

出國報告（出國類別：考察）

參加 2019 以色列水科技博覽會
WATEC-水科技及環境控制(含考察)
報告

服務機關：台灣自來水公司

姓名職稱：蔡博淵 組長

謝榮哲工程師

陳威豪工程師

派赴國家：以色列

出國期間：108 年 11 月 16 日至 108 年 11 月 23 日

報告日期：109 年 2 月 15 日

摘要

本次應以色列駐台北以色列經濟文化辦事處邀請赴以色列參加 2019 水科技博覽會及水資源考察，臺灣共計 7 個單位、18 人參加，參加單位除了本公司外，還包含經濟部水利署、台北自來水事業處、中興工程顧問公司、謙益國際股份有限公司、有泉科技有限公司、以西科技股份有限公司等。

本次參訪於以色列期間參訪日期為 108 年 11 月 17 日至 11 月 22 日，實地參訪 Hadera 海水淡化廠、ToxSorb 公司、Netafim 公司、TaKaDu 公司、Shafdan 廢污水處理廠、Utilis 公司、Aquarius Spectrum 公司與 Curapipe 公司外，還參加 2019 水科技博覽會。

本次實地參訪或是 WATE 水科技博覽會，水科技領域包含有污水處理再生、污水再利用於灌溉、海水淡化、滴灌技術、薄膜處理、輸水管線防漏等，於短時間吸收大量先進的水科技領域知識。更重要的，本次參訪認識到以色列這個水資源極度缺乏的國家，如何藉由管控水資源調配並極力發展水科技產業，找到了水資源永續利用的出路。

目錄

摘要	I
目錄	II
圖目錄	III
表目錄	V
一、 目的：	1
二、 行程安排：	1
三、 過程-參訪 HADERA 海水淡化廠：	3
(一) IDE 公司簡介：	3
(二) HADERA 海水淡化廠流程簡介：	3
四、 過程-參訪 TOXSORB、NETAFIM、TAKADU 與 SHAFDAN 等公司： ...	13
(一) TOXSORB 公司：	13
(二) NETAFIM 公司：	18
(三) TAKADU 公司：	22
(四) SHAFDAN 公司：	24
五、 水科技博覽會：	28
(一) 水科技博覽會	28
(二) 專業技術展行程	32
六、 心得及建議：	42
七、 參考資料	42

圖目錄

圖 3-1 HADERA 海水淡化廠流程圖.....	4
圖 3-2 HADERA 海水淡化廠鳥瞰圖.....	5
圖 3-3 HADERA 海水淡化廠海洋取水管.....	5
圖 3-4 HADERA 海水淡化廠取水泵.....	6
圖 3-5 20 MICRON 過濾設備.....	6
圖 3-6 HADERA 海水淡化廠 RO 半透膜構造.....	7
圖 3-7 HADERA 海水淡化廠 RO 半透膜組.....	7
圖 3-8 HADERA 海水淡化廠能源回收系統.....	8
圖 3-9 HADERA 海水淡化廠礦化單元.....	9
圖 3-10 HADERA 海水淡化廠直飲區.....	10
圖 3-11 HADERA 海水淡化廠產水直飲區合影.....	11
圖 3-12 以色列總用水量(截至 2016 年).....	12
圖 3-13 以色列總供水量.....	12
圖 4-1 陣列式的改良活性炭.....	14
圖 4-2 RO 設備.....	15
圖 4-3 TOXSORB 公司水處理設備線上水質監測儀器.....	16
圖 4-4 TOXSORB 公司淨水處理操作介面.....	16
圖 4-5 本次團隊聽取 TOXSORB 公司簡報.....	17
圖 4-6 本次團隊於 TOXSORB 公司前合影.....	17
圖 4-7 NETAFIM 公司發展歷史.....	18
圖 4-8 NETAFIM 公司研發滴頭特殊的微渦流設計.....	19
圖 4-9 NETAFIM 公司 NETBEAT 系統.....	19
圖 4-10 台灣農林的滴灌系統.....	20
圖 4-11 NETAFIM 公司展示戶外滴灌農地.....	21
圖 4-12 NETAFIM 公司展示自動滴灌系統.....	21
圖 4-13 TAKADU 公司的智慧水網系統.....	22
圖 4-14 TAKADU 公司簡報案例二內網絡中預測模式的偏差.....	23
圖 4-15 SHAFDAN 污水處理廠鳥瞰圖.....	24
圖 4-16 廢污水處理後補注地下水及再利用.....	25
圖 4-17 廢污水處理後地下水補注池.....	26
圖 4-18 污泥再利用於農業.....	26
圖 4-19 SHAFDAN 污水處理廠.....	27
圖 4-20 本次團隊與簡報人員於 SHAFDAN 污水處理廠合影.....	27

圖 5-1 水科技博覽會大門入口處.....	29
圖 5-2 本公司參訪人員於大會內合影.....	29
圖 5-3 水科技博覽會之圓桌會議.....	30
圖 5-4 水科技博覽會會場.....	30
圖 5-5 水科技博覽會參展廠商配置圖.....	31
圖 5-6 經濟部水利署參展攤位.....	31
圖 5-7 傳統聽音巡檢.....	33
圖 5-8 衛星影像偵測搭配傳統聽音巡檢.....	34
圖 5-9 定義關注區域(AOI, AREA OF INTEREST).....	34
圖 5-10 蒐集涵蓋 AOI 管網範圍的高精度衛星影像圖.....	35
圖 5-11 人工智慧、大數據分析與機器學習進行演算.....	35
圖 5-12 展繪出關注點(POI, POINT OF INTEREST).....	35
圖 5-13 於電腦或行動裝置的網頁畫面(WEB-BASED)中展現成果.....	36
圖 5-14 現場檢測確實發現漏水.....	36
圖 5-15 線上固定式相關儀安裝與運作方式.....	37
圖 5-16 AQUARIUS SPECTRUM 公司的 AQS-SYS 監測系統.....	37
圖 5-17 相關儀可透過漏水音精確定位漏水點.....	38
圖 5-18 AQUARIUS 管線狀況評估技術.....	38
圖 5-19 AQUARIUS WATER METER 整合計畫.....	39
圖 5-20 AQUARIUS TAKADU 整合計畫.....	39
圖 5-21 TALR 技術管線修復前後照片.....	40
圖 5-22 TALR 技術運作方式圖.....	41

表目錄

表 2-1 以色列考察日行程表	2
表 3-1 以色列海水淡化廠營運資料	3
表 3-2 HADERA 海水淡化廠產水水質標準.....	10

一、目的：

雖然地球表面有 70%的面積由水體覆蓋，不過其中只有 0.74%之水量可供飲用，而在 95%的開發中國家，大約有 70%的淡水被用於農業生產。

以色列人口 740 萬，面積僅約 2 萬 2,000 平方公里，境內多沙漠，淡水資源匱乏，以色列地形南北狹長，平均年降水量最多的是北部，約 800 毫米；最少的是南部，約 25 毫米；全國平均年降雨量則僅有 400 至 550 毫米，約台灣的 25%。

雖然以色列全國有三分之二的面積為乾旱區，不過該國政府卻可以利用全世界獨特之方式成功克服缺水之問題。在缺水已然成為各國政府逃避不了的難題時，以色列卻適時利用該危機創造商機，發展高科技的水資源管理及相關水處理技術。

本次應以色列駐台北以色列經濟文化辦事處邀請赴以色列參加 2019 水科技博覽會及考察水科技新創公司技術及發展，藉以收集世界上最新水科技發展現況之相關資料，包括廢水處理、水質監測、海水淡化、節水技術之突破等，以汲取先進國家之自來水處理發展與應用經驗，同時進一步瞭解自來水事業的未來發展趨勢，以供我國自來水經營、管理之相關機關參考。

二、行程安排：

本次考察自 109 年 11 月 16 日至 11 月 23 日，計 8 天(含來回交通時間)，經駐台北以色列經濟文化辦事處協助連繫安排，考察內容主題包括海水淡化、廢污水回收再生利用、智慧水資源管理、水科技創新、農業節水及參加 2019 以色列水科技博覽會 WATEC-水科技及環境控制等，詳細日行程如表 2-1 所示。

表 2-1 以色列考察日行程表

日期	行程	內容
11/16(六)~11/17 (日)	去程	台灣(桃園)→以色列(特拉維夫)
11/17(日)	Hadera 海水淡化廠	全球第二大海水淡化廠
11/18(一)	1. ToxSorb 公司 2. Netafim 公司 3. TaKaDu 公司	1. Harkfor Hayarok 的水處理 2. 農業滴灌技術 3. 智慧水系統
11/19(二)	參加以色列 2019 水科技博覽會(2019 Israel WATEC Exhibition)	
11/20(三)上午	參加以色列 2019 水科技展博覽會(2019 Israel WATEC Exhibition)	
11/20(三)下午	Shafdan 廢污水處理廠	污水處理廠回收補注地下水及供應灌溉用水
11/21(四)	參加以色列 2019 水科技展(2019 Israel WATEC Exhibition)官方辦理的專業技術展示行程	Tour 6: Leak Detection and Repair 漏水偵測與修復
11/22(五)~11/23 (六)	回程	以色列(特拉維夫)→台灣(桃園)

三、過程-參訪 Hadera 海水淡化廠：

(一)IDE 公司簡介：

以色列 IDE 公司成立於 1965 年，是全球最大海水淡化專業技術公司且是全球唯一可同時提供熱法和膜法兩種不同海水淡化技術及設備供應商，近年也積極技術輸出，除協助美國加州政府於 SanDiego 設置建造西半球最大的海淡廠外，也協助中國大陸、印度和澳大利亞海水淡化推動，且目前台灣台塑公司亦於委託該公司進行麥寮海淡廠建置，預計每日產水約 10 萬立方公尺。表 3-1 為以色列海水淡化廠營運資料。

表 3-1 以色列海水淡化廠營運資料

海水淡化廠名稱	營運起始年	出水能力(M ³ /年)
Ashkelon	2005	1 億 1,800 萬
Palmachim	2007	9,000 萬
Hadera	2009	1 億 2,700 萬
Sorek	2013	1 億 5,000 萬
Ashdod	2016	1 億萬

(二)Hadera 海水淡化廠流程簡介：

地球上 97% 的水被鹽化，平均鹽度為 3.5% 對於民生，工業或農業而言太高了。世界需要淡水而地球上的淡水分佈非常不均勻，其中大部分以冰、雪、地下水和土壤水分的形式存在，只有 0.3% 為地表水，湖泊中佔 87%，沼澤中佔 11%，河流中僅佔 2%。

淡水對於地球上的生命至關重要，惟地表水分配不均，且世界上約近半數人口生活在海岸 100 公里以內。因此，利用取之不盡、用之不竭的海水及使用海水淡化技術顯然可以解決我們所面臨淡水短缺的問題。

根據國際淡化協會（International Desalination Association, IDA）統計

資料，迄目前(2019年)為止，全世界共建置2萬1千多座海水淡化廠，日產淡水1億2千多萬噸，3億以上人口的生活離不開海水淡化。

目前海水淡化主要有兩種技術－加熱法(蒸汽壓縮 MVC、多效蒸餾 MED 和多級閃蒸 MSF)與薄膜法(reverse osmosis, 逆滲透 RO)。

RO 淡化利用滲透原理通過將水通過一系列半透膜轉移來去除鹽分和其他雜質，最初是在 1950 年代後期開發的，現已發展成為全球領先的脫鹽技術。

加熱法是把海水先蒸發再冷凝以除去鹽分，有多級閃沸、多效蒸發、蒸氣再壓縮法等技術。加熱法需要大量的熱能，因此常與火力發電廠共構，以電廠汽輪機排放的低壓蒸氣做為廉價的熱源。

本次參觀之 Hadera 海水淡化廠，興建於以色列 Hadera 的 Rabin Lights 發電站內。該海淡廠位於以色列首都 Tel Aviv 以北 50 公里的地中海沿岸。最初，Hadera 海淡廠的設計目標是每年出水約 1 億噸，2009 年投資 7,000 萬歐元，將產能擴增為每年 1.27 億噸，已成為世界上第 2 大的海水淡化廠，該海淡廠於 2010 年由 IDE Technologies (IDE) 和 Shikun & Binui Housing and Construction 共同運營，期限 25 年。

Hadera 海水淡化廠製程分為取水、前處理、RO(逆滲透)單元、脫硼單元(RO 半透膜)與礦化單元(後處理)，其流程如圖 3-1 所示。本次參訪由先進行簡報後，再進行廠區參訪，期廠區鳥瞰圖如圖 3-2 所示。



圖 3-1 Hadera 海水淡化廠流程圖



圖 3-2 Hadera 海水淡化廠鳥瞰圖

取水單元為海洋取水管，管徑為 1800mm，長度為 1.25 公里，共有 3 個吸頭，如圖 3-3 所示。



圖 3-3 Hadera 海水淡化廠海洋取水管

取水泵共有 5 台，總取水量約為 45,000 M³/hr，如圖 3-4 所示。



圖 3-4 Hadera 海水淡化廠取水泵

前處理為重力式過濾設備，為雙層濾料，上層濾料為無煙煤，下層濾料為砂，海水經過濾後，在進入 RO 單元前，還先需經過 20 micron 過濾設備，如圖 3-5 所示。



圖 3-5 20 micron 過濾設備

RO(逆滲透單元)為以 53,000 張半透膜並封裝在直立的白色圓柱狀中(如圖 3-6 與圖 3-7),經由 70 大氣壓力通過圓柱濾膜海水中之淡水可透過半透膜而另高鹽份滷水則集中並由排放管排回大海。



圖 3-6 Hadera 海水淡化廠 RO 半透膜構造



圖 3-7 Hadera 海水淡化廠 RO 半透膜組

為了降低能源需求並提高整體效率，Hadera 海淡廠直接從以色列電力公司 (IEC) 獲得電力，並使用了能量回收以及 Cascade 硼處理技術，能源回收公司(ERI) 提供了 PX-220 壓力交換器設備，該設備是設計和開發能量回收設備的領導者，可幫助減少 60% 的 SWRO 能耗，使海水淡化更具成本效益。它們以高達 98% 的效率運行以減少能耗，PX 設備還可以每年減少 230 萬噸的 CO₂ 排放，每年節省海淡廠約 60% (700MW) 的電力消耗，降低了運營成本，並延長 RO 使用壽命，如圖 3-8 所示。



圖 3-8 Hadera 海水淡化廠能源回收系統

目前世界衛生組織 (WHO) 規定飲用水的硼含量應該小於 0.5 mg/L，因為硼會傷害人體的神經系統；而灌溉用水中的硼含量也不能大於 1 mg/L，否則會對農作物造成傷害。海水中的硼含量一般在 5-6mg/L 之間，一般的海水淡化膜很難達到要求。Hadera 海淡廠採用獲得專利的淡鹽水的逆滲透系統及串聯設計，可生產出硼含量低且回收率最高的水新型海水淡化膜。

因經由 RO(逆滲透)處理過後之淡水，其純度高，不適合直接飲用，故在當作

飲用水供水出去之前，需經過礦化處理，即添加石灰，增加水中的礦物質濃度，如圖 3-9 所示。



圖 3-9 Hadera 海水淡化廠礦化單元

Hadera 的淡化裝置佔地面積極小，是全球海淡水 BOT 項目中最低成本之一，並公認為是世界領先的 SWRO 海水淡化廠之一，使用 IDE 專有的壓力中心設計，除硼系統和其他獨特技術來提高效率，並致力於降低能耗並提供高質量的飲用水，從海水到飲用水僅需 90 分鐘，以色列海淡水技術，確實值得我們學習。而本次廠區參觀完畢後，該廠人員帶領我們前往直飲區域(如圖 3-10 所示)，口感喝起來與礦泉水差不多，而且冰涼，適合飲用，表 3-2 為該廠產水水質標準，而圖 3-11 為直飲區合影。



圖 3-10 Hadera 海水淡化廠直飲區

表 3-2 Hadera 海水淡化廠產水水質標準

水質項目	產水水質標準
LSI(藍式飽和指數)	最小值為 0
CCPP	0-10
pH	7.8-8.5
硬度(as CaCO ₃)	80-120 ppm
鹼度(as CaCO ₃)	最小值為 80 ppm
溶氧	最小值為 3 ppm
濁度	最大值為 0.5NTU
餘氯	0.2-0.5 ppm
總溶解固體物	最大值為 270 ppm
氯	最大值為 20 ppm
硼	最大值為 0.3 ppm



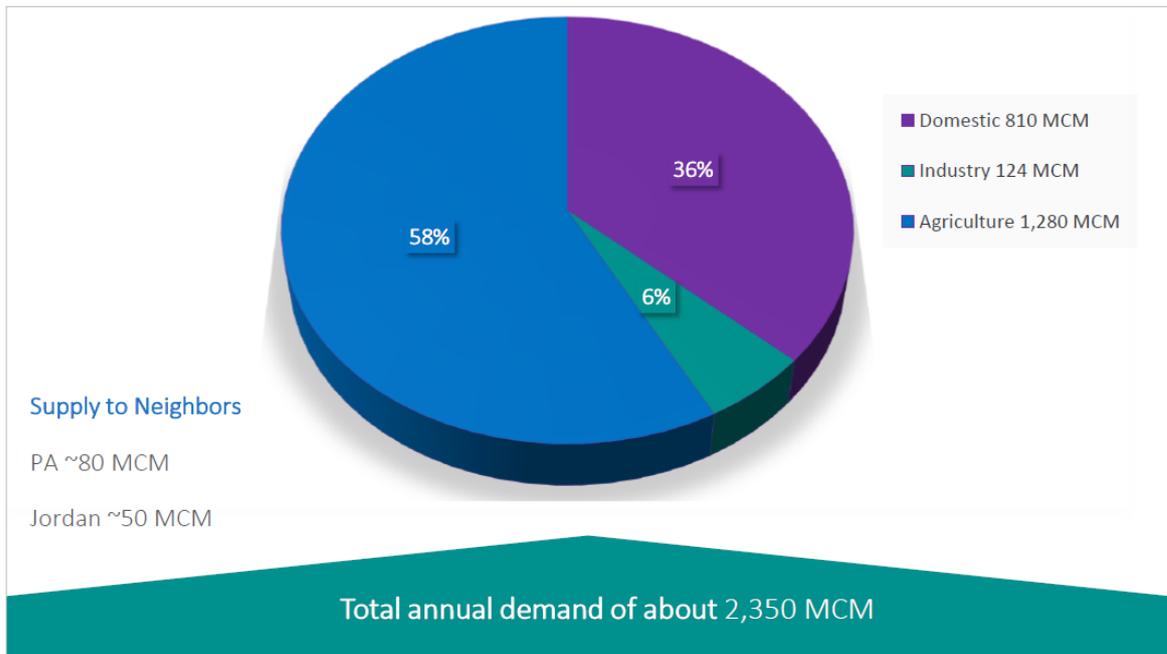
圖 3-11 Hadera 海水淡化廠產水直飲區合影

本次除了了解 Hadera 海水淡化廠外，IDE 公司也向我們進行以色列年用水量與大型海水淡化廠環境議題。

依據簡報內容顯示，截至 2016 年止，以色列總用水量約為 23.5 億立方公尺，其中農業用水為 12.8 億、民生用水為 8.1 億、工業用水為 1.24 億與支援鄰近國家 1.3 億立方公尺(如圖 3-12)。而每年可供應水量約為 21.8 億立方公尺，其中淡水 8.1 億、淡化水 6.6 億、洪水 2.5 億與廢水回收再利用 4.7 億立方公尺(如圖 3-13)，因此每年約有 1.7 億立方公尺短缺。

以色列考量短缺水量與人口增加帶來每年增加約 3%用水量，與解決淡水湖加利利海水位降低及北部 7 條乾枯的河流，提出長期策略就是到 2023 年，將海淡水產量增加至每年 11 億立方公尺，而 Sorek 海水淡化廠預估 2024 年完成，屆時可每年提供約 2 億立方公尺的海淡水。

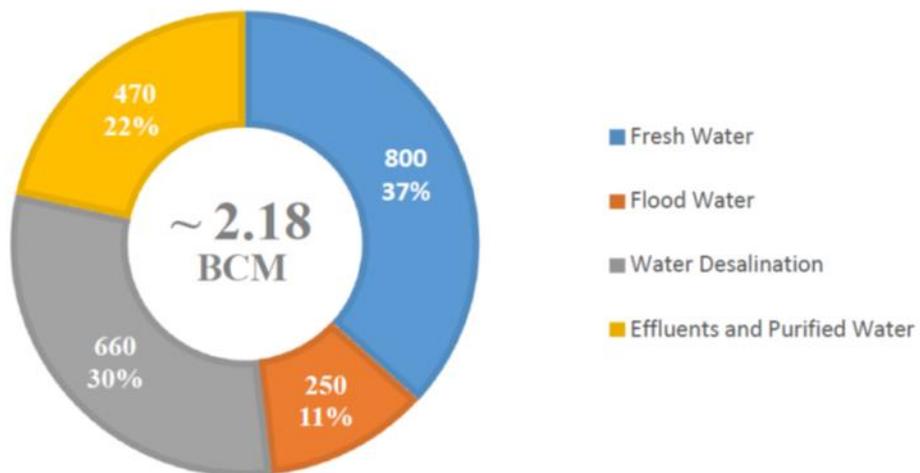
Water Consumption in Israel per Year - 2016



Source: Water Authority, Updated to November 2017

圖 3-12 以色列總用水量(截至 2016 年)

New Water Per Year



In drought years, the amount of new water flowing into the water system is even lower

Source: Water Authority

Note: Water quantity in MCM unless otherwise specified

圖 3-13 以色列總供水量

有關大型海水淡化廠環境議題部分，簡報內容顯示，以色列海水淡化廠要對 3 個政府部分負責，分述如下：

1. 建設部：要求提出海水淡化生產計畫及能源、化學品使用量，與生產過程監督、效率等。
2. 健康部：管控原水與出水的品質，且需要每日進行採樣及分析，分析項目包含化學及微生物。
3. 環境保護部：管控廢水排放水水質與水量與對環境的影響，細節如下：
 - (1)每日線上報告：每 15 分鐘自動監測排放水水質，若超出標準，則會自動發送警報訊息。
 - (2)每月報告：每週取樣檢驗結果報告，水質分析項目含 pH、電導度、TOC、TSS、TDS、濁度、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、總氮、 PO_4^{2-} 、總磷、重金屬等。
 - (3)排放口海域監測：每年兩次，包含生物、生態、化學與海放館等進行監測，其調查資料必須與上一年資料進行比較，以利評估是否因廢水排放造成環境上的改變。

四、過程-參訪 ToxSorb、Netafim、TaKaDu 與 Shafdan 等公司：

(一)ToxSorb 公司：

WFI 集團是以色列內水永續性創新的領導者。結合旗下過四個業務部門提供全面的水處理和回收解決方案，為飲用水、工業和農業用水提供了一系列成熟的先進技術。

本次參訪 ToxSorb 公司就隸屬於 WFI 集團，而該公司目前位於 Harkfor Hayarok(是以色列的一個青年村，位於特拉維夫·雅福市北部邊界的拉馬特·沙沙隆南部。)進行淨水處理業務。

由於工業與農業十幾年來的發展，導致以色列沿海含水層普遍受到化學物質與有機物污染，如高氯酸鹽、硝酸鹽及二溴乙烷(EDB)，而由於 EDB 污染，因此以

以色列政府強制封閉 Harkfor Hayarok 內水井，避免人體使用後，產生不良的影響。

Harkfor Hayarok 為了能擁有乾淨的飲用水使用，選用 ToxSorb 公司的改良活性炭專利技術，經由陣列式的改良活性炭(MAC)過濾後，再經 RO 處理，可有效去除 EDB 濃度，如圖 4-1 與 4-2，並由該公司設計、建造及營運淨水處理設備，可產出達年供水量約為 10 萬立方公尺，供該社區居民使用。



圖 4-1 陣列式的改良活性炭



圖 4-2 RO 設備

ToxSorb 公司研發改良活性炭(MAC)技術除了可去除 EDB 外，也能將受高氯酸鹽污染的水，從濃度 150ppb 去除至無法檢測出來，優於一般傳統技術，是以色列政府衛生部唯一核准去除高於 150ppb 的氯酸鹽技術。

圖 4-3 與 4-4 為 ToxSorb 公司淨水處理設備線上水質監測儀器與操作介面，以確保供水水質安全。而圖 4-5 與 4-6 為本次團隊聽取 ToxSorb 公司簡報與合影。



圖 4-3 ToxSorb 公司水處理設備線上水質監測儀器

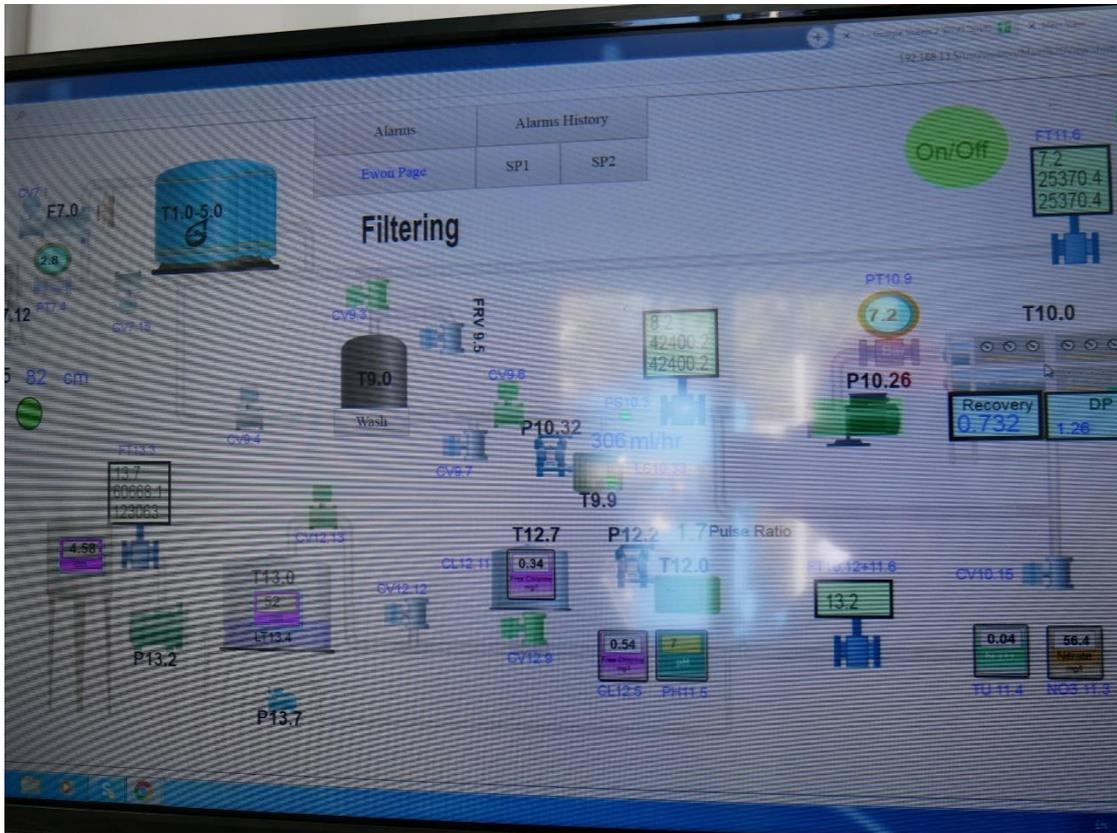


圖 4-4 ToxSorb 公司淨水處理操作介面



圖 4-5 本次團隊聽取 ToxSorb 公司簡報



圖 4-6 本次團隊於 ToxSorb 公司前合影

(二)Netafim 公司：

Netafim 是全世界舉世聞名的滴灌技術公司，該公司於 1965 年成立，於 1966 年推出全球第一個商業化的滴灌設備，於 1978 年進一步推出具壓力補償機制的滴灌設備，於 2007 年推出全球第一個低流量滴灌設備，該公司歷程如圖 4-7 所示。

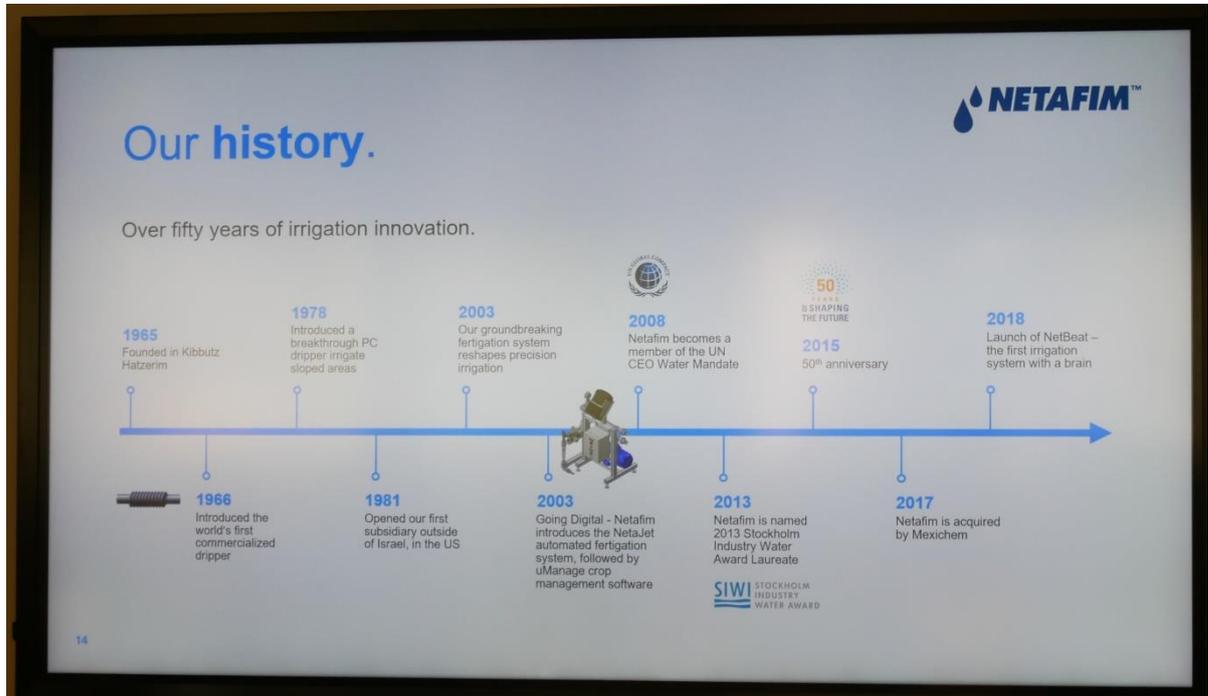


圖 4-7 Netafim 公司發展歷史

該公司研發滴頭特殊的微渦流設計可以使水在穩定、均勻、小量與不易阻塞下進行滴灌(如圖 4-8 所示)，而一般滴灌管係指管內壁鑲有滴頭的設備，每個滴頭間居離約為 15~75 公分。另新型滴頭備有壓力補償機制，在一定範圍內的水壓變化，仍可維持穩定出水量，適用於高低起伏的地方。

滴灌及微灌技術，讓水及其中的營養鹽能直接被傳輸到植物可利用的根系土壤上，且再搭配不同作物、土壤、氣候等專業性供水期程細密控制，造成水及其中的營養鹽使用效率大幅提升，相對的，農作物產量也明顯增長。

透過滴灌技術，農作物收成順利，且不必受氣候因素影響，又可穩定且持續的供水，最後，每單位面積的供灌水量可大幅減少。滴灌可減少 50%的用水量、灌溉效率可提升至 30% 與農作物產量提升至 200%。



圖 4-8 Netafim 公司研發滴頭特殊的微渦流設計

依據簡報內容，Netafim 公司研發的 NetBeat 系統，如圖 4-9 所示，使農業自動化、最佳化與現代化變得更加容易，透過灌溉系統 sensor(水錶、壓力)、農作物感測器(sensor)與土壤感測器(濕度、電導度)的無線傳輸，讓施作者可以經由手機輕鬆監控，並進行分析和控制灌溉與施肥。



圖 4-9 Netafim 公司 NetBeat 系統

另簡報中，介紹台灣農林公司與 Netafim 公司合作(地點位於屏東內埔鄉)，引進 NetBeat 系統與農業智慧解決方案，採用滴灌技術，精確提供茶樹所需的水分及肥料，與過去相比，將近節省了 70% 的用水量與 50% 的肥料用量(如圖 4-10 所示)，並搭配小型氣象站，監測不同地點的溫濕度、雨量與風速等資料。此外，透過土壤感測器(sensor)，監測土壤濕度、電導度等影響吸收水分及肥料的參數，系統透過自動分析最佳的栽種條件，控制灌溉、施肥，以能提高農作物品質、產量。

本次參訪除了聽取 Netafim 公司簡報外，也一併參訪該公司相關滴灌設施，如圖 4-11~4-12 所示。

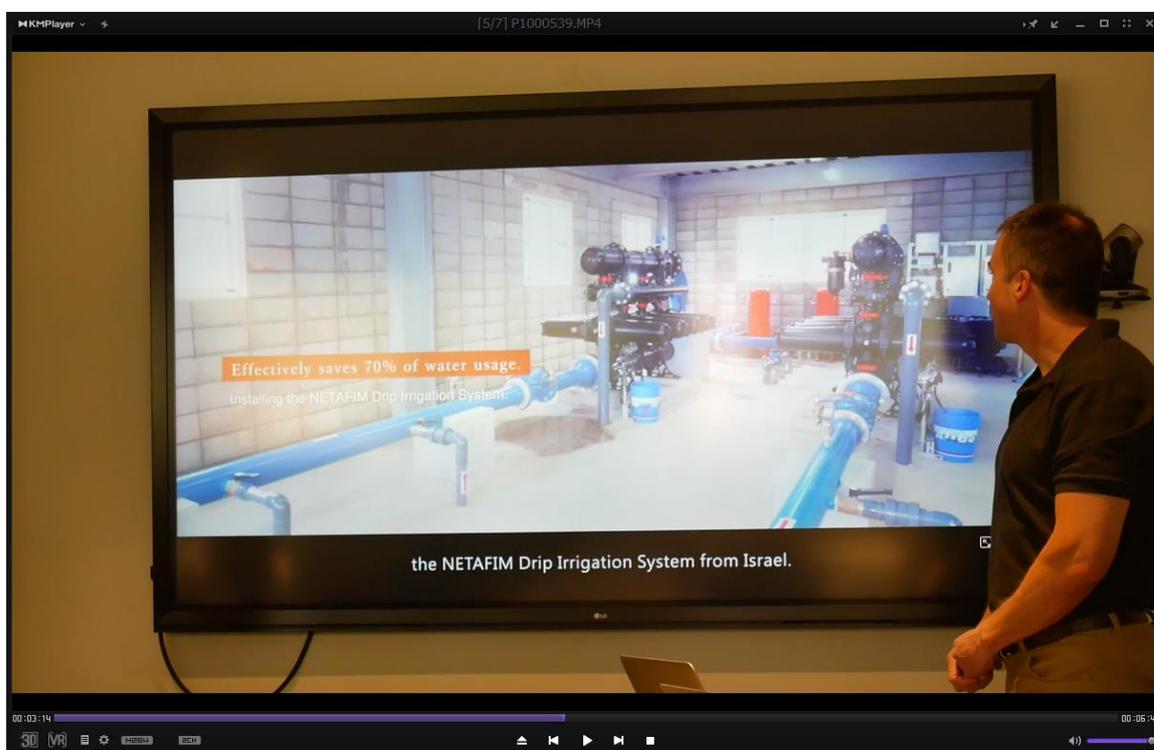


圖 4-10 台灣農林的滴灌系統



圖 4-11 Netafim 公司展示戶外滴灌農地



圖 4-12 Netafim 公司展示自動滴灌系統

(三)TaKaDu 公司：

TaKaDu 公司是綜合事件管理解決方案的全球軟體供應商，能夠進行偵測、分析和管理事件如洩漏、突發、故障等問題，也就是將原始數據轉化為知識，以提高運營效率和減少漏水。

TaKaDu 公司的服務模式為於 Amazon 雲端提供服務，將自來水事業的 sensor 資料即時傳入(如水量、水壓等)，經過以機器學習演算法處理智慧水網回傳資料，提供可能漏水區域之信息。其方法為基於分區計量管網，以機器學習演算法計算發現漏水事件，如圖 4-13。此方法的即時監控警報是以分區計量管網為基礎，所以提供的警報也是對於特定分區，得到警報之後，若要再找漏則需要再以人工檢漏方式尋找。此方法可以大幅增加檢漏的效率，也就是本來在一個極大範圍中，需要耗費的人力及物力成本非常大，經由計算可縮小檢測漏的範圍，提升檢測漏的效率。

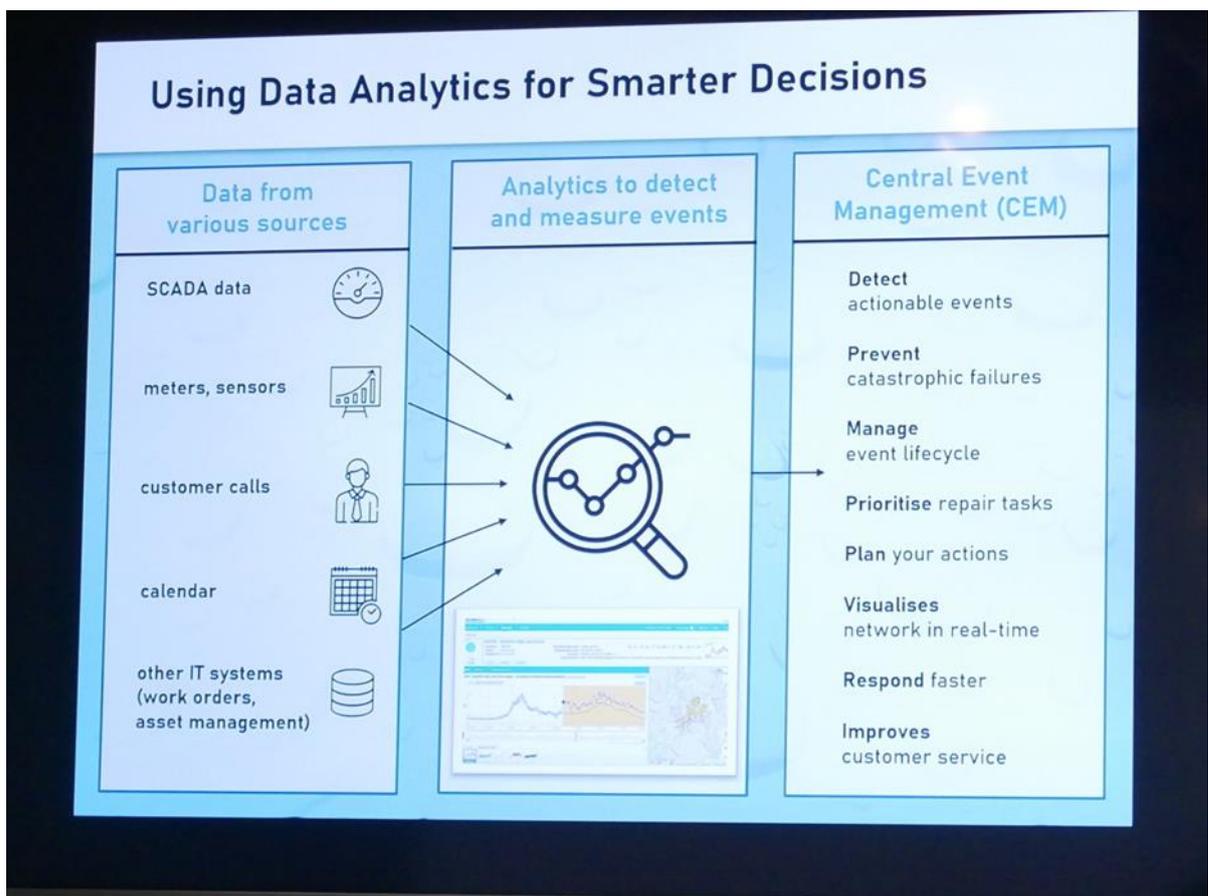


圖 4-13 TaKaDu 公司的智慧水網系統

TaKaDu 公司的智慧水網是以數據分析來輔助維運實體層之各項元件，如管線、泵、蓄水池、閘栓等各種無法直接以數據資料代表的各種部件，智慧水網管理系統可以充分利用將各種分散的儀表資料，轉化成為一個具凝聚力的管網覆蓋，進而實現智慧水網管理作業。智慧水網系統可從收集數據中找出即時告警事件，並藉由長期的事件資料的累積提供各種決策支援資訊。

TaKaDu 公司簡報時，向我們介紹了二個案例，簡述如下：

1. TaKaDu 公司的軟體發現以色列海法市一個地區的用水量徒增，顯示有大量漏水情況發生，於是請檢修人員尋找漏水點，並修復兩處漏水，漏水雖已解決，但 TaKaDu 公司軟理平台繼續報告用水量增加，修漏人員再次被派出尋找漏水點，經過深入的調查，這次他們發現居民區外的一條小溪中發現一個大漏水點。
2. 利用 TaKaDu 研發的高級統計算法，可以識別出網絡中預測模式的偏差行為。在澳洲雪梨北部地區發現異常的用水量趨勢情形，如圖 4-14，經由檢修人員使用聲波在選定的點監聽，發現在雪梨港附近的一個隱藏漏水點，漏水是從地面上完全看不見的，水從路面下直接流入海港，漏水損失約 1.3 萬 CMD。

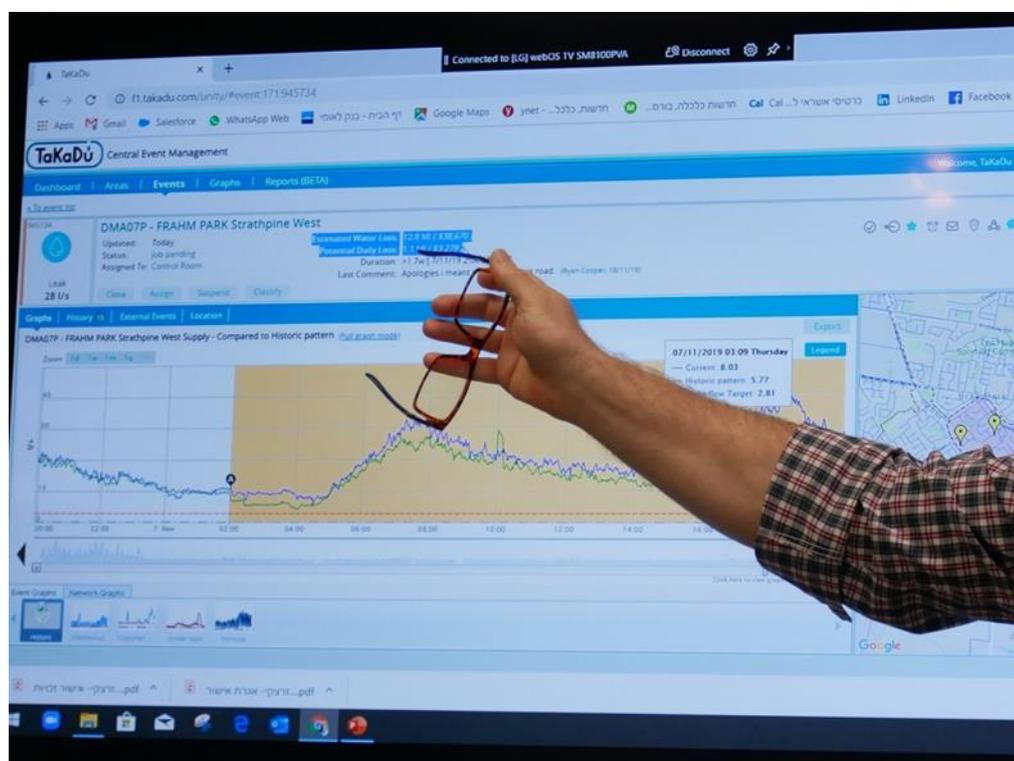


圖 4-14 TaKaDu 公司簡報案例二內網絡中預測模式的偏差

(四)Shafdan 公司：

位於台拉維夫市附近的 Shafdan 污水處理廠(如圖 4-15)，隸屬於以色列 Mekorot 國營自來水公司，Mekorot 負責該污水處理廠的運營超過 40 年，負責處理該國人口最密集的 Dan 區域及鄰近區域超過 250 萬人口的廢污水，該區域內包括 TelAviv-Jaffa、Ramat Gan、Bene Beraq、Petach Tiqwa、Giv' atayim、Holon、Bat-Yam 等七個城市，處理量約 39 萬 CMD。



圖 4-15 Shafdan 污水處理廠鳥瞰圖

以色列早期的污水是採直接放流入海，直到 Shafdan 污水處理廠成立後才改進成為傳統式的二級污水處理，該廠目前也是地中海沿岸國家中最大且最先進的污水處理廠。

Shafdan 污水處理廠共有數個處理程序：前處理、初沉池、生物反應槽、終沉池，簡述如下：

1. 前處理：利用不同等級之攔污柵移除廢污水中的大型固體物，並能將砂石及礫石等於水中分離出。
2. 初沉池：可有效移除水中的懸浮固體物，產生的污泥送至厭氧消化槽處理。

3. 生物反應槽：廢污水可進行有機物的氧化、硝化、脫硝等生物反應。
4. 終沉池：處理過後的水會再送至高級處理程序，產生的污泥送至污泥濃縮單元。

廢污水在 Shafdan 處理廠淨化處理後，主要供應南部最大的 Negev 沙漠地區 70% 農業用水。其 Shafdan 廠經二級處理後，部分再生水送至地下水補注池藉重力自然注入地下(如圖 4-16)，部分則經土壤水層處理((Soil Aquifer Treatment, SAT, 如圖 4-17)，係利用土壤及其中的微生物進行過濾、吸附及生物分解，進一步改善水質，經過約停留地下約半年至一年時間，先流經水質觀測井，再由週邊之抽水井抽出符合以色列飲用水水質標準之再生水，再以管線輸送作為農業灌溉用途。

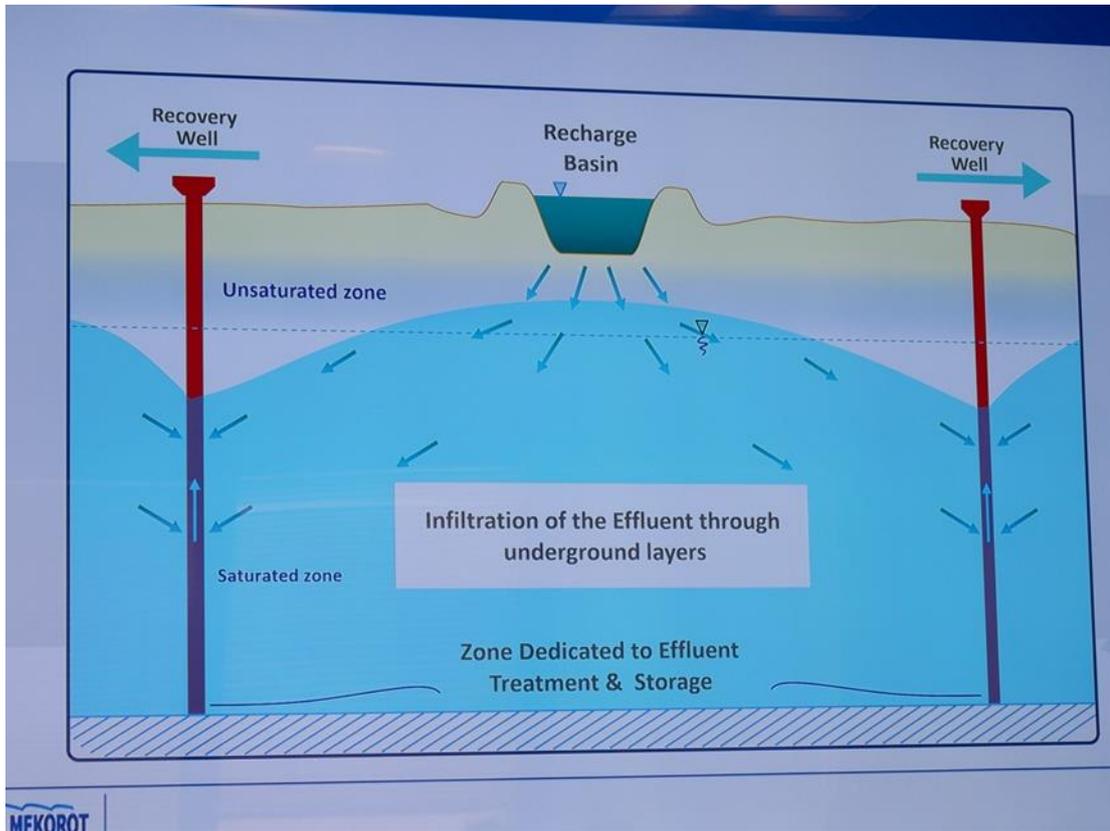


圖 4-16 廢污水處理後補注地下水及再利用

廢污水廠每日產生約 1.5 萬立方公尺的污泥，經污泥濃縮、脫水、厭氧消化單元處理，最後沼渣經熱處理後，再利用於農業(如圖 4-18)。另圖 4-19 為 Shafdan 廢污水處理廠，圖 4-20 為本次團隊合影。



圖 4-17 廢污水處理後地下水補注池



圖 4-18 污泥再利用於農業



圖 4-19 Shafdan 污水處理廠



圖 4-20 本次團隊與簡報人員於 Shafdan 污水處理廠合影

五、水科技博覽會：

(一)水科技博覽會

WATEC (The International Exhibition & Conference on Water Technologies & Environmental Control) 為每兩年舉辦一次的在以色列的水科技展業博覽會。本次於 108 年 11 月 18~11 月 21 日在以色列的特拉維夫 David Intercontinental Hotel 舉辦。圖 5-1 為本次博覽會大門入口處。圖 5-2 為本公司參加人員於水科技展會場合影。

本次大會由 Kenes Group 與 Expo Tel Aviv 共同辦理，於研討會區開幕致詞，每日除了有專題演講外，也有安排圓桌會議，每桌接有排定主持人，及安排專業人員與談討論(如圖 5-3)，分享經驗交流。11 月 19 日圓桌會議主題分為飲用水創新與廢水創新，11 月 20 日圓桌會議主題則為水的未來發展，各主題下又細分子主題，簡述如下：

1. 飲用水創新：：智慧水網絡、法規創新、人與水、網路與安全
2. 廢水創新：水再生利用、智慧污水網、監控的創新
3. 水的未來發展：：創造新水源、資料與分析、水與政策、水科技規模化與商業化的挑戰。

除了研討會外，本次博覽會總計 60 多間廠商設置展示攤位，如圖 5-4 與圖 5-5 所示。經濟部水利署亦參與此次展覽，如圖 5-6 所示。水利署參展主題為高階水處理方案，內容為家。本次參展以「高階水處理方案」為主題，展示內容為中興工程集團水的全生命週期管理服務、萬年清公司開發製造之高濃度工業廢水處理設施、普泉公司 創新技術為臺灣大學環工所與水利署技轉之電容去離子技術。

本次水科技展期間，展期間有聽取 IOsight 公司簡報，該公司與 TaKaDu 公司相似，屬數據管理和分析解決方案的公司，該公司專注於監測和確保水質，改善營運，優化對能源、化學品的利用，已在全球有超過 100 個裝置。



圖 5-1 水科技博覽會大門入口處



圖 5-2 本公司參訪人員於大會內合影



圖 5-3 水科技博覽會之圓桌會議



圖 5-4 水科技博覽會會場



圖 5-5 水科技博覽會參展廠商配置圖



圖 5-6 經濟部水利署參展攤位

(二)專業技術展行程

WATEC Israel 2019 官方辦理的專業技術展示行程訂於 2019.11.21 舉行，今年的主題為「當傳統遇上科技(When Tradition Meets Technology)」，計有 13 個不同領域的行程，提供各國與會人員一個與技術廠商直接面對面交流與實地參與的機會，13 個技術展示行程主題分別臚列如下：

Tour 1: Waste Water Treatment 廢水處理

Tour 2: General Tour 一般行程

Tour 3: Water Security and Cyber 水安全與網路

Tour 4: Water Emergency 緊急用水

Tour 5: Water Utility Management 水務公司管理

Tour 6: Leak Detection and Repair 漏水偵測與修復

Tour 7: Industrial and Enterprises 1 - North 北部工業與公司

Tour 8: Industrial and Enterprises 2 - Center 中部工業與公司

Tour 9: Industrial and Enterprises 3 - South 南部工業與公司

Tour 10: Jerusalem Holy Water 耶路撒冷聖水

Tour 11: Desalination 海水淡化

Tour 12: Municipal 1 市政參訪 1

Tour 13: Municipal 2 市政參訪 2

本公司參訪的同仁分別來自供水處、工務處與漏水防治處，對於技術展示行程的需求不盡相同，但由於本次駐台北以色列經濟文化辦事處 (ISRAEL ECONOMIC AND CULTURAL OFFICE IN TAIPEI) 安排的官方行程中，即已包括海淡廠、廢水處理廠、水務公司等機構，因此，本公司於技術展示行程部份未與水利署、顧問公司等團員一起參與 Tour 12: Municipal 1 (市政參訪 1)，改參加 Tour 6: Leak Detection and Repair (漏水偵測與修復)。

Tour 6: Leak Detection and Repair (漏水偵測與修復) 技術展示行程中，共安排參訪 3 家以色列專業技術廠商，有關其公司簡介及技術特點，分別說明如

下：

1. Utilis 公司

Utilis 是一家衛星漏水偵測公司，提供最有效率及最有效果的解決方案在自來水和污水管網中定位地下漏水。其作業步驟為遠端且非侵入式的，透過衛星掃描，整個管網都能被納入調查，可能一次辨識出數百個漏水點。藉由標示出高度可疑的漏水管段，客戶可用相較於傳統人工巡檢方法一半的時間即可完成漏水點確認。

Utilis 用圖 5-7 與 5-8 來呈現採用衛星測漏技術的好處，圖 5-7 係採用傳統音波技術進行聽漏，整個管網都必須巡檢過一次，圖 5-8 係先採用衛星偵漏技術找出疑似漏水管段後，再用音波技術進行聽漏，由於巡檢範圍已經大幅縮小，因此可減少專業測漏人力的資源使用，就如同外科手術醫師先讓病人照射 X 光，再透過 X 光片精確的掌握病灶所在。



圖 5-7 傳統聽音巡檢



圖 5-8 衛星影像偵測搭配傳統聽音巡檢

依據 Utilis 技術人員的說明，整個作業程序中，客戶必須先定義出自己有關注區域(AOI, Area of Interest)，再蒐集涵蓋 AOI 管網範圍的高精度衛星影像圖，藉由輻射測定(Radiometric)技術進行相關性分析後，透過演算法運算出關注點(POI, Point of Interest)，最後再於電腦或行動裝置的網頁畫面(Web-based)中展圖，並呈現分析成果，供檢漏人員評估下一步作業(如圖 5-9~5-14)。



圖 5-9 定義關注區域(AOI, Area of Interest)

Acquire Aoi
satellite images
3500 km2
(50x70)

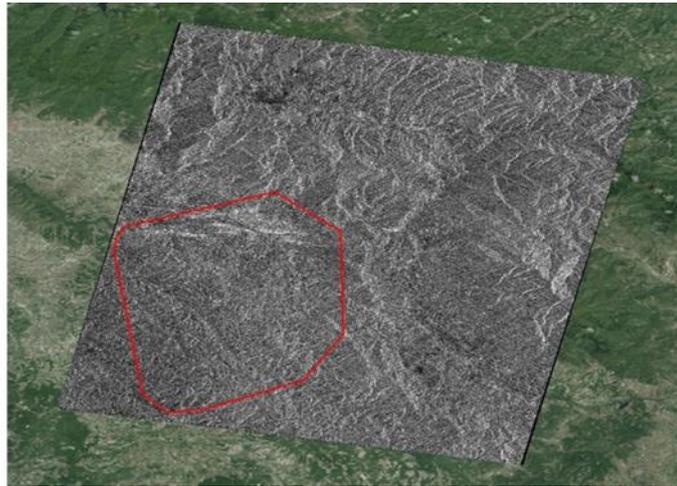


圖 5-10 蒐集涵蓋 AOI 管網範圍的高精度衛星影像圖

- Artificial Intelligence, Big Data and Machine Learning



圖 5-11 人工智慧、大數據分析與機器學習進行演算



圖 5-12 展繪出關注點(POI, Point of Interest)

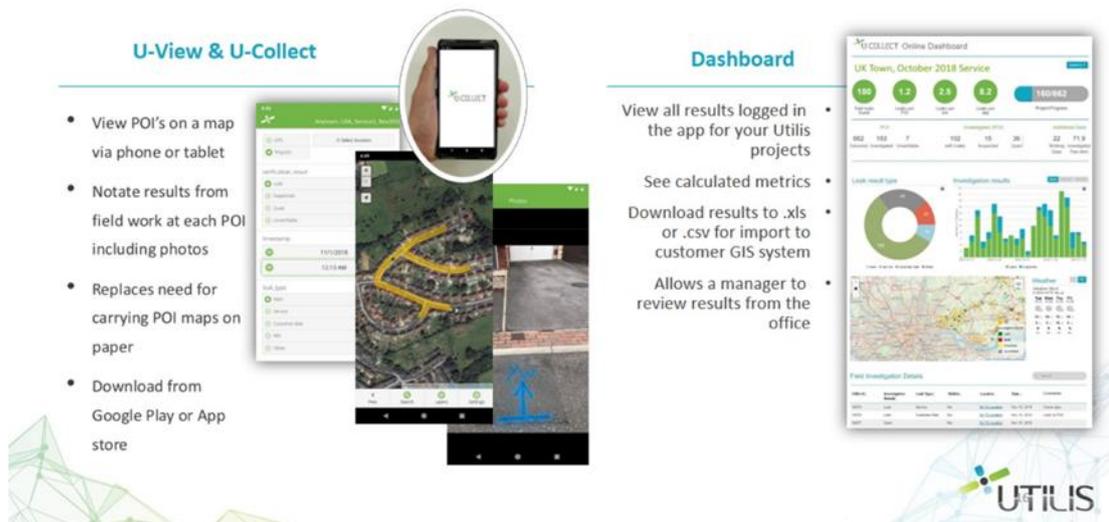


圖 5-13 於電腦或行動裝置的網頁畫面(Web-based)中展現成果



圖 5-14 現場檢測確實發現漏水

經與 Utilis 技術人員討論，本項技術主要用於縮小 AOI 與 POI 範圍，並無法真正精準的定位漏水，仍需搭配專業聽漏人員至 POI 進行傳統測漏，且本項技術對於地下水位較高之地區並不適合，因為光譜分析無法精確辨別背景地下水位或是疑似漏水管段。

2. Aquarius Spectrum 公司

Mei Shikma 水務公司的 Aquarius 漏水偵測與管線狀況評估計畫：Aquarius Spectrum 公司在 Holon 市佈設了 750 個音波偵測器，用來偵測漏水與進行管線狀

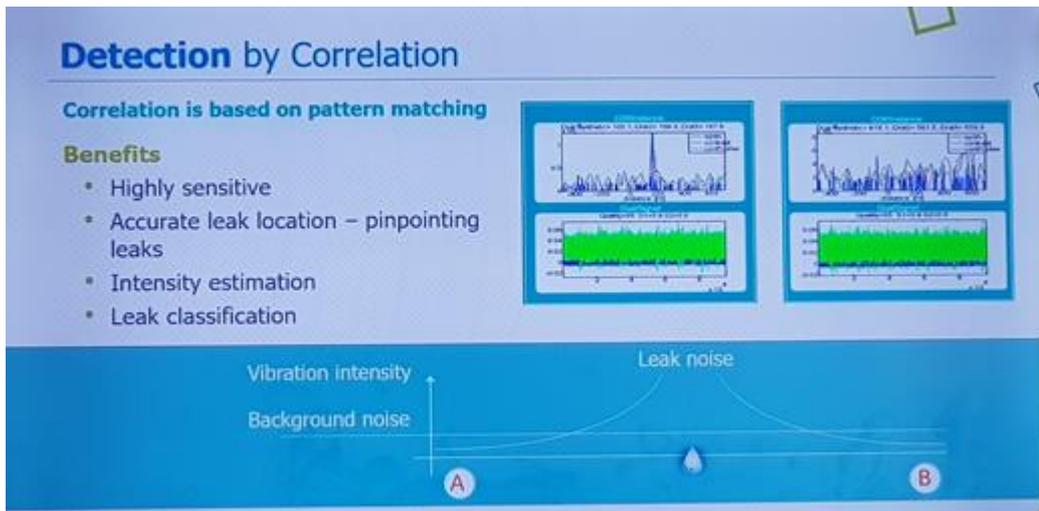


圖 5-17 相關儀可透過漏水音精確定位漏水點

另外，Aquarius Spectrum 公司也發展了一套管線狀況評估技術，其評估方法來自於歷史的大數據分析與目前的管線維修統計資料，管線汰換的優先性不是基於管齡，而是基於管線現況。在 Aquarius Spectrum 公司與 Mei Shikma 水務公司的合作中，耶路撒冷地區的無收益水量(NRW)在 2 年內降了 20%，成果顯著。

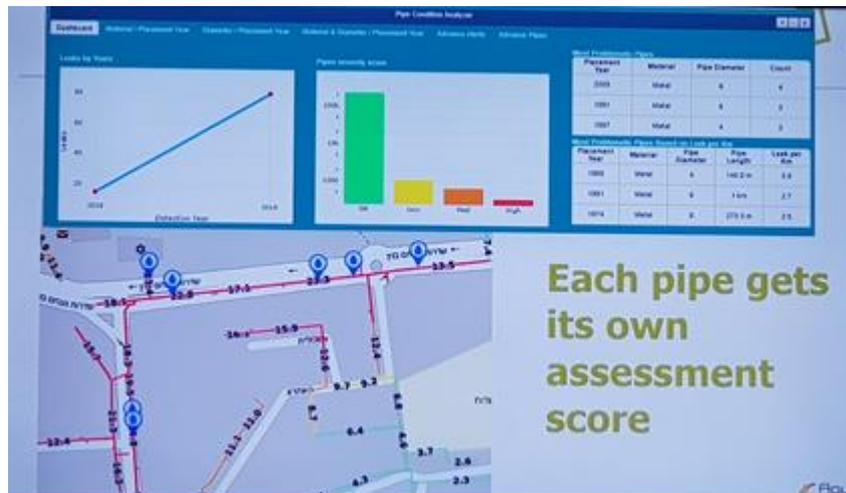


圖 5-18 Aquarius 管線狀況評估技術

此外，Aquarius Spectrum 公司分別和 ARAD 公司及 TAKADU 公司也有相關整合計畫，在 Aquarius Water Meter 整合計畫中，ARAD 公司每日提供用戶水表異常的訊息給 AQS-SYS 監測系統，經分析比對用戶水表警示與 AQS-SYS 的漏水噪音紀錄，即可確認是否為用戶內線漏水。



圖 5-19 Aquarius Water Meter 整合計畫

而在 Aquarius Spectrum 公司和 TAKADU 公司合作的 Aquarius TAKADU 整合計畫中，TAKADU 公司每日提供分區計量管網(DMA)漏水損失的異常訊息給 AQS-SYS 監測系統，AQS-SYS 會加速進行該小區內的漏水噪音分析，再將這些小區中精確的漏水點回報給 TAKADU 進行下一步處置。

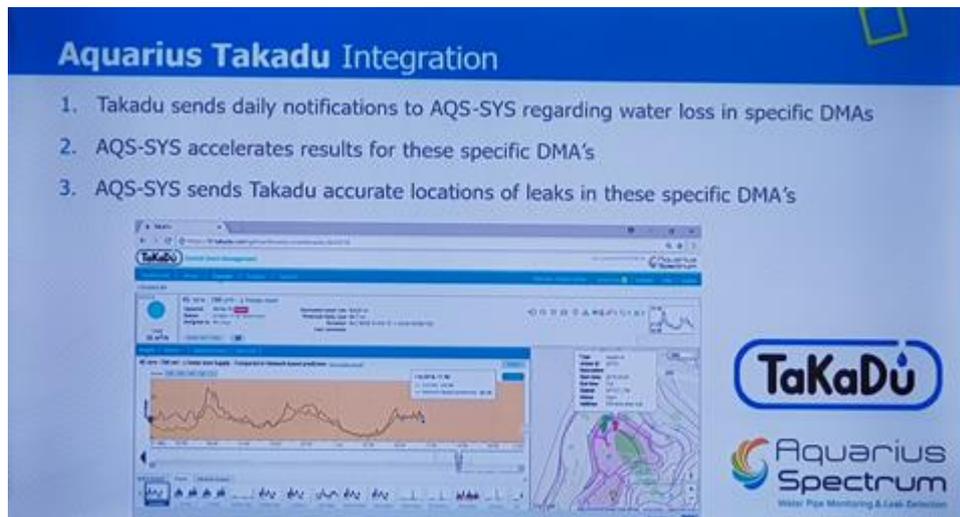


圖 5-20 Aquarius TAKADU 整合計畫

3. Curapipe 公司

Curapipe 公司是一家在都市配水管網漏水導致供水損失問題方面，提出具突破性的免開挖漏水修復解決方案的先驅發展者。藉由獨特的修復技術，漏水量可以大量降低，而且停水時間也可降到最低，並可用來作為管線汰換或更生之低成本替代方案。這個解決方案已經被應用於意大利、英國、南非和以色列等國家，

並且很快也將被運用到其他國家。

Curapipe 的免開挖自動漏水修復(Trenchless Automated Leakage Repair , TALR) 技術，被設計來應用於自來水管線各種漏水樣態的修復，而且無須預先進行任何前置施工作業。TALR 技術可應用於多種材質的管線，而且可以自行偵測漏水點並予以修復，用於修補漏水點的化學物質完全不會污染水源，而且修復效果是永久的，整個作業不用開挖馬路，也不用像傳統方法一樣耗費大量人力成本與時間，從頭到尾只要停水數小時即可。



圖 5-21 TALR 技術管線修復前後照片

TALR 技術運作方式說明如下：

- (1) 首先將一個被稱作 PIG train 的設備從上游的消防栓或水龍頭中投入配水管網中的一個獨立需要被處理的管段。
- (2) PIG train 裡的隔間裝載了 Curapipe 公司獨家的黏性修補物質。
- (3) 修補物質隨著水壓流動並自動偵測出配水管破漏點、接頭、配件與用戶外線。
- (4) 從下游的消防栓或水龍頭取出 PIG train。
- (5) 漏水區域的修補物質硬化，然後漏水點就永遠被修復了。

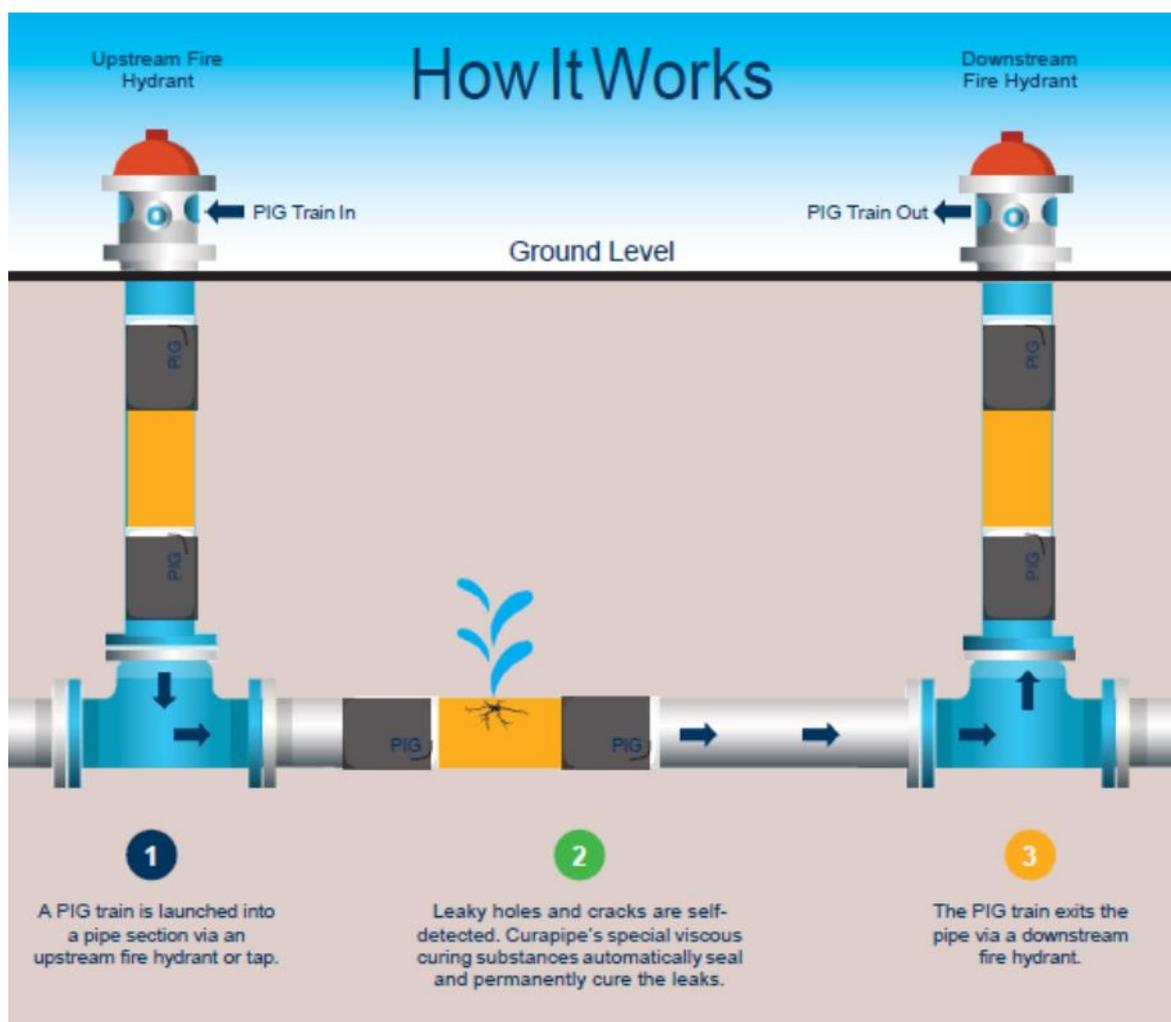


圖 5-22 TALR 技術運作方式圖

這項技術應用上有幾個要注意的地方：

- (1) 要被處理的管段必須是獨立的配水管或是用戶外線（前後制水閥可以關閉）。
- (2) 投入、回收 PIG train 的消防栓、排氣閥、水龍頭口徑必須在 80mm 以上。
- (3) 被修補的管段必須能停水 6-8 小時。
- (4) 被修補的配水管或是用戶外線必須能排水，讓多餘的修補物質流出。

六、心得及建議：

1. 本次參訪 Hadera 海水淡化廠、Netafim 滴灌技術、Shafdan 污水處理廠等，均值得相關單位思考與後續努力之方向。由於以色列天然水資源條件嚴峻，尤其降雨量低，因此積極投入海水淡化、生活污水回收再利用與農業省水滴灌技術，其技術可進入先進國家之內，並成功奠定以色列於國際海淡市場之地位。而面對全世界競爭化與知識經濟時代之來臨，如何積極培育具備淨水科技與水資源專業技術能力，並以國家永續發展為目標，是刻不容緩之當前要務。
2. 近年全球資訊科技發展迅速，以色列已開發多項雲端智慧水網管理系統，結合物聯網及大數據，提供區域及自來水輸水與漏水管理、家戶用水資料服務及自來水公司雲端智慧水網管理系統工具，並輔助自來水公司短期與長期的策略規劃。
3. 以色列每兩年辦理之 WATEC 水科技博覽會於 2019 年邁入第 8 屆，本次計 77 個攤位，61 家廠商參展，經參加 2019 以色列水科技博覽會，了解全球水科技產業具有龐大的商機，世界各國多積極發展包括硬體設備、耗材及應用軟體等水科技產業。

七、參考資料

- (一)2019 以色列水科技展網站 <http://watec-israel.com/>。
- (二)Hadera 海水淡化廠參訪簡報。
- (三)Netafim 公司參訪簡報。
- (四)TaKaDu 公司參訪簡報。
- (五)Utilis 公司參訪簡報。
- (六)Aquarius Spectrum 公司參訪簡報。
- (七)Curapipe 公司參訪簡報。