期間が過ぎた後)。(ザンビア：ルサカ)
- 水道事業体は、保証期間満了後の PPWM 保守への備えをする必要がある。(パレスチナ：ジェニン)
- データを監視し、顧客の苦情を効率的に処理するには、PPWM と既存顧客データベースシステムの統合が必要である。(ザンビア：ンカナ)
- メーターの破壊行為、違法接続、または機能不全がないか、PPWM の継続的な現場視察が必要である。(ほとんどの水道事業体)

(4) 水道料金の徴収

- 特に多額の未納金を抱える顧客からの未納金回収には PPWM の回収機能だけでは時間を要する。(ザンビア：ルサカ/ンカナ/カフブ/ムロンガ/ルカンガ、モザンビーク：マプト、パレスチナ：ジェニン)。
- メーターに技術的問題、特に大規模な技術的障害が発生した場合、収益に悪影響を及ぼす可能性がある。(ザンビア：ルサカ)

(5) 低所得の顧客

- すべての顧客が前払いできるわけではない。社会的弱者へのセーフガードを検討する必要がある。(すべての水道事業体)。

10. 教訓に基づく提言

10-1 PPWM 導入を成功させるための提言

前述のとおり、PPWM にはいくつかの問題や課題があるにもかかわらず、調査対象のすべての水道事業体は PPWM が成功したと考えており、PPWM を継続・推進することに前向きである。PPWM 導入を成功させるための提言を以下に示す。

表 13. PPWM 導入を成功させるための提言

番号	項目	条件
1.	事前調査の実施	水道事業体は PPWM 導入の決定に際し、各種事前調査を実施している。特に、同じ国内の事業体で既に先行事例がある場合は、訪問調査を実施して課題や教訓、成功要因を分析し、導入に役立てるのが効果的である。

番号	項目	条件
2.	成功要因をフォロー	導入の成功要因は、料金収入の増加を目標に置くのではなく、PPWM 導入と共に給水状況と顧客サービスの改善を目標にすることである。これにより顧客満足度が高まり PPWM 受容性が向上する。
3.	政治的バックアップ	導入には、自治体の政治家（市長や市議会）や事業者トップのコミットメントが必要である。ステークホルダー会議や導入計画作成にトップが参加することにより、実施環境が整備され PPWM の社会的持続性が高まる。
4.	対象地域の選定	対象地域は PPWM 導入の目的やその受容性に基づき選定する必要がある。例えば未納金の多い地域、受容性が高いと想定される給水が安定している地域、低所得地域（公共水栓 PPWM の場合）などである。なお、対象地域は、課金所の数を効率化、顧客管理の対応がしやすく、データの統計（無収水率、料金徴収率等）が取り易い、特定の地区単位で選定することを推奨する。
5.	社会的弱者配慮	公共水栓に PPWM を設置することで、中間介入者を排除し、貧困層が支払う水道料金の低減と安定給水を可能にした事例がある。 その他の貧困層対策としては、貧困層向けの水道料金の設定、PPWM を後払い機能への転換、募金等による補助金支給プログラムがあげられる。
6.	設置料金（初期費用）	既存の従来型メータを PPWM に交換するのであれば、通常は、水道事業者が交換コストを負担している。 新規接続の場合はメータを含む接続費用を顧客が支払うことにより給水接続が行われる。PPWM は従来型のメータと比較して高価であり、その増額分を含めた水道接続料とするか、従来型メータと同じ接続料とするかを水道事業者は決める必要がある。支払い方法は一括あるいは分割支払いがある。PPWM では接続料を未納金として処理し、分割払いをプログラム化することができる。各課金時に購入したクレジットの一部を接続料に充てることになる。返済率は任意で設定できるため、顧客との話し合いの上、設定できる。返済率を上げれば短期間に返済でき、下げれば長期間で負担も少なく返済が可能となる。 なお、メータの所有権に関しては、顧客が所有するケース、水道事業者が所有するケースがあるが、PPWM に限らずメータは水道事業者が所有し管理することにより、常に正常なメータに維持しておくことが可能と考える。ジェニン市の場合は、PPWM 導入時に、新規顧客用の顧客接続契約書を変更し、メータの所有者は市と明確に規定した。 公共水栓型の PPWM は、初期費用は水道事業者やドナー等が負担するケースが多いため、利用者の初期費用の負担は無くなる。メータの所有者も基本的に水道事業者である。
7.	課金方法	様々な課金方法があるが、課金方法の選定には、対象地域の IT 環境と顧客の利便性を考慮しないといけない。デジタルバンキングや携帯電話による電子決済は利便性が高いが、全ての地域で採用できるわけではない。 課金所の配置を決定する際は、顧客の利便性を考慮し、顧客の課金所までの移動時間、利用可能な時間帯を検討する必要がある。
8.	住民の合意形成（啓発）	PPWM 導入に対する市民の意識向上と継続的な広報の役割は PPWM 成功の重要な要因である。PPWM 設置を顧客に促すために顧客の意識を高め、 市内の人々市民 の信頼を得るための活動が計画されている必要がある。大半の水道事業者は、メーター設置前に、顧客に PPWM の必要な情報を提供し、顧客の設置同意を得ている。設置後には、顧客の PPWM 使用のフォローアップ活動を行っている。
9.	顧客満足度	顧客の PPWM 改善要望は以下のとおりであり、これらは導入前に十分検討しておく必要がある。 ・ PPWM ユニットの信頼性の向上（故障が少ないこと）

番号	項目	条件
		<ul style="list-style-type: none"> 課金の利便性（課金所の増加、クレジット課金システムの改善） 公共水栓/給水キオスク PPWM の設置数の増加 給水の信頼性（給水時間・日数、給水圧）の改善 顧客サービスの改善 啓発活動で発信する情報の充実
10.	PPWM チーム編成	PPWM を設置、維持管理を行う専任チームが必要である。必要なチーム構成は、給水接続技能者、IT 技術者、啓発担当者、および顧客サービス担当者で構成される。特に従来式メーターの設置、維持管理とは異なり、IT 技術者が必要である。
11.	水道料金	<p>基本的に、PPWM の水道料金は、後払い式と同じ水道料金体系を使用している。</p> <p>PPWM が貧困層を対象とする場合、貧困層に配慮した補助付きの水道料金を検討する必要がある。</p> <p>水道事業者は、安価な料金設定が PPWM 費用の回収期間の長期化や更なる PPWM 投資を妨げることを理解する必要がある。</p>
12.	水道メーター機種 の選定	設置環境にあった適切な水道メーター形式の選定する必要がある。PPWM は前払い機能部分と、水道メーター部分からなる。技術的な持続性を確保するためには、まずは水道メーター部分の適切な形式を選定する必要がある。機械式を採用する場合は、水道管内に混入物やカルシウム分が高くないか確認する必要がある。混入物は機械部分を破壊、詰まらせ、カルシウム分は、時間制限給水でメーター内が乾くことによりカルシウムの凝結につながる。時間制限給水では、更に、管内への空気の混入による使用水量のカウントを大きくする可能性がある。超音波式 PPWM が上記課題を解決できるが、流通しているブランドが少なく、調達の競争性が少ないことが課題である。
13.	製品の選択	<p>製品選択には以下を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 必要な国際規格に適合している ローカルサプライヤーの技術力を確認する 保証内容と期間の明示し、期間は3年以上が望ましい スペア部品の入手可能性を確認する バッテリー寿命（最低5年）を確保する。
14.	維持管理（故障対応）	PPWM ユニットの故障率は数%から50%に上るケースがある。高い故障率の場合は、ブランドの選定ミスである。故障率が小さくとも、機器は高価であり、修理して使用する必要がある。その際に、水道事業者が全ての修理ができるケースはほとんどない。特に電子部分を修理できる事業者はない。従って、故障対応方法を検討しておく必要がある。一番手間のかからない方法は、メーター代理店との全ての故障メーターの修理に対するアフターサービス契約を結ぶ方法である。これには、サービス費が必要である。それを低減するため、独自でできる範囲（例えばバッテリーの交換、機械内部の掃除等）を設定し、それ以外は外部への委託とする方法がある。
15.	維持管理能力の向上	設置当初には、機器の不具合も多く顧客の苦情も多い。職員が設置、修理、苦情に対処するためにメーター代理店から十分な訓練を受けている必要がある。また、メーターの維持管理や修理に関する適切なマニュアルの整備も必要である。これらのトレーニングやマニュアルの作成は仕様書で、サプライヤーのサービス内容として記載しておくことがよい。
16.	LoRA ゲートウェイ データの使用	ジェニン市での PPWM の成功要因の一つがゲートウェイの使用である。ゲートウェイシステムの導入により、正確な顧客データが毎日遠隔入手、監視可能となった。PPWM の制御も遠隔でできる。これにより苦情対応やフォローアップなどの顧客サービスが改善した。違法接

番号	項目	条件
		続探査にも活用されている。顧客サービス課の職員の意識の向上にもつながっている。苦情も迅速に100%解決されている。
17.	違法接続	PPWMでも違法接続の問題は解決できないが、正確な顧客データベースにより、違法接続の探査が効率的に実施可能である。メーター状況と違法接続の確認のため、PPWMの定期観察は必須である。併せて、定期的に各顧客の水使用傾向をチェックし不審あるいは異常な水使用をチェックする必要がある。

11. PPWMの導入動向とニーズ

11-1 サブサハラアフリカでは、当初計画通りには PPWM の設置は済んでいないが、公共機関への設置や課金方法の多様化が進められてきた。

カンパラ、ルサカ、マプト、ナイロビ、ナクルの各都市における導入動向を、2014年に刊行されたレポートに記載されている世界銀行のデータと本調査を基に比較した。

世界銀行のレポートによると、当時カンパラは公共水栓型PPWMを3,000箇所、ルサカは各戸型PPWMを69,000箇所、ナクルは公共水栓型PPWMを1,000箇所追加設置する計画があった。しかし、本調査で現状を調べた結果、水道事業体は計画どおりにPPWMを追加することができなかった。

マプトは2014年時点で220箇所の公共水栓型PPWMを設置していたが、その後公共水栓型PPWMは増加しておらず、2,400箇所の各戸型PPWMと100箇所の商業PPWMを追加した。

ルサカでは、各戸型PPWMが2,000箇所近く減少したが、500箇所を超える政府機関のPPWMが追加された。公共水栓型PPWMは38箇所から72箇所に増加した。

ンカナではPPWM設置が増加傾向にあり、クレジット販売方法をアップグレードしてきた。2012年にはトークン利用のPPWMが250箇所、2015年にスマートカード利用のPPWMが1,400箇所、2018年にはSTS（標準転送仕様）⁴利用のPPWMが13,816箇所設置された。

表 14. サブサハラアフリカのPPWM設置動向

都市	世界銀行レポート*				本調査	
	PPWM設置形式	年	合計設置数	給水人口	設置状況(設置数)	給水人口/世帯数
カンパラ	公共水栓 政府組織	2007 2014	>1,599	200,000人	1,500 200	150,000人
	目標合計設置数	2017	3,000			
ルサカ	戸別 公共水栓 公共施設	2014	14,000 38 203		12,113 72 789	13,110世帯
	目標合計設置数(戸別)	2018	69,000			
マプト	公共水栓 個人 商業		220		2,400 100	2,500世帯
ナイロビ	各戸	2008	620			

⁴ 標準転送仕様（STS: Standard Transfer Specification）とは、POS課金端末とメーターの間で情報を伝送するための標準化された安全なメッセージプロトコルを指す。

	公共水栓				165	25,000 人
ナクル	公共水栓	2012	95		155	3,875 世帯
	目標合計設置数（公共水栓）		>1,000			

*出典: The Limits and Possibilities of Prepaid Water Meter in Urban Africa-Lessons from the Field, World Bank Report, 2014

水道事業者と利用者の両方が PPWM を成功した満足のいくサービスであると考えているが、ンカナとマプトを除く都市では、必ずしも PPWM が増加傾向を示しているわけではない。マプトは、最初に公共水栓型 PPWM を導入した後、各戸型および商業用の PPWM を導入した。一方、各戸型/公共水栓型から PPWM を開始したルサカとカンパラは、料金延滞が問題となっていた公共機関の顧客向けの PPWM 設置を優先してきた。ナクル、カンパラ、ルサカによる PPWM 追加設置の当時の野心的な計画は、恐らく資金の問題、費用便益分析の問題、および目標設定が不十分だったため達成されていない。それにもかかわらず、PPWM は依然として数多くの人々、特にナイロビ（25,000 人）、ルサカ（13,110 世帯）、カンパラ（150,000 人）で給水サービスを提供している。

11-2 世界の他の地域での PPWM の導入実績はまだ非常に限られている。

世界の他の地域での PPWM の導入状況をインターネットで検索した。PPWM を導入している、または導入を計画している水道事業者は、限られた数しか見つからなかった。PPWM 採用例を以下に説明する。

(1) ブラジル・パルマス：

地元企業 SANEATINS 社は、100 世帯で 4 年間 PPWM をテストし、10,000 箇所分を設置する計画とした。

主要目的：

- 水道事業者のコストを削減し、苦情を減らし、データ処理の労力を削減する。
- 顧客にとっては料金の引き下げ、消費量の制御（抑制）、即時の屋内漏水検知、家庭の財政能力に応じた水使用に資するため。

貧困層への配慮：

- 低所得層に無料の水を提供するソーシャルカードが用意されている。
- 毎月、クレジットが無くなった後であっても、利用者には 3 日間分の水が貸与され、次の課金時に差し引かれる。

(2) ブルネイ：

ブルネイ政府は 2019 年に、大量の水の使用を抑制し、無駄を削減するために PPWM を導入する段階的な計画を提案した。ブルネイは、1 人 1 日あたり 380 リットルと水使用量が最も多い国の一つである。また、2016 年の水道サービスの未納金額が 3,000 万米ドルと巨額である。生産コスト（1m³あたり 90 セント）は、販売価格（1m³あたり 11 セント）よりもはるかに高い。PPWM 計画は、特に低所得者に負担がかからず、使用が困難とならないように

考慮している。

(3) オマーン・マスカット：

オマーン公共水道局は、水の損失を減らすために、マスカット県に 90,000 個のスマートメーター（プリペイドシステムでも動作する）を設置した。民間企業と協力して、2021 年までに 27 万台のスマートメーターを設置する計画である。対象となる顧客は、現在給水システムに接続されている顧客である。顧客にとっての利点は、水消費を制御し、水消費トレンドを比較することで屋内漏水を検出できることである。水道局が水道メーターの費用を負担し、無料で交換する。前払い課金システムは 24 時間利用可能で、クレジットがなくなった時には顧客に通知する。水道料金は後払い方式と同じである。

(4) ソロモン諸島：

ソロモン諸島の水道事業者である Solomon Water は、前払い式給水システムである CashWater Meter を導入した。2020 年には、5,000 人の CashWater の顧客がいた。これにより、顧客は料金未納リスクを軽減し、キャッシュフローを改善し、水の消費量を管理できる。顧客は、課金機またはモバイル決済を利用してクレジットを購入できる。

11-3 未納金の多い公共機関への PPWM の適用、オンラインやモバイル決済による課金、公共水栓用 PPWM への太陽光バッテリーの採用等のニーズが高まる可能性がある。

サハラ以南のアフリカおよび世界の他の地域での調査に基づいて、今後の PPWM のニーズが次のとおり想定できる。

- 水道事業者は、目的に応じて、各戸一般家庭用の PPWM に加えて、水道未接続の人のための公共水栓型 PPWM、未納金が多い公共機関用の PPWM、商業用の PPWM を採用できる。
- 多くの開発途上国では、水道事業者が料金未納者に対して常に対応できるとは限らない。たとえば、ネパールのカトマンズでは、水道公社の KUKL は巨額の未納金（借金）を抱えている公共機関の接続を切断することも、水の供給を止めることもできない。ルサカとカンパラのような公共機関向け PPWM は、このようなケースで効果を発揮する可能性がある。
- 水道料金を含む公共料金のオンラインやモバイル決済は、世界中で急速に進んでいる。このようなオンライン技術を顧客が理解している地域では、PPWM の導入が容易に進むと考えられる。
- 特に公共水栓型 PPWM の場合、太陽光発電を用いた PPWM ユニットの運用の実現可能性と有効性を、バッテリー問題（PPWM へのロード回数が多いとバッテリー消費が進む等）の対策の一つとして評価する必要がある。
- PPWM のクレジット販売手順を容易にするためには、決済手段に ICT 技術や STS を導入してトークン/コイン方式からアップグレードすることも必要である。