

出國報告（出國類別：開會）

「水資源韌性及緊急應變技術展(Water Resilience & Emergency Preparedness)」暨
「海淡與水科技產業交流」

服務機關：經濟部水利署

姓名職稱：江明郎局長、蔡秉儒課長

派赴國家/地區：以色列

出國期間：112年6月25日至7月1日

報告日期：112年8月26日

目錄

摘要	1
壹、 緣起及目的	2
貳、 會議行程與重點	4
參、 會議過程與重點內容	6
一、 空間運用效率最高的 Palmachim 海水淡化廠	6
二、 水資源韌性及緊急應變技術會議	9
三、 與燃煤電廠共構的 Hadera 海水淡化廠	14
四、 Shafdan 汗水再利用及緊急應變設備展	18
五、 Sorek A-世界最大的 RO 型海水淡化廠	23
六、 智慧水管裡的 Mei Modiin 水公司	26
七、 以色列水務局(IWA)交流會議	28
肆、 心得與建議	38
參考資料	41

圖目錄

圖 1 -1.考察團成員於會場展板前合影.....	3
圖 3-1-1.Palmachim 海水淡化廠分期進行擴廠.....	8
圖 3-1-2.因應持續擴廠，廠區用地效率大幅提升.....	8
圖 3-1-3.海淡廠代表與考察團人員會面並進行室內簡報.....	8
圖 3-1-4.Palmachim 海水淡化廠前處理濾池及前處理管廊.....	9
圖 3-1-5.Palmachim 海淡廠 RO 逆滲透機組與水質監測儀器及水樣保存室.....	9
圖 3-2-1.開幕式以色列經濟部外貿局長 Mr. Ohad Cohen 致詞.....	10
圖 3-2-2.Dr. Şafak BAŞA 局長演講.....	13
圖 3-2-3.Mr. Steve Bieber 經理演講.....	13
圖 3-2-4.B2B 媒合區以及與 TaKaDu 公司商務技術洽談.....	14
圖 3-3-1.以色列用水需求與天然水資源供給量簡介.....	15
圖 3-3-2.以色列各海淡廠產能與分布位置示意圖.....	15
圖 3-3-3.IDE 代表簡報 Hadera 海淡廠特色與 RO 產水原理.....	16
圖 3-3-4.Hadera 海淡廠取水管(左)與滷水排放(右，併入發電廠冷卻水排放渠中).....	16
圖 3-3-5.Hadera 海水淡化廠 RO 逆滲透機組.....	17
圖 3-3-6.Hadera 海水淡化廠相關水質參數與標準.....	18
圖 3-3-7.Hadera 海水淡化廠戶外生飲體驗區.....	18
圖 3-4-1.參訪 Shafdan 污水處理廠.....	20
圖 3-4-2.污水處理廠的生物處理池.....	20
圖 3-4-3.Shafdan 污水處理廠厭氧消化槽(左)與其頂部之甲烷收集器(右).....	20
圖 3-4-4.Faro 公司救災屋組成簡報室(左)與廁所(右).....	22
圖 3-4-5.Faro 公司之 Flexible tank 供水站與個人用 4 公升水袋.....	23
圖 3-4-6.I-JET 公司智能消防栓.....	23
圖 3-4-7.EMS 公司 Granite 2 系統.....	23
圖 3-5-1.IDE 公司簡報 Sorek A 海水淡化廠及各項產水參數.....	24
圖 3-5-2.Sorek A 海淡廠取(左)、排(右)水口之構造.....	25
圖 3-5-3.Sorek A 海淡廠前處理原理(左)與砂濾池(右).....	25
圖 3-5-4.Sorek A 海淡廠展示 RO 單元 (左) 與 RO 逆滲透機組 (右).....	25
圖 3-5-5.Sorek A 海水淡化廠操作室解說.....	26
圖 3-5-6.擴建中的 Sorek B 海水淡化廠.....	26
圖 3-6-1.Mei Modiin 水務公司代表簡報.....	27
圖 3-6-2.ARAD 公司的遠端監控智慧水錶系統概念(左)，該系統預計將由 3G 傳輸改成 LoRa 系統.....	28
圖 3-6-3.參觀 Modiin Water tower.....	28
圖 3-7-1.以色列水務局代表簡報，以及台以水務機關進行討論.....	29
圖 3-7-2.以色列用水需求分析，以農業及民生使用為主.....	30
圖 3-7-3.以色列南北降雨差異極大，水資源分布不均.....	32

圖 3-7-4.以色列天然水資源可用量為年平均 12.5 億立方公尺，但豐、枯年變化差異極大	32
圖 3-7-5.因應未來用水需求，以色列已經擬定至 2050 所需之供水管網計畫	33
圖 3-7-6.使用海淡水能具體改善以色列的用水環境	35
圖 3-7-7.不同的海淡設備技術實際應用(左)與產水能耗分析(右)	36
圖 3-7-8.未來發展重點在燃氣、蒸氣渦輪直推 RO 高壓泵，以及 AI 產水管理	366
圖 3-7-9.台以水務機關大合照	37
圖 3-7-10.考察團分別致贈水務局紀念品，感謝其熱誠接待與經驗分享	37

表目錄

表 1. 考察行程表	5
表 2. 以色列海水淡化發展政策	34

摘要

近年全球氣候變化的現象日益明顯，而以色列因地理位置的緣故，南、北地區可用水資源差異極大，且水資源供應有極大缺口。因此該國為了穩定持續發展，自建國以來即設法進行北水南調，隨著人口與農業持續增長，二十餘年前更是大力投入各項人工造水產業。該國在水科技運用的獨特之處在1.將污水處理再利用於農業使用、2.發展海淡技術填補用水缺口、3.利用各項監控科技進行縝密的用水與節水管理、4.將缺水的劣勢轉化為發展水科技產業的優勢、5.面對發生災害的風險發展各項應變技術，強化水供應系統的應變韌性。而我國近年因氣候變遷，枯旱頻率漸增，造成水資源供應的穩定性下降，必須提早研議因應對策；此外，台灣本身即為常發生複合式災害的地區，災中應變設備與對策亦須持續精進，而以色列在此領域的發展過程和實務經驗，值得我國參考。

壹、緣起及目的

以色列雖然位於地中海沿岸屬於地中海氣候，但是其南部地區卻位於沙漠地區外緣，因此年平均降雨量在南、北地區之差異可以從150mm到700mm，每年豐枯變化亦特別劇烈，過去平均10年即遭遇一次大旱。為了穩定生存發展，以色列1990年起就著手研究人工造水、汗水再利用，並投資發展相關水科技產業。另因該國周邊地緣政治的因素，該國針對緊急情況下的供水、汗水應變及配套設備，亦有不少創新概念。

而台灣近年因全球氣候變遷、屢屢面臨乾旱事件，為使供水穩定目前正積極推動科技造水，以因應氣候變遷挑戰。尤其目前已經規劃在新竹、台南分別推動興建每日10萬立方公尺及20萬立方公尺的海水淡化廠，並由水利署與台水公司共同合作推動。而我國因地理位置常需面對複合型災害外，地緣政治因素可能造成的緊急情況亦應研擬應對方案；因此以色列在人工造水科技及營運所累積的實務經驗，以及各項應變設施及思維值得我國參考借鏡。

本次應以色列駐臺辦事處邀請我國派員赴以色列參加「水資源韌性及緊急應變技術展(Water Resilience & Emergency Preparedness)」，本次活動的目標是將以色列的水資源發展技術與國際水產業，進行商業合作並加強知識分享。活動於2023年6月26日至29日舉行，內容包括：網絡活動交流、商務技術洽談、專業座談會和圓桌會議、以色列水產業公司在水資源韌性領域的技術展示，及現場參觀考察。因該活動可以了解相關水科技的發展，作為我國未來推動相關

計畫的參考，因此經濟部遂決定指派水利署、台水公司共同派員前往，而負責海淡計畫規劃之AECOM顧問公司亦派員參與並協助翻譯，因此最終由3個單位、6人共同組團前往。

另為了使考察發揮最大效益，除了參加本案展覽會了解目前相關水科技的最新發展趨勢與成果外，另規劃增加安排考察當地各具代表性之海水淡化廠、拜會負責以色列水務局進行經驗分享與交流。藉由本次考察了解最新技術，同時吸取其海水淡化廠實務營運操作以及政府部門之管理決策經驗，俾作為我國後續推動相關方案及未來水資源管理工作之參考。

因本次會議與考察行程係經濟部指派共同前往且兩機關目的相同，因此相關行程與參訪重點，亦由水利署與台水公司兩機關共同研擬、篩選；因會議與考察行程、拜會人員皆相同，故兩機關之考察報告第貳、參章之內容係由水利署與台水公司共同撰寫與整理，惟由兩機關各自就所屬業務面分別提出心得與建議。



圖 1 -1.考察團成員於會場展板前合影

貳、會議行程與重點

本次行程自112年6月25日至7月1日，計7天，扣除來回交通時間，於以色列實際會議天數為4天。會議主題除了原訂的水資源韌性及緊急應變技術展(Water Resilience & Emergency Preparedness)外，因為我國近期即將推動新竹、台南兩座海水淡化廠之興建，另外特別請駐台北以色列經濟文化辦事處協助連繫安排拜訪以色列幾座指標性的新、舊海水淡化廠，以利獲得技術差異與特點比較、營運經驗與困難與解決對策等資訊做為參考。

另外亦請經濟文化辦事處特別協助安排拜會以色列水務局，就其全國水資源政策、氣候變遷的調適方案、海淡廠的契約設計機制等經驗進行分享與交流會議。各日行程及其重點如表1。

表 1. 考察行程表

日期	地點	工作重點	備註
6月25日	臺北→以色列	出發前往以色列	
6月26日	TelAviv、 Palmachim海淡 廠	1.抵達以色列 2.考察Palmachim海水淡化廠	
6月27日	TelAviv、 Hadera海淡廠	1.參加水資源恢復力及緊急應變技術 展會 2.考察Hadera海水淡化廠	
6月28日	Shafdan汗水處 理廠、Sorek海 淡廠	參加水資源恢復力及緊急應變技術 展會之參訪行程(移動式緊急應變設 備展示、汗水處理廠及海水淡化廠)	
6月29日	Modi' in、 Jerusalem	1.參加水資源恢復力及緊急應變技術 展會之參訪行程(Modif in市水公司) 2.拜會以色列水務局	
6月30日	Jerusalem→ TelAviv 以色列→臺北	1.返回TelAviv 2.返程	
7月1日	以色列→臺北	抵達臺北	

參、會議過程與重點內容

一、空間運用效率最高的 Palmachim 海水淡化廠

Palmachim海水淡化廠位於特拉維夫南部在Palmachim工業區（Kibbutz Palmachim），目前產水量雖高達每年9,000萬立方公尺，但在以色列的海淡廠規模中已屬相對較小型之海淡廠，且該廠在計畫原始規劃與營運初期，係以每年3,000萬立方公尺海淡水進行設計與操作，其規模與我國未來擬推動得新竹海水淡化廠相當，因此列為首先參訪考察的對象。

Palmachim海水淡化廠係採BOO模式運作，其主要技術提供商為以色列的GES公司，由廠商自尋土地興建、營運操作，所產之海淡水則統一售給以色列Water Desalination Authority (WDA) 由其進行調配與供應。此海淡廠也是以色列唯一BOO項目建造的海水淡化廠，在特許期滿後，特許公司將保持對該廠的所有權。該海淡廠自2005年起開始25年的BOO契約、營運許可至2029年止，於2007年完成建廠並開始產水。依據原始契約條款該廠產能僅需年產3,000萬立方公尺海淡水(日產約11萬立方公尺，與我國目前規劃中的新竹海淡廠相近)。但因氣候變遷及以色列用水需求持續成長，所以該廠與以色列政府協商後於2010年及2013年分別進行兩次產能擴張，2010年第一次擴建提升至產能每年4,500萬公尺，2013年該廠的營運團隊在原有的用地範圍上設法追加海淡產線，第二次擴建達到目前的年產9,000萬立方公尺海淡水(日產30萬立方公尺)的規模。

該廠目前擴產後係於沿海使用兩個獨立的取水口、搭配兩支獨立的取水

管取水進廠區。在海水的前處理措施上係採用砂濾系統來處理，分別設有16座重力式濾池及14座壓力式濾桶，俾減省海水前處理的成本。該廠在營運支出分析上，支出占比最高的是能源支出占比達67%，RO損耗與人力成本佔比相對較低，分別各佔5%。為了減省能源支出，該廠亦投入自設天然氣發電機組設法降低購電成本。因為以色列的物價基準與我國本有不同，而且該國與我國的天然氣發電成本不同，故以費用進行產水成本評估可能產生偏差；因此特地詢問其整廠產水的耗能，而該廠平均每生產一噸海淡水大約耗能3.3kw，與我國目前所評估之資料相當。

本廠最大特色為：

- (一)世界上土地利用效率最高的淡化海水廠：因為被持續要求擴產，但原廠址用地面積並沒有增加，因此廠商將追加的設備特別設計在原設備上堆疊並整合，廠區用地利用率提高到2,800立方公尺/每平方公尺/每年(一般為1,500立方公尺/每平方公尺/每年)。
- (二)配合用水尖離峰的變化，廠房各產線機組每日可快速停機和啟動，約60分鐘內完成產水量調整。
- (三)高效的前處理過濾系統：前處理砂濾系統可高速過濾海水達18公尺/小時，相比一般流速8公尺/小時~10公尺/小時的過濾系統更高速有效。
- (四)使用通用的薄膜，以及使用離子交換軟化器取代額外的第三道逆滲透膜，降低處理成本。

		Palmahim 1	Palmahim 2	Palmahim 3
TOTAL PLANT CAPACITY Up to 12,000 m ³ /hr Up to 300,000 m ³ /day (80 MGD)	Total Capacity, MCM/yr	30	45	90
	Added capacity, m ³ /day (MGD)	110,000 (30)	+40,000 (+10)	+150,000 (+40)
CONTRACTUAL CAPACITY 90 million m ³ /year	Construction & commissioning period (months)	24	10	18
	Completed and commissioned	May 2007	April 2010	August 2013

圖 3-1-1. Palmachim 海水淡化廠分期進行擴廠

Palmachim

Seawater desalination plant



圖 3-1-2. 因應持續擴廠，廠區用地效率大幅提升



圖 3-1-3. 海淡廠代表與考察團人員會面並進行室內簡報



圖 3-1-4.Palmachim 海水淡化廠前處理濾池及前處理管廊



圖 3-1-5.Palmachim 海淡廠 RO 逆滲透機組與水質監測儀器及水樣保存室

二、水資源韌性及緊急應變技術會議

以色列特拉維夫舉辦的水資源韌性及緊急應變技術展(Water Resilience & Emergency Preparedness)為以色列經濟與產業部的外貿管理局和以色列水務局共同合作推出的活動，主要邀請全球各界來自水科技產業領域的業者與從業機構共聚一堂，俾促進彼此之間的專業交流，並希望促進商業合作和知識共享。

本次活動內容包括：交流活動、預先安排的商務對接會議、專業座談會和圓桌討論、以色列水科技領先企業在解決水資源短缺領域所開發的技術展示，

以及實地參觀，示範多種應對氣候變遷造成的缺水解決技術與方案。



圖 3-2-1. 開幕式以色列經濟部外貿局長 Mr. Ohad Cohen 致詞

(一)專家講座

大會在2023年6月27日舉行開幕式，並由以色列出口協會主席Ms. Ayelet Nahmias Verbin、以色列經濟部外貿局局長Mr. Ohad Cohen、以色列水務局安全應急和網絡部高級經理Mr. Danny Lacker等人致詞。另為了呼應本次會展主軸，也特別安排了專家演講，演講主題包含了：

1. “Emergency preparedness for a possible crisis – case study: Istanbul Earthquake” 由土耳其Istanbul Water and Sewerage Administration (ISKI)局長Dr. Şafak BAŞA，就2021地震事件後之相關搶、救災措施進行經驗分享。

ISKI是一個具有獨立預算的公共機關，隸屬於伊斯坦堡市政府，旨在整合與管理伊斯坦堡的(1)供應和分配飲用水、(2)收集、處理和排放污水、(3)水資

源保護等業務。其轄區涵蓋伊斯坦堡所有省區，共5,461平方公里，下設32個分支機構，服務人口約1,600萬人、戶數約681萬戶，每日供水量3,023,000立方公尺、每日處理污水量4,067,000立方公尺，為此該機構並設有24座飲用水處理廠及90座污水處理廠。

因土耳其亦為地震多發國家，因此該機構每月定期舉行地震整備協調會議，透過該會議機制事先進行各項關鍵基礎設施防災準備與風險分析，找出高風險熱區，並事先研擬應變方案(如建置備援淨水池、取水設施，提高污水處理廠的耐震性，增加供水管網串聯支援及改善清、污水管件可撓接頭之抗震能力等)，增強對地震事件的適應能力。

2021年2月6日土耳其當地時間04:17，在土耳其東南方發生規模7.8的強烈地震(震央位於Pazarcik)，同一天當地時間12:24又發生規模7.5的餘震(震央位於Ebisan)。此次地震影響範圍遠至賽普勒斯、伊朗、以色列和埃及在內的大範圍地區。共造成約15萬平方公里的嚴重破壞，影響約1,400萬~1,600萬人口。11個省都淪為災區其中Hatay區最為嚴重，因此該機構快速組建了救災隊伍至現場，除了成立前進指揮所外，現場並依據負責內容的不同分別成立人員搜救、清水輸送搶災、污水處理搶災、電力工程搶災、基礎設施搶災等隊伍，並劃分3個責任區分別建立後勤指揮中心，以便在地震後協調所需的各項工作並迅速行動。為了增強搜索和救援能力，由原30人組成的搜索和救援隊伍，也擴大為一支由100名固定成員和20名備用人員所組成的120人隊伍。

2. “The importance of cooperation between Government and utility operators in

protecting our critical water infrastructure” 由美國Metropolitan Washington Council of Governments (COG)水資源計畫經理Mr. Steve Bieber進行演講。因應網路時代的來臨，自來水與污水處理等關鍵基礎設施所面臨的威脅不僅是傳統的物理攻擊，也包含網路攻擊。為了因應新型態的網路攻擊風險，關鍵基礎設施的相關業者需要建構一個能加值合作、可信賴、多面向傳遞、無時差的資安資訊共享與傳遞機構。因此在2002年，美國環保署出面整合全國水務及污水處理之業者、同業公會與研究基金會，共同成立了水資訊共享與分析中心(WaterISAC)。同年，美國國會在《反生物恐怖主義法案》中授權法律地位，WaterISAC成為政府指派的水資訊分享和操作輔助安全協調委員會。WaterISAC目前提供資安服務給超過3200位水務人員，服務對象主要為美國大部分地區的水務和污水處理服務公用事業主，以及地方、州/省和聯邦政府機構，執法、情報和國土安全機構，工程顧問公司及水務協會。

聯邦調查局(FBI)則是經由InfraGard協議與私人機構間建立合作夥伴關係，俾利介入共同保護美國的關鍵基礎設施免遭資安攻擊。InfraGard可提供協同合作機制將關鍵基礎設施的運營商與FBI整合，提供面對網路攻擊的新興防禦技術和威脅的教育訓練、資訊共享、網路攻擊時的緊急技術諮詢與威脅分析。通過強化私人機構和政府間的堅強合作夥伴關係，增強美國關鍵基礎設施面對威脅的抵禦力。



圖 3-2-2.Dr. Şafak BAŞA 局長演講



圖 3-2-3.Mr. Steve Bieber 經理演講

(二) B2B媒合會展

會場並同時設有B2B媒合區，共有45家水科技相關廠商設攤，分別為網路與安全防護、緊急救災技術、水資源管理、水處理、智慧水網管理、廢水與污泥處理、設備技術及數位科技。各地的水資源及汙水處理之管理機關、企業、技術顧問公司都可以藉此機會與廠商洽談並意見交流。

本考察團主要洽談對象有以下2家公司：

1.TaKaDu公司：

主要服務為提供全面的SAAS分析軟體解決方案，使得供水單位能夠高效和智能地管理其供水網絡，而不是處於隨時搶修的狀態，從而解決高漏水率、低運營效率和糟糕的客戶服務。使用供水單位的網絡數據和來自其他解決方案(如水量計及水壓計)的集成信息，TaKaDu採用複雜的統計技術、自動和全天候檢測各種故障的水量計及水壓計，及早發現並解決漏水問題。

2.BERMAD公司：

該公司為輸水控制管理設備公司，主要產品特色為：

A.壓力控制閥：壓力等級高達PN40(600 psi)，尺寸最大可達48"(DN1200)。

B.逆止閥：壓力等級高達PN40(600 psi)，尺寸最大可達12"(DN300)

C.流量計：提供切線和瓦特曼智能渦輪流量計和電磁流量計，尺寸可達80"(DN2000)。

D.控制器和數據記錄器：可通過筆記本電腦或移動設備進行遠程控制，基於網絡安全的網絡雲平台，也可以直接連接到SCADA系統。



圖 3-2-4.B2B 媒合區以及與 TaKaDu 公司商務技術洽談

三、與燃煤電廠共構的 Hadera 海水淡化廠

Hadera 海淡廠目前為以色列第二大海淡廠，其主要技術提供與營運者為以色列的IDE公司，為了瞭解該公司與另一家海淡技術服務商GES公司的特色差異，因此特地列入考察對象並一併拜會IDE公司。IDE在簡報中表示，以色列目前淡水使用量約每年16億立方公尺(含民生、工業、農業用水，以及供應約

且及巴勒斯坦地區)，但是天然水資源的可用總量只有約每年10億立方公尺，為了解決約每年6億立方公尺的缺口，以色列政府在十年內完成5座大型海淡廠，而其中3座由IDE興建，目前興建中的Sorek B以及Western Galilee 兩座海淡廠，也是由IDE公司負責興建。

Snapshot of Israel and its Water

- Yearly water Consumption (Fresh Water)

Total consumption ~1.6B m³/year

- How is the water being used?

800,000M m³/year - Domestic
 550,000M m³/year - Agriculture
 90,000M m³/year - Industrial
 130,000M m³/year - Jordan & PA

- How much water do we get from nature?

390,000M m³/year (net) – Sea of Galilee
 250,000M m³/year – Coastal Basin
 355,000M m³/year - Mountain Basin

Total from nature ~1B m³/year



So, how did we close the gap?



圖 3-3-1.以色列用水需求與天然水資源供給量簡介

Israel Water Independence - from Zero to 600M m³/year in a Decade, Supplying 80% of Domestic Consumption

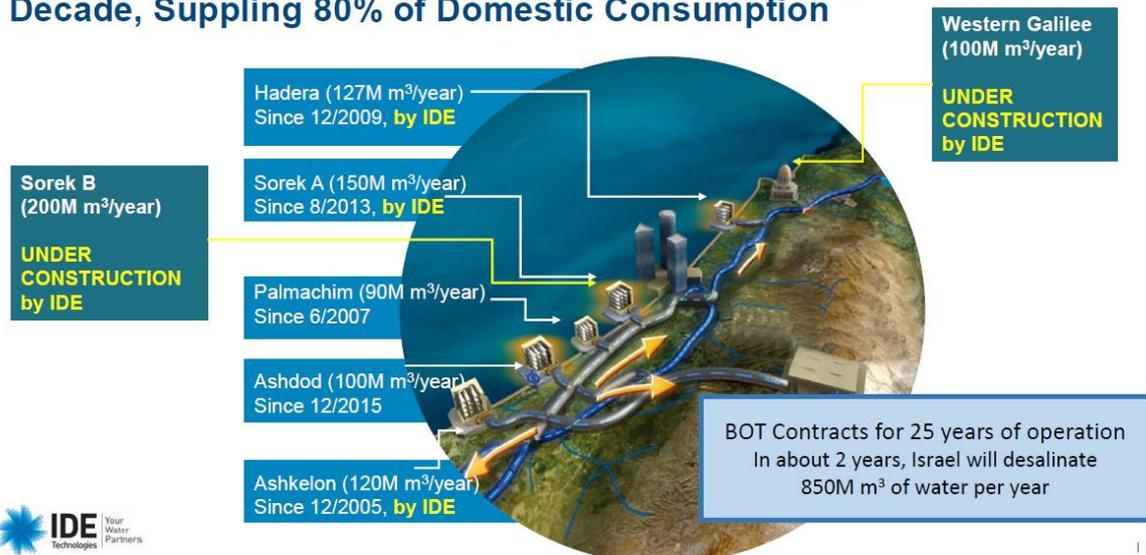


圖 3-3-2.以色列各海淡廠產能與分布位置示意圖

Hadera海水淡化廠是通過BOT方式建造與營運，其位於Orot Rabin發電廠旁，直接由該燃煤電廠提供營運所需電源、海淡廠所產生的滷水亦未另設專用排放管，而是匯入電廠冷卻水排放渠一併排入海中。該海淡廠產能為每年1億2,700萬立方公尺(約52.5萬CMD)，可供應120萬人的飲用所需，該廠完成一次淡化周期大約僅需35分鐘，每噸海淡水耗電約3.35度(kwh)。



圖 3-3-3.IDE 代表簡報 Hadera 海淡廠特色與 RO 產水原理

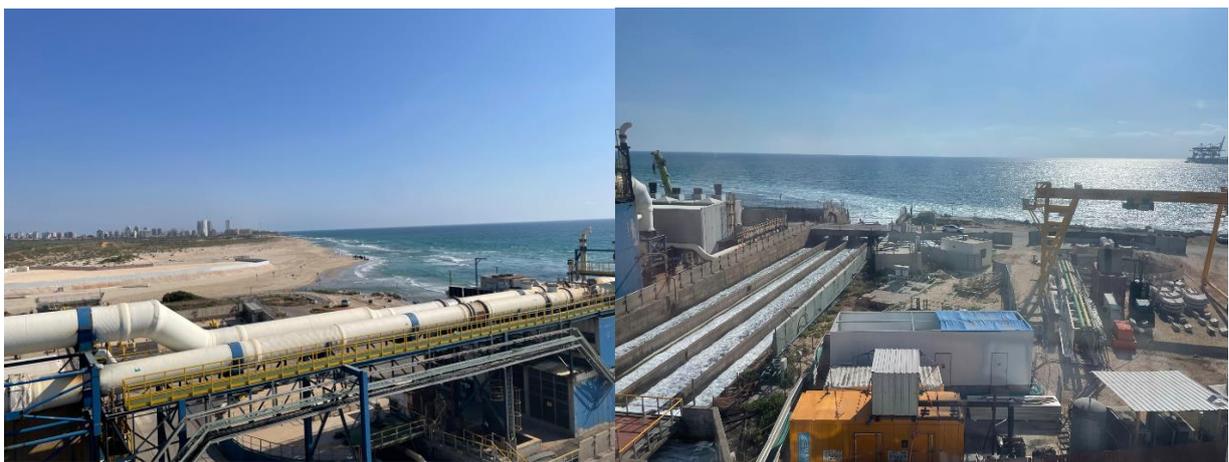


圖 3-3-4.Hadera 海淡廠取水管(左)與滷水排放(右，併入發電廠冷卻水排放渠中)

本海淡廠的BOT契約期限25年，2006年第四季完成特許協議簽署，2007年第四季專案融資貸款完成，2009年第四季首次投產年產量1億立方公尺(約27.40

萬CMD)，2010年第三季新增年產量2,700萬立方公尺(約7.40萬CMD)。其特許公司為H2ID有限公司，分別由IDE技術有限公司持股50%及Shikun&Binui持股50%，目前營運階段則是由特許公司委由IDE公司負責營運。

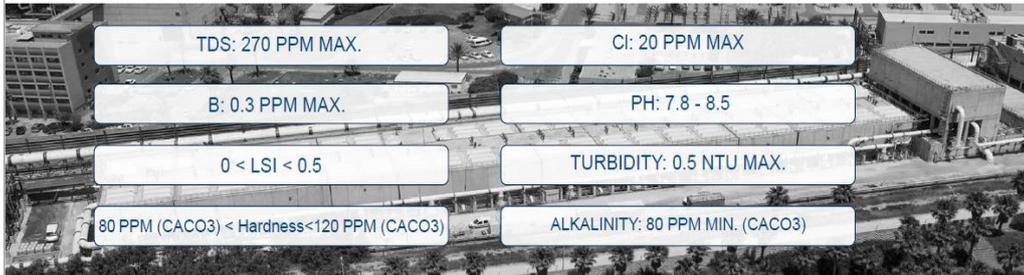
該海水淡化廠自外海1.25公里處取水，取水管直徑1.8公尺，並設有三個取水口降低取水口流速。前處理系統仍是採用先經砂濾系統過濾後再經由超微過濾器加強過濾，除了可確保進入RO模組前的水質良好外，完善的前處理並可延長RO膜的使用壽命。其產水水質標準如圖所示，該廠並提供考察團直接試用海淡水感受口感。



圖 3-3-5.Hadera 海水淡化廠 RO 逆滲透機組

Key Technical Parameters

- > Total desalination capacity – 127 M m³/year
- > Plant footprint – 1000m x 50-150m
- > Feed seawater – 41,000 ppm TDS
- > Product water requirements:
- > Potable water according to the Israeli MoH, Public Health Regulations & the Water Desalination Administration (WDA):



34 | Key Technical Parameters



圖 3-3-6.Hadera 海水淡化廠相關水質參數與標準



圖 3-3-7.Hadera 海水淡化廠戶外生飲體驗區

四、Shafdan 汗水再利用及緊急應變設備展

(一) Shafdan 污水處理廠

Shafdan污水處理廠是以色列境內最大的污水處理廠，位於特拉維夫以南約10公里處的Rishon Lezion。通過長達120公里的污水管網和7座加壓站，每天處理特拉維夫及其周邊各城區(Dan region)250萬居民產生的41萬立方公尺污水。因為以色列整體屬於水資源匱乏，而農業開墾所需用水又持續成長，因此目前90%的污水被回收處理後皆用於地下水補注提供農業用途使用，使以色列在污水處理再利用的技術領域成為領導者。

Shafdan污水處理廠處理步驟如下：

- 1.每天收集自250萬人產生的污水送至Shafdan污水處理廠，並進行預先處理。
預先處理是在淨水處理前，使水中大體積的固體物質（如沉積物和衛生紙）先沈澱，無法分解的大型非有機物體則先予以撈除。
- 2.污水進入一個長形流動的生物處理池，延長流動時間並經由裡面的細菌幫助分解有機物質。經過生物處理池後，液態水和固體污泥被分開並分別處理。
- 3.液態水經過二級處理後進入土壤浸滲處理（SAT），以重力方式注入地下含水層，利用土壤及其中的微生物進行進一步的過濾、吸附及生物分解，經過約6個月提高水質後並流入地下含水層儲存，後續可以通過回收井抽取過濾水使用。
- 4.生物處理池底部提取的污泥被送入厭氧消化槽。污泥在槽中停留約兩週，溫度約攝氏55度，消毒污泥並釋放甲烷氣體。甲烷氣體被收集並用於污泥加熱系統(加快厭氧消化速度)外，並另外用於發電，可提供整個處理設施80%的電力。

5.分解消毒後的污泥，經過濃縮和脫水處理去除大部分剩餘的水分後，可作為肥料，用於全國各地的農場。

Shafdan污水處理廠處理後的回收水，主要都用於內蓋夫沙漠(Negev Desert)中的農業，主要有60%的農業灌溉用水都是來自Shafdan的水。



圖 3-4-1. 參訪 Shafdan 污水處理廠



圖 3-4-2. 污水處理廠的生物處理池



圖 3-4-3. Shafdan 污水處理廠厭氧消化槽(左)與其頂部之甲烷收集器(右)

(二) 緊急災害救災設備展示

1.Faro Emergency Solutions公司：

A.快速充氣結構救災屋：

Faro公司的快速部署結構（Rapid Deployment Structures，簡稱RDS）係為替災害發生時能快速滿足災民生存需求所研發的產品。其特色為材質具耐候性，採用充氣支撐結構，因此組裝方便、易於搬運。救災屋預留有安裝各種設施的套件與所需管道及開口(例如用水管路、盥洗設備、照明吊掛點、電力和網絡通道等)，可以在15分鐘內運用充氣快速組裝成17間衛生間，20分鐘內組裝12間淋浴間，另有其他套件，如指揮中心、餐廳帳篷及醫療帳篷等。

B.災害供水設備：

該設備設計出全套完整災害緊急的供水鏈，運用水袋結構、流量自動化紀錄與控制等組合，建立完整的災區緊急供水系統。從水收集和運輸，中央指揮中心與分配中心對供水站的用水量掌握，集中儲存(Flexible tank)與供水台設備，甚至到末端個人儲水容器(個人4公升容器)，一應俱全。

C.緊急食品：

提供肉類替代品，開發出獨特的技術方法，能夠提供5年的保存期限，完全純素，無需冷藏或特殊儲存。

(二).I-JET公司展示：

自動化監控消防栓：利用物連網技術監控，可達到防止消防用水回流和避免污染、即時監控用水、壓力，若有回流情形亦可即時回報。

(三).EMS Mekorot Projects展示：

行動式超過濾系統Granite 2 系統，主要提供緊急狀況和偏遠地區飲用水

的供應。當發生災難致水源及供水基礎設施停止運作時，Granite 2 系統能迅速調度，把災區所能取得的水源快速處理，先提供災民維生所需。

Granite 2 系統的主要特點：

1.高產水量：該系統每天可生產100~120立方公尺的飲用水，足以供應緊急狀況下約6,000人飲用。

2.運用彈性且水質安全：自吸式原水進水泵可系統能夠從河流、湖泊或現有供水管網進行抽水，通過UF濾膜從天然水源中可去除濁度、細菌和病毒，確保水質安全。

3.運作快速：該系統為車載系統，移動支援快速。到達現場後在不到20分鐘內即可設置和運作，可迅速應對緊急情況。

4.獨立運作且控制簡便：Granite 2 系統完全自動化，並搭載內置柴油發電機，能夠獨立運作。系統配備基本的PLC控制系統和帶有網路監控及具有人機操作的HMI觸控式螢幕，亦可以通過智能手機、平板電腦或電腦進行遠端全面控制。



圖 3-4-4. Faro 公司救災屋組成簡報室(左)與廁所(右)



圖 3-4-5.Faro 公司之 Flexible tank 供水站與個人用 4 公升水袋

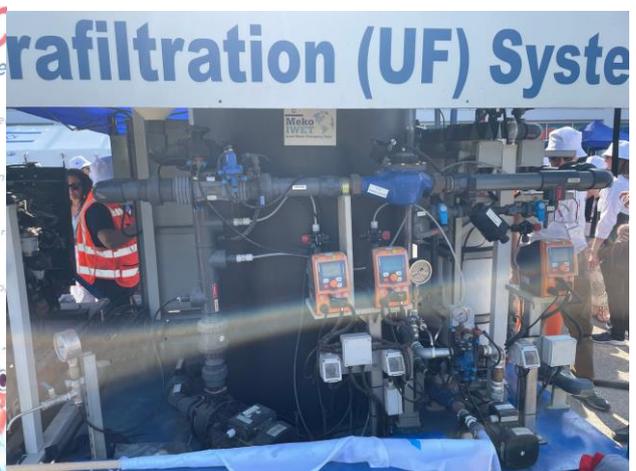


圖 3-4-6.I-JET 公司智能消防栓

圖 3-4-7.EMS 公司 Granite 2 系統

五、Sorek A-世界最大的 RO 型海水淡化廠

Sorek A 海水淡化廠採 BOT 方式建造完成，該廠產能為每年 1 億 5,000 萬立方公尺(約 41.10 萬 CMD) 的飲用水。為以色列目前最大的海淡廠，也是世界上最大的 RO 型海淡廠，並獲得了全球工業獎。

海淡廠陸續投產以後，除了填補原本天然水資源不夠的缺口外，對以色列的用水環境也產生正面影響，例如以色列天然水質偏硬，海淡水的混入使用可

以輸水管線內的結垢狀態大幅改善；而海淡水因為已經將鹽分及各項離子析出，其進入民生用水後產生的污水處理與再利用也有助於改善原本的水環境，尤其處裡過後的水運用在農業灌溉上，可以避免農業土壤持續鹽化。

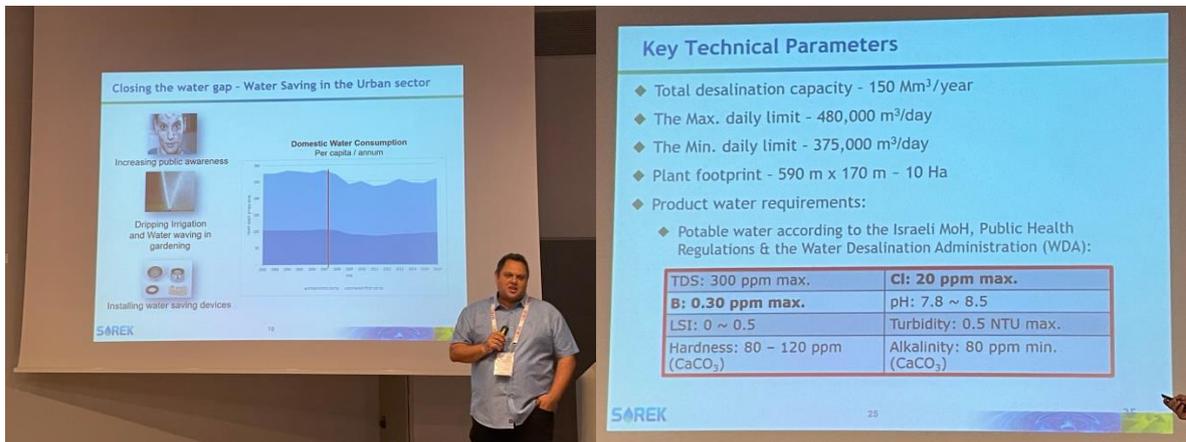


圖 3-5-1.IDE 公司簡報 Sorek A 海水淡化廠及各項產水參數

該廠占地10萬平方公尺，廠區西方約3公里的海面下設有專用的取水管與滷水排放管。因為本廠區的取、排水量大，為了減緩進水口流速與避免異物進入，進水口採取6面體結構擴大取水面積；而滷水的排放口則設計為不同方向的4個噴流口，以利加速滷水擴散。其原水前處理設施亦是採用砂濾系統，再經超微過濾器後進入RO模組。產水過程採兩階段RO，所產製的RO水再經過礦化後即可提供住戶飲用。

因以色列政府評估未來用水需求將持續成長，因此在Sorek A海淡廠旁邊，刻正興建Sorek B海淡廠，該廠設計產能為每年2億立方公尺(約54.79萬CMD)，預計於2023年底完工，屆時將成為以色列最大的海淡廠。

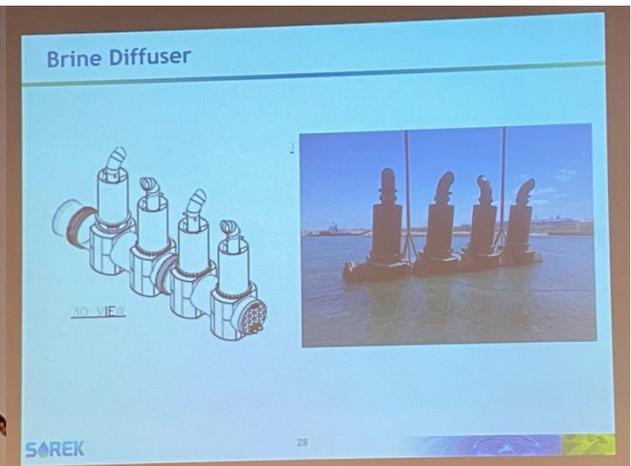


圖 3-5-2.Sorek A 海淡廠取(左)、排(右)水口之構造

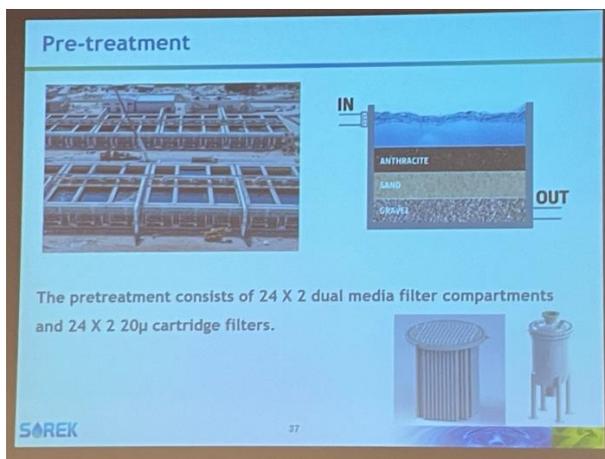


圖 3-5-3.Sorek A 海淡廠前處理原理(左)與砂濾池(右)



圖 3-5-4. Sorek A 海淡廠展示 RO 單元 (左) 與 RO 逆滲透機組 (右)



圖 3-5-5.Sorek A 海水淡化廠操作室解說



圖 3-5-6.擴建中的 Sorek B 海水淡化廠

六、智慧水管裡的 Mei Modiin 水公司

美莫丁-麥卡比姆雷烏特（Modiin-Maccabim Reut）位於耶路撒冷和特拉維夫之間，是該地區最大的城市之一。該城市成立於1996年，居民迅速增長，目

前約10萬人口，由14個主要的住宅區和兩個工業區組成，面積約5.5萬英畝。

Mei Modiin水務公司於2006年成立，負責本城區的自來水與污水輸送管理，服務人口數為10萬人，但裝錶戶數約3萬戶，其中27,500戶為家庭用戶，1,300家企業、1,200個政府機構，全年用水量達900萬立方公尺。該水務公司所管轄之自來水管線總長度為350公里、污水管線總長度達400公里。自來水水源由Mekorot公司供應、污水則經由污水管線收集後送到Ayalon污水處理廠處理。

該公司員工數僅37人，但漏水率僅有5.5%，主要是經由ARAD的遠端監控智慧水錶對3萬用戶的水錶進行監控，掌握用水量變化，每2個月由ARAD公司進行漏水遠端比對測量，掌握漏水狀況即時處理。此外還可以藉由智慧水錶按用水量差異收費，水價依據以色列水務局規定為按每立方公尺計價，且當用戶屬於低耗水量時，收費為每立方公尺7新謝克爾(約台幣60元)，但是如果超過基本用水量時，超額耗水量的收費為每立方公尺14新謝克爾(約台幣120元)。



圖 3-6-1.Mei Modiin 水務公司代表簡報

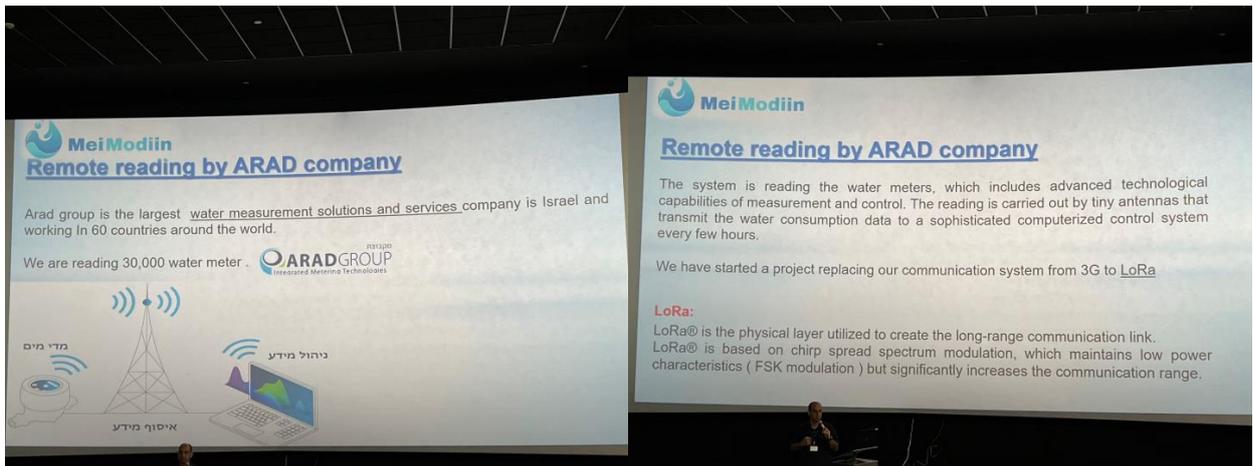


圖 3-6-2.ARAD 公司的遠端監控智慧水錶系統概念(左)，該系統預計將由 3G 傳輸改成 LoRa 系統



圖 3-6-3.參觀 Modiin Water tower

七、以色列水務局(IWA)交流會議

為了進一步借鏡以色列政府在水源開發、用水管理等政策擬定時的考量因素，以及實務上所遭遇的困難與解決方案，本考察團特地前往以色列水務局拜會並就相關政策與管理問題進行交流。為了能充分且有效地經驗交流，本考察團亦預先擬定了近30項討論議題，以色列水務局(IWA)亦十分熱誠地針對提

問事先準備相關簡報，且為利雙方就各種面向的問題都能即時意見交換，也特地由不同部門的6位主管連袂出席，分別是：

Mr. Miki Zaide - Senior Director of the Planning Department

Mr. Eyal Schreiber - Director of the Desalination Department

Dr. Lea Kronaveter -Head of the Strategic Planning in the planning department

Mr. Assaf Gavrieli - Director of the Operations Department

Mr. Lior Agai - Infrastructures Development Division

Ms. Olga Slepner - Advisor to Director General and Head of International Relations



圖 3-7-1.以色列水務局代表簡報，以及台以水務機關進行討論

本次會談水務局所提供的相關簡報資訊概述如下：

(一)以色列水務管理制度簡介：

1.以色列國民人口數為870萬，國土面積約22,000平方公里，土地人口密度約每平方公里392人。約有1,000座工廠，約1.4萬座農場(約20萬公頃灌溉田)，

年供水量約23億立方公尺。其中農業用水每年約11億7,400萬立方公尺(約佔56.5%)，工業用水每年約8,540萬立方公尺(約佔4%)，民生用水每年約8億,170萬立方公尺(約佔38.5%)。因為以色列沒有發展重工業，所以工業用水需求不大，但是因為人口持續成長、屯墾範圍持續擴張，所以用水成長的主要因素反而為民生與農業使用。

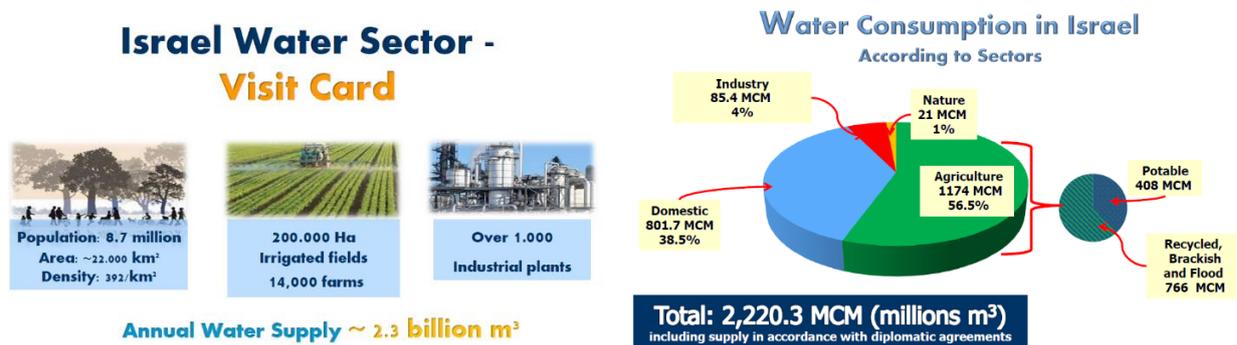


圖 3-7-2.以色列用水需求分析，以農業及民生使用為主

2.水務系統管理核心理念是，在管理法規上水務局為唯一的決策監管機構，並且為專業技術單位且負責整合。財務方面水價要能負擔成本，對使用者的收費應公平且原則一致。在服務標準上要持續投資改善基礎設施，給予終端用戶高品質服務。

3.以色列在1959年即制定水法(Israeli Water Law)，明定水是屬於公眾，由國家代表公眾管理，用于國家發展，並由專業的監管機構，結合相關部會和公眾代表的理事會管理。取得和供水均需要由水務局長的許可外，所有的用水皆須付費，水費由水務委員會設定，水費旨在覆蓋所有支出費用，主要在控制避免水的浪費。

4.2001年制定水務公司法(Water and Sewage Corporations Law)將供應飲用水和污水處理業務，移轉到專業的公司經營；並集中到同一個專業機構服務，製定工程和服務標準。

5.經由這些組織架構與法規制度，以色列在水管理上建立了一站式服務架構的監管機構，並經由專業化管理掌握每一滴水的運用，而訂定合理的水價使用水經濟效益到達最高。

(二)以色列水源政策規劃：

1.以色列局地中海氣候，地位於沙漠邊緣，年平均降雨量從700毫米下降到150毫米，差異很大，且連續乾旱年期至少每十年發生一次。

2.依推估從2021年至2050年，人口從900萬成長到1,600萬，用水量需求將由每年23.8億立方公尺增加到37.30億立方公尺。若再納入氣候變遷的因素，目前平均每年12.5億立方公尺的天然水資源，將可能逐年遞減至每年10億立方公尺以下，供水問題更加嚴峻。

The Region and the Climate

- Israel has a Mediterranean climate;
- It is situated at the edge of a desert
- Within a length of 200 km, average annual rain drops from 700 to 150 mm
- Annual rain is highly variable
- Typically, periods of consequent draft years occur at least once in a decade.

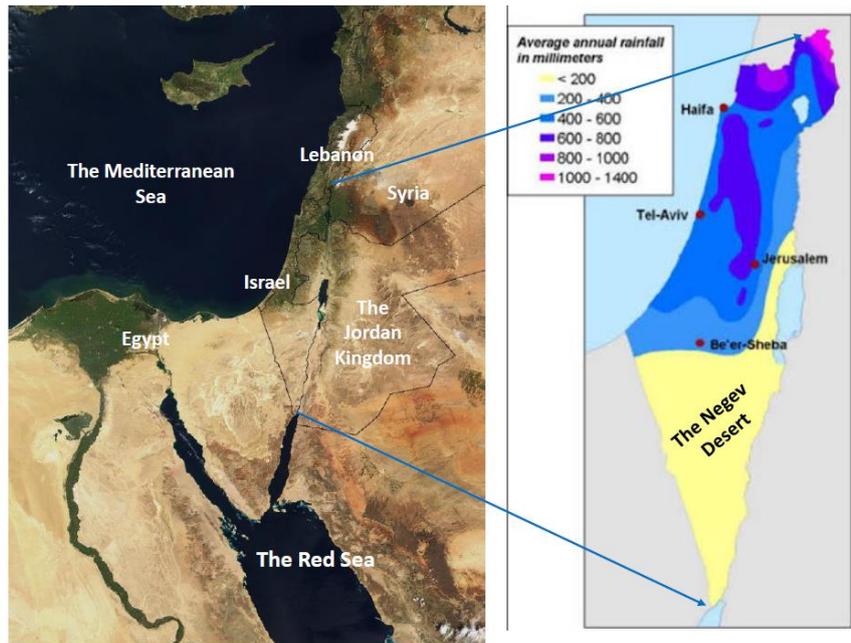
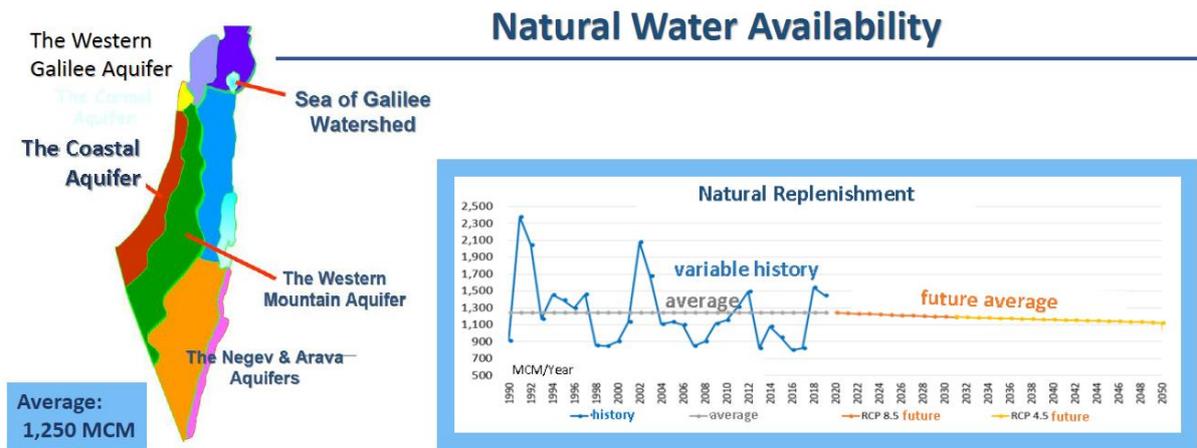


圖 3-7-3.以色列南北降雨差異極大，水資源分布不均



Long-term planning of the Israel Water Economy is based on estimation of future climatologic and hydrologic conditions, including:

- Prolonged periods of dry years
- Decrease in natural water availability (due to expected climate change effects)

圖 3-7-4.以色列天然水資源可用量為年平均 12.5 億立方公尺，但豐、枯年變化差異極大

3.以色列目前的供水政策仍是以需定供，而其主要需求在人口成長與農業用水成長。為因應2050年的長期用水需求，目前的水源策略除了持續管控天然

水資源外，將擴大發展海水淡化、污水處理再利用、半鹹水淡化等人工水資源，其中後兩者將專供農業使用。

4.在訂定天然水資源的運用規線後，用分析工具模擬未來如何保持水源供給需求的平衡，並以此規劃長期的海淡水廠建設計畫，目前推動中三座海淡廠計畫分別是Sorek B(2億立方公尺，2025年前完成)，E. Hefer(2億立方公尺，約2032年完成)，Western Galilee (1億立方公尺，2025年前完成)。

5.供水調度系統上也依據所模擬的未來情境開始調整，原本輸水管線係將水由北部(加利利湖)輸送到南部，但因應海淡增加、北部天然水資源供給逐漸不足，必須改變輸水調度方向，並建立南北雙向輸水模式系統。另外配合人口成長需求，具有成長潛力的新市鎮，也必須事先預留輸水管線。

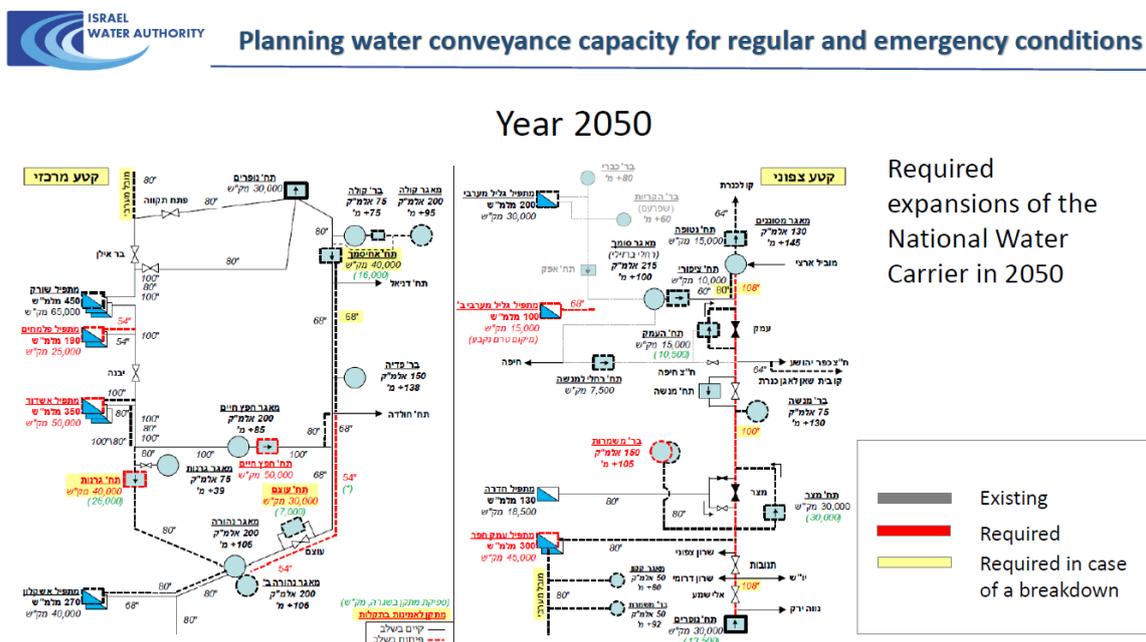


圖 3-7-5.因應未來用水需求，以色列已經擬定至 2050 所需之供水管網計畫

6.但是以色列水資源政策仍面臨不少挑戰必須克服，其中包括：水資源供

需缺口持續擴大、未來情境的不確定性和風險、氣候所造成的供水不穩定、配合國家目標的供水政策（供應約旦及巴勒斯坦地區）、供水成本的回收、農業和家庭的全額付費的可行性等。

(三)海水淡化推動簡介：

1.以色列海水淡化發展的政策目標，一直在持續的滾動式檢討，自2000年至2018年已經訂定了三次階段性發展目標。而對處於長期缺乏水資源的以色列言，使用海淡水具有以下優勢：(1)可靠：填補天然水源與用水需求之間的缺口，(2)改善鹽化：改善農業用途的處理後污水質量、減少地表和地下水的鹽化，(3)硬度降低：減少管道阻塞、減少洗滌劑使用。更是可以改善以色列的整體水環境。

表 2. 以色列海水淡化發展政策

	政策內容	產水量(年)
2000年	首次政府決定建設海水淡化廠	0.5億立方公尺
2008年	設定2020年前海淡產能目標	7.5億立方公尺
2018年	設定2030年前海淡產能目標	11億立方公尺

Desalinated Water advantages

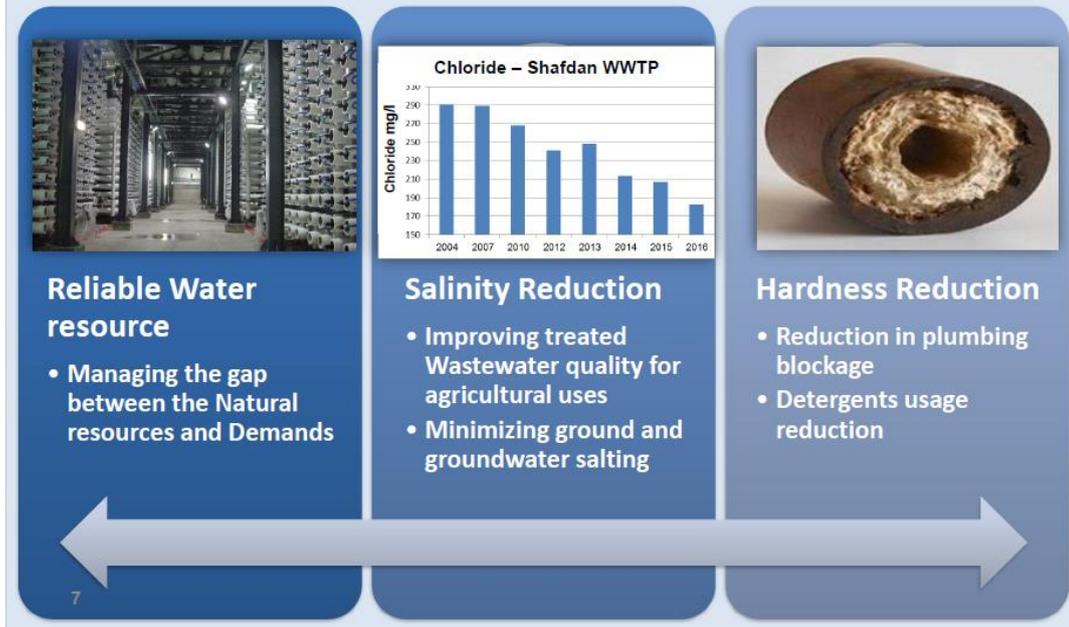


圖 3-7-6.使用海淡水能具體改善以色列的用水環境

2.現有海水淡化廠5座(Hadera、Sorek A、Palmachim、Ashdod、Ashkelon)，總能達6億立方公尺/年；但因應未來需求，刻正推動West Galilee、Emek Hefer、Sorek B等三座新海淡廠建置作業，另外Ashkelon海淡廠將在2027年進行擴建，全部完成後，將可再增供6億立方公尺/年的海淡水。

3.以色列在海淡廠建設上擁有許多實務經驗，並且將各種不同的海淡設備與技術都進行組合驗證(例如海水前處理的方式、能源回收器的選用、RO模組的設計與搭配等)，獲得最佳的系統化產線。而近50年來隨著科技進步，採用RO系統的海水淡化能耗也是大幅下降，依據2019年的統計分析結果，海淡產水平均用電能耗為3.4 kwh/立方公尺，其中取水佔6%，原水前處理佔6%，RO產水(第一和第二階段)佔87%，後端處理佔1%。

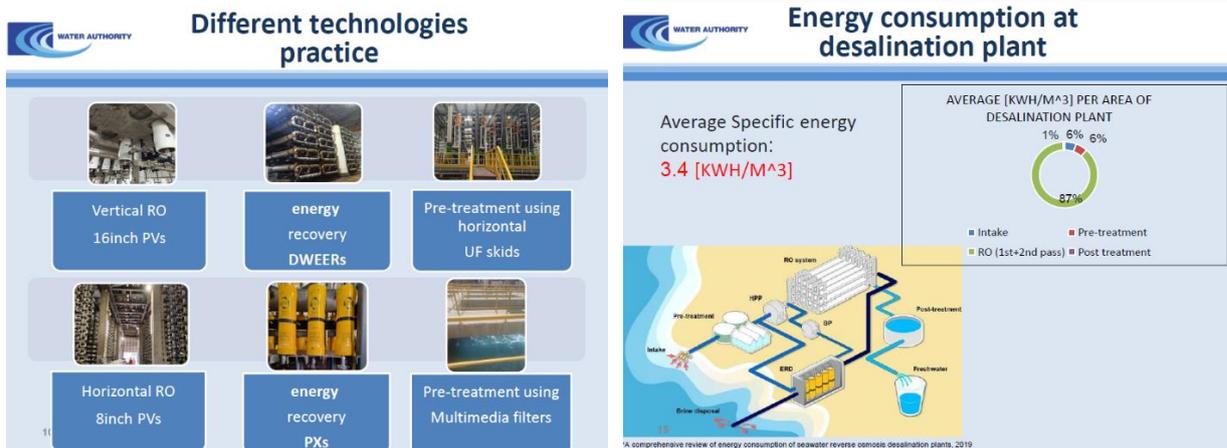


圖 3-7-7.不同的海淡設備技術實際應用(左)與產水能耗分析(右)

7.未來以色列海淡研發的新技術重點在(1)RO高壓泵將使用蒸汽或燃氣渦輪機啟動：因近年以色列探勘到天然氣田，相較於目前用燃煤發電、電力傳輸至海淡廠來轉換海淡水，在自有天然氣的情形下，直接使用天然氣產水更加節能、成本更低、空污更少，因此使用天然氣直推RO高壓泵成為後續研發重點，預期可將產水能耗進一步降至：3.2~3 kwh/立方公尺。(2)AI應用則為產水管理技術的輔助，經由動態多變量模型為提供終端解決方案，例如動態分析後調整產水計畫、對淡化廠的所有生產產線可做最佳化的管理，決定產線生產、停機維護的時間分配與最佳時機。



圖 3-7-8.未來發展重點在燃氣、蒸氣渦輪直推 RO 高壓泵，以及 AI 產水管理



圖 3-7-9.台以水務機關大合照



圖 3-7-10.考察團分別致贈水務局紀念品，感謝其熱誠接待與經驗分享

肆、心得與建議

- 一、以色列在農業屯墾開發上採取開放政策，水源供給政策以需定供，因此在水源不足的情況下，設置大型污水處理廠將處理過的廢水，經含水層過濾後，再利用於灌溉。而搭配其滴灌的管理技術使水源能更有效的運用。相對於我國每逢枯旱時期優先協調停灌休耕等政策，往往引起用水分配是否公平正義等疑問，我國應盡早研議評估可否將再生水作為農業、水產養殖、工業冷卻、公共設施養護澆灌等替代水源，在旱季來臨時即納入原水供水系統中混用的可行性，藉此降低限水供給時所產生的衝擊。尤其農業用水的圳路末端於旱季限水減供期間常會供應不足，如能用再生水補充替代，將可使將來面對氣候風險時，水資源的運用調度更加彈性。
- 二、以色列長期面臨缺水威脅，早在1959年即通過法律，將水資源國有化並建立專業水務管理機構，2001年通過法律將飲用水和污水服務交由專業公司經營。而在海淡推動上大約10年即檢討政策訂定下一階段目標，並且已經規劃至2050年的水源分配與管網系統。而在全國可用水源上並已先行確立何種水源要運用(海淡、再生水、半鹹水)?分別運用在哪裡(民生用、農業用、工業用)?等基本原則，政策方向與用途明確後，不同領域的產業即可依據市場機制開始發展。而我國農業用水的來源與分配、再生水與海淡水的開發優先順序、再生水廠的推動順序、各種新興水源的運用標的與長期目標量等各項政策則是分屬不同機關權管，因此應可研議建立一個跨域

整合的溝通運作平台，藉由定期研商來協調不同機關的政策步調並在行政資源上互相支援。當政府各機關的力量、政策步調都能統一且互相搭配時，我國未來水科技的市場需求將更加明確，進而帶動民間產業的資源投入，發展我國自己的產業鏈。

三、人工造水的產水成本畢竟比天然水資源高昂，以色列的政策目標雖然也是希望水價能完全反映成本，但是在面對民意要求、政策扶植產業與政治運作等多方面的影響下，水價也是調漲不易。因此以色列是透過契約的設計採BOT設置海淡廠，借由市場競爭機制降低產水成本，在用戶端則以差異水價來當誘因避免浪費，而且收費並無天然水或海淡水之差異，而有不同價格。而我國對後續本島推行海淡水的收費規劃，目前是以企業認購為主，但是否應將海淡水成本與天然水資源成本一起攤平計算，使其達到常態產水與反應成本的目的，值得我國參考。

四、以色列雖然大量採用人工造水來彌補天然水資源不足的缺口，但是其在海淡BOT契約中仍保有政府介入要求縮減產水量的條款；當遇到豐水年時，可以要求廠商減產海淡水，至於因減產而閒置的設備則依據契約另外給付設備維護費，使水資源的供需調配能更加彈性。目前我國籌備中的海淡廠契約也正在研議是否可納入此種生產量調節機制，惟本次考察發現以色列政府過去最多要求廠商減產至70%，因為更大幅度的減產雖然技術上、契約上皆可行，但是會產生設備的封存與啟封等更多的成本問題，因此我國未來如何訂定合理的減產比率，值得進一步研究。

五、本次考察多處海淡廠後發現，各海淡廠的產水能耗均十分接近，可能係因RO產水的節能系統已經接近極限，因此各海淡廠降低成本的努力方向就集中在前處理程序上。另外因為以色列自有天然氣田，為了給海淡廠運轉與節能上能有更大的發揮空間，以色列政府特允許海淡廠可自設天然氣發電廠；除了可減少海淡廠對外購電成本，當遇到豐水年政府要求海淡減產時，其多餘的電力亦可回售給電力公司，使營運更加彈性。而我國雖然並無天然氣田，但未來發展海淡廠時應可評估制度上能否協助海淡公司能源取得的多元化(例如自設電廠、向垃圾焚化廠、小水力電廠自行購電)或是特許其增、減產時調升、降購電契約容量的限制，更或是特許能多角化的營運其他附屬事業，設法降低產水成本，製造雙贏。

六、以色列因為缺水而不得不使用海淡水，而民眾亦無法有選擇其他水源的空間。但是該國採用海淡水供應民生使用時，仍有民眾對海淡水產生疑慮，認為其太過乾淨、不含任何礦物質，故長期飲用將有害健康。而我國則為另一種情境，因為有其他水源的選擇，民眾反而是質疑海淡水來自海洋並不够乾淨，且口感上能會有異味。顯見不論是何種情境，讓民眾接受新事物並化解疑慮並非易事，如果海淡水將會成為我國未來的主要水源之一，則應該即早著手針對海淡水的特性對民眾進行科普教育，化解民眾疑慮。

參考資料

1. Water Resilience & Emergency Preparedness 會展網站
(<https://euwatereventil.israel-expo.co.il/expo/about>)
2. “Sustaining The Future – Desalination” Palmachim 海水淡化廠參訪簡報
3. Global Environmental Solutions(GES)公司參訪簡報
4. Hadera 海水淡化廠與IDE公司參訪簡報
5. Shafdan 廢污水處理廠參訪簡報
6. Sorek A 海淡廠參訪簡報
7. Mei Modiin 水公司參訪簡報
8. “IWSM Model” , IWA 參訪簡報
9. “Strategic Planning of the Water Sector” , IWA 參訪簡報
10. “Desalination in Israel” , IWA 參訪簡報