

出國報告（出國類別：考察、拜訪）

## 荷蘭水利公務部門交流及 水利署歐洲國際顧問會議

服務機關：經濟部水利署、經濟部水利署第十河川局、  
經濟部水利署第四河川局

姓名職稱：賴建信署長、郭純伶組長、楊連洲副局長、  
童正安正工程司

派赴國家：荷蘭

出國期間：中華民國 112 年 6 月 11 日至 6 月 18 日

報告日期：中華民國 112 年 9 月



## 摘要

本次赴荷蘭參訪活動旨在與荷蘭水利官方機構於水環境建設、防洪、海岸保護及自然解方(Nature-Based Solution)等方面作技術及經驗交流，並進一步建立未來長期的交流管道。

出訪目的包含建立台灣與荷蘭水利官方交流管道、強化台荷學術交流、學習歐盟於跨機關/單位合作之經驗。

透過與荷蘭水利相關的公務部門交流如國家水利局、水土事務局、企業署等，邀請相關人員來台參加論壇交流，規劃未來簽訂合作協議及參與相關計畫。透過考察沙引擎(sand motor)海岸養灘成果、鹿特丹多功能用途圩田滯洪及水廣場等計畫執行成果，並參訪三角洲研究所(Deltares)及皇家造船廠，以掌握荷蘭近年水利發展知識及趨勢。

本次行程並召開國際顧問會議聽取水利署歐洲顧問對本署未來水資源及承洪韌性的目標及策略的建言及反饋。主要建議包含未來更加善用監測的水利資料大數據，建立數位對映(digital twin)以提前預測課題、提早擬定對策，提升決策品質。

後續建議可尋求與荷蘭企業署進一步交流合作、加速 NBS 在工程上應用、引進大型施工機具提升養灘及水庫清淤效益、應用物聯網及大數據收集做為未來 AI 應用的基礎。

## 目錄

壹、 前言.....	1
一、 緣起.....	1
二、 目的.....	2
貳、 行程.....	3
一、 行程摘要.....	3
二、 團員.....	4
參、 過程紀要.....	5
一、 國家水利局(Rijkswaterstaat, RWS).....	5
二、 考察沙引擎(Sand Motor)創新計畫.....	6
三、 考察席凡寧根生活實驗室(Living Lab Scheveningen).....	12
四、 考察圩田滯洪(Endragtspolder).....	14
五、 拜會水土事務局(Water en Bodem, WB).....	16
六、 拜會企業署(Rijksdienst voor Ondernemend, RVO).....	19
七、 水利署國際顧問會議.....	21
八、 參訪三角洲研究所(Deltares).....	23
九、 參訪荷蘭皇家造船廠(Royal IHC).....	25
十、 考察倍恩特姆水廣場(Waterplein Benthemplein).....	27
肆、 心得及建議.....	29
一、 心得.....	29
二、 建議.....	31
伍、 參考資料.....	32

# 壹、前言

## 一、緣起

台灣與荷蘭的水利交流起源於 1990 年代，水資會與荷蘭 Deltares 合作開發水理演算模式 SOBEK 及洪水預警平台 FEWS，系統仍持續運用及升級中；2016 年水利署與荷蘭 Wetskills 於臺灣合辦 Wetskills-Taiwan 水利青年活動，計有 15 位荷蘭學生及專家來臺。

2017 年賴建信署長於參加阿姆斯特丹國際水資源週(AIWW) 高階圓桌會議 (High Level Round Table Meeting)、水事業領袖論壇 (Utility Leaders Forum)分享水利技術，並參觀水展覽。荷蘭在台辦事處並曾於 2019 年「臺灣國際水週(Taiwan International Water Week, TIWW)」，設立「荷蘭國家館」，計 9 家荷蘭廠商參與。

2019 年臺荷次長級經濟對話會議中，台荷雙方均同意於水資源領域建立工作小組平台，更有系統的合作。2020 年 7 月 13 日水利署與荷蘭在台辦事處舉行「視訊啟動會議(Kick-off Meeting)」。自 2019 年起，水利署每年與荷蘭在台辦事處於臺灣國際水週論壇合辦研討會，包含氣候變遷之防汛抗旱、流域治理與還地於河、智慧灌溉等議題，及安排技術交流會(水庫清淤)或商機說明會(海淡廠)等，就水利議題深化交流。

荷蘭在台辦事處多次邀請署長赴荷蘭參訪，故促成本次參訪團行程活動。本次訪荷期能與荷蘭水利官方機構於水環境建設、防洪、海岸保護及自然解方(Nature-Based Solution)等方面作技術或經驗交流，並進一步建立未來長期的交流管道。

## 二、目的

### (一)、拓展台灣與荷蘭水利官方交流管道

為推廣台灣水利國際能見度，過去以參與國際重大水利場合並多與民間或研究單位進行合作交流，近年則更著重與官方單位之合作。本署與荷蘭在台辦事處於水資源領域交流密切，並於 2020 年成立臺荷工作小組平台，透過平台與荷蘭國家企業署(RVO)及三角洲研究所(Deltares)等研究單位或學校交流，惟尚缺少水資源官方單位，爰此次出訪即期盼搭建本署與荷蘭水利公務部門之聯繫管道(如水土事務局、國家水利局等)，創設未來水議題之合作機會。

### (二)、強化台荷學術交流

本署於 2022 年成立國際顧問團並召開第 1 次顧問會議，分享主題為：水資源規劃、乾旱情況與應變作為。本次行程安排與 2 位歐洲國際顧問召開第 2 次顧問會議，共同探討台灣水利政策及方向，除希望藉由此機會建立官方交流管道外，亦可整合本署既有資源進一步提升台灣水利實力，並逐漸增加歐洲官方合作單位以提高台灣水利影響力。

### (三)、學習歐盟於跨機關/單位合作之經驗

自歐盟成立以來，其聯盟國家相互建立合作交流管道，近年更共同面臨氣候變遷下之各種挑戰，更結合公私領域等資源以任務或項目為導向進行合作。而台灣因四周環海，受氣候變遷影響加劇，更需各界攜手解決所面臨之水利挑戰，爰希望透過此次出訪學習歐盟於跨單位之合作經驗以作為國內合作之借鏡。

## 貳、行程

### 一、行程摘要

表 1 主要行程簡表

日期	活動目的	地點
6/11(日)	啟程：臺北→阿姆斯特丹	
6/12(一)	考察 Sand Motor	海牙
	考察 Living Lab Scheveningen	
6/13(二)	考察 Eendragtspolder	Eendragtspolder
	考察 Stormvloedkering Hollandse Ijssel	Stormvloedkering Hollandse IJssel
6/14(三)	拜會荷蘭水土事務局 Water en Bodem (WB)	荷蘭企業署 Pr. Beatrixlaan 2, 2595 AL Den Haag
	拜會荷蘭企業署 Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)	
	水利署國際顧問會議	駐荷蘭台北代表處
6/15(四)	參訪 Deltares(台夫特)	Deltares Rotterdamseweg 185, 2629 HD Delft
6/16(五)	考察水廣場(鹿特丹)	Benthemplein Benthemplein, 3032 AA Rotterdam
	參訪 Royal IHC	Royal IHC
6/17(六)	返程：阿姆斯特丹→臺北	
6/18(日)		

## 二、團員

本次代表團由水利署賴建信署長率團，成員包括水利署郭純伶組長、第十河川局楊連洲副局長及第四河川局童正安正工程司共 4 位，荷蘭在台辦事處副處長陳香吟亦全程參與本次考察及拜會行程。



## 參、過程紀要

### 一、國家水利局(Rijkswaterstaat, RWS)

國家水利局為荷蘭基礎與水資源管理部 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)轄下的組織，於 1798 年成立，為其最大的水利政策執行單位。水利局擁有約 9,000 名員工，分佈在其總部、7 個地區部門和 7 個國家專業部門。主要任務為管理和開發國家公路、航道及供水系統等設施，並致力於建構永續發展的生活環境，亦與美國工兵團簽有 MOU，且為 NNBF(Nature and Nature-Based Features)網絡成員之一。

國家水利局執行任務過程中，會與有關單位、機構等進行合作，以避免荷蘭遭受洪水侵害，並確保荷蘭境內有足夠的植被覆蓋、充足且乾淨之水資源。

國家水利局目前主要關注下列面向：

- 1.資產管理 Asset management 2.0
- 2.永續發展及生活之環境 Sustainability and Living Environment
- 3.數據及訊息提供 Data and Information provision
- 4.智慧操作 Smart Mobility
- 5.氣候變遷調適 Climate adaptation
- 6.任務協作 Goal-oriented Collaboration (precondition)

## 二、考察沙引擎(Sand Motor)創新計畫

### (一)、計畫概要

Sand Motor 是一項旨在通過自然方式保護荷蘭海岸免受海洋侵蝕的創新海岸工程專案。該專案利用沙丘的形成和漂移來穩定沙灘並保護海岸線，採用了永續和環保的方法。

荷蘭國土約有四分之一位於海平面下，因此沙丘及海灘成為了抵禦海洋、保護國土的重要力量，然而隨著海洋侵蝕以及氣候變遷海平面上升，對荷蘭海岸構成威脅，因此海岸保護成為了重要課題。

荷蘭傳統是以填沙方式養灘及鞏固沙丘，然而此種方式須定期維護，每隔一段時間就必須進行補沙工程，在成本上有著不小的負擔。因此，荷蘭政府公部門便著手研擬一套創新之補沙措施，旨在通過自然方式保護荷蘭海岸免受海洋侵蝕。

#### 1.概述

Sand Motor 是由荷蘭台夫特理工大學(Technische Universiteit Delft)的海岸工程學教授馬歇爾·史蒂夫 (Marcel Stive) 提出的概念。其設計理念在於在傳統依賴填沙以加固海岸的基礎上，進一步利用自然動力的方式來取代人工填沙，以實現海灘的自然養護和沙丘的穩固。

#### 2.實施過程

Sand Motor 試辦地點選在荷蘭南方的代爾夫蘭海岸(Delfland Coast)，此區域受到嚴重的海岸侵蝕影響，由於海平面上升，評估未來需大量填沙來維持海灘面積。此外，由於該區域南方蘭斯塔德城市的發展，導致休閒活動空間嚴重不足，而海岸是提升休閒機會的可能地點之一。

2011 年 4 月此專案正式動工，並在 7 月竣工。工程耗資約 7,000

萬歐元，利用了約 2,000 萬立方米的沙，在 Solleveld 的代爾夫蘭海岸建置成一個長約 2 公里、寬約 1 公里，佔地約 128 公頃的鉤狀沙子半島，在半島的西南側有一座沙丘湖，北側半島末端與現有海岸形成潟湖，在 Sand Motor 的尾部形成連接內部潟湖與北海的水道。

隨著風及波流輸沙的發展，估計將增加 28~33 公頃的沙丘，且在 20 年內不用再進行人工補沙，在 50 年內結合前灘補沙可保障 Delfland 蘭海岸的沙平衡。

從施工開始，Sand Motor 便在潮汐、風力及波浪等營力作用下，沿著海岸開始發展。在工程竣工後的第一年，Sand Motor 的變形速度比預期中快，但符合設計階段所做模型計算的預期模式。4 年之後，Sand Motor 之離岸方向之寬度縮短了 260 公尺，而長度則延展了 2.2 公里。與此同時，Sand Motor 上的植生也有所發展，出現了零星海濱草及海邊沙生植物等低矮植物。透過風對沙子的運輸，Sand Motor 周邊的一些沙丘也得到不同程度的加固而獲得使用年限的延長。

### 3. 目標與成果

Sand Motor 技術的實施達成了最初設定之目標，包含了沙灘修復和海岸防護措施，並獲得了令人矚目的成果：

- (1). 海岸保護：Sand Motor 技術的應用有助於減緩風暴和海浪的沖擊，有效保護附近的土地和建築物免受侵蝕。Sand Motor 所建立的人工沙丘或沙洲形成了自然的屏障，減少海岸退縮的風險。
- (2). 沙灘面積增加：透過 Sand Motor 技術，大量的沙子被運送到受損的沙灘區域，從而恢復和擴大了沙灘的面積。這為遊客提供了更多的休閒和娛樂空間，同時也提升了當地旅遊業的發展
- (3). 生態系統：Sand Motor 的建置過程必然造成部分的生態影響，但從在 2011 年至 2015 年期間監測發現，在近岸的位置可以看

到一些與植被密切相關的棲息地類型的變化。隨著 Sand Motor 變化過程，棲息地則演變各種過渡形式，反而對較小的物種組成變化上可能產生不同的分類。沙灘是豐富的生態系統，Sand Motor 技術的應用有助於恢復受損的生態環境，提供適宜生物生長和繁殖的環境，進而促進植物和動物物種的回歸，保護了沙灘生態的多樣性。

(4). Sand Motor 工程通過對植被的改變，影響 Solleveld 繁殖鳥類群。中央沙丘地區的大鸕鷀數量顯著增加。

#### 4. 結論

過去荷蘭傳統的海岸補沙工程通常每隔約 5 年進行一次。然而，Sand Motor 技術的應用則減少了以往需要定期填沙以保護海岸的工程，從而減輕了成本負擔。這一技術不僅有助於節約能源和減少碳足跡，同時也符合自然永續發展的原則。此外，除了修復沙灘和保護海岸的功能外，Sand Motor 還提供了多種額外的效益，例如保護自然生態和提供休閒環境等多功能。這項創新技術在維護海岸的同時為人們帶來更多的好處和樂趣。



圖 1 Sand Motor 計畫位置圖



圖 2 Sand Motor 的發展：2012 年，沙洲和水道的形成 2013 年；水道的延伸和對稱形狀的發展 2016 年；形成海與潟湖之間的新連接處。



## (二)、考察紀要

由國家水利局(Rijkswaterstaat, RWS)安排，交流了解荷蘭推動 sand motor 計畫以大規模養灘並利用自然營力方式保護荷蘭海岸免受海洋侵蝕的創新海岸工程專案的經驗，可作為臺灣推動海岸保護做法的參考。而這個專案是由相關部會提供經費，統籌交由 EcoShape 基金會執行，可免去各部會多頭馬車及經費重複投資的問題。

交流討論內容摘錄如下：

- 1.受到海平面上升影響，此段海岸在 2001-2011 每 4-5 年約須抽砂 400 萬立方公尺養灘，整體荷蘭海岸自 2011 年後每年須抽砂 1,200 萬立方公尺來維持 1990 年的海岸線位置，估計未來抽砂量還會增加，因此必須用大型機具來降低單位成本。
- 2.此段海岸有長期觀測及數值模擬資料，所以採用數值模擬決定拋放養灘的位置而沒有再搭配水工試驗。
- 3.每年約有 2-3 次較大的暴潮侵襲，造成沙丘的流失，但整體而言養灘淤沙量大於沖刷量，海岸沙丘面積仍在增加，因此沒有考慮搭配使用工程手段來固沙。
- 4.因 sand motor 計畫是向海延伸增加國土面積，且促進觀光，因此比較受民意及政策支持。
- 5.目前在養灘的沙丘上觀察到有植被發展，但物種仍相當單一，目前並沒有計畫要引進其他植物物種進來這個區域。
- 6.養灘計畫實施後有許多相關的科學計畫在此進行研究，並持續監測養灘成果，包含生態、沙丘形成過程、水質等。



照片 1 Building with Nature 專案計畫主任說明 sand motor 計畫執行現況(Erik van Eekelen(右))



照片 2 現場說明養灘成果

### 三、考察席凡寧根生活實驗室(Living Lab Scheveningen)

海牙市政府與專家合作，為席凡寧根生活實驗室(Living Lab Scheveningen)設計了一個全新的數位基礎設施。這使得當感應器隱藏在街道設施中時，可以為感應器供電並將它們連接到電腦系統。這些發明預期使噪音減少和提升安全性。市政當局正在與當地的居民、遊客、學校和企業一起開展這項工作。

解說人員說明智慧城市構想，藉由融入環境的感測器及監視器提升居住環境的便利性及安全性。大量布建的多功能路燈結合照明、攝影及噪音監測功能，可根據數據預測和提供人群活動聚集情形，讓警察和市政當局可以更有效地採取行動，保證安全和生活質量。



照片 3 Living Lab Scheveningen 智慧城市





照片 4-1 多功能路燈包含照明、攝影機及噪音監測功能



照片 4-2 垃圾桶可以壓縮垃圾以增加容納量，並於民眾投入垃圾時發出語音鼓勵。

## 四、考察圩田滯洪(Eendragtspolder)

### (一)、計畫概要

Eendragtspolder 可以暫時儲存最多 400 萬立方公尺的洪水，提高鹿特河(Rotter)保護標準到 50,000 年洪水頻率。同時，圩田(polder)具有其他功能：美麗的休閒區，有鳥類和魚類，非常適合騎自行車、散步、劃獨木舟、划船、野餐、漫遊和放風箏。而若鹿特河中的水位過高，該地區之水務委員會(water board)將允許水流入圩田，待洪水退去後排向鹿特河。建造成本由鹿特丹地方政府與水務委員會各分擔一半。

為了避免周遭環境在未來遭受洪害，水務委員會正在與其他各方合作制定智能解決方案，以應對傾盆大雨和乾旱。又城市化和人口稠密地區給蓄水帶來了巨大壓力。因應氣候變遷的枯旱現象亦正在尋找解決方案，使該圩田在雨季蓄水，將可確保旱季供水來源。

### (二)、考察紀要

本次考察了解 Eendragtspolder 利用圩田進行滯洪的操作，當鹿特河的水位過高時，將河水流入 Eendragtspolder 休閒區，以保護鹿特河下游居民，最近一次操作時間在 2023 年春天，鹿特河高水位時將閘門溢流，操作時間約 3 小時，因水量不大，滯洪區內水位上升約數公分。

並透過與民眾溝通達成共識，規劃休閒設施，供民眾騎自行車、散步、獨木舟、划船、野餐等活動，雨季蓄水亦可確保旱季供水來源。惟綿密溝通過程費時，用地取得時程常達 6 年以上。

流入閘門採用遠端控制，抽水機可以自動操作，只需要約 15-20 人的人力作維護管理。因應近年枯旱條件，貯留的洪水未來將改成進入地下而非抽排回到鹿特河。抽取地下水使用時，沒有私人打設的地下水井，只有市政府有打設水井抽取淺層地下水，因此較易管理。

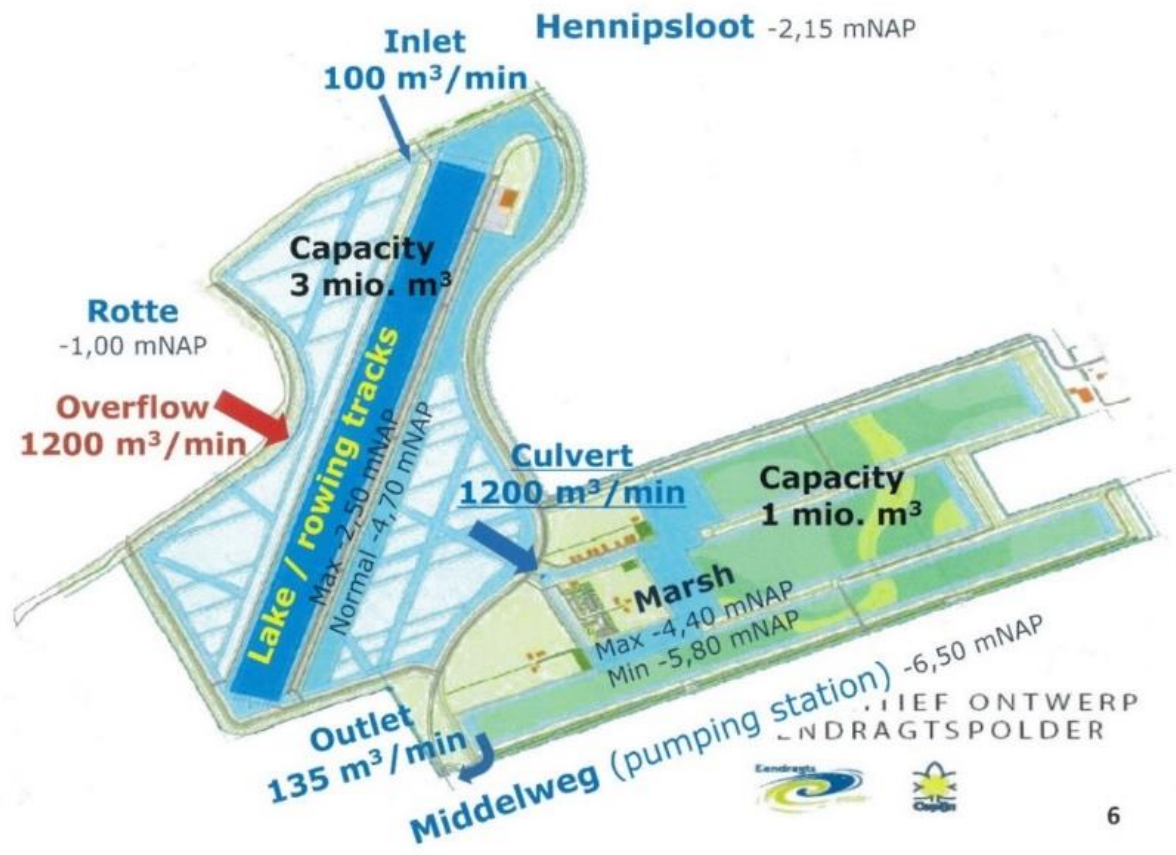


圖 3 Eendragtspolder 滯洪設施平面布置圖



照片 5 滯洪設施現場解說交流

## 五、拜會水土事務局(Water en Bodem, WB)

### (一)、單位介紹

水土事務局為荷蘭基礎與水資源管理部 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)轄下組織，負責荷蘭水利政策、氣候變遷調適策略等規劃、制定單位。轄下管理單位分別負責：防洪管理、氣候調適及治理(flood risk management, climate adaptation and Governance)；水質、土壤及海洋事務(water quality, subsoil and marine)；國際事務(water environment and climate adaptation and water international)。

水土事務局與其他單位、機構合作，透過合理利用海洋資源及空間規劃、永續及安全利用水土資源以減緩洪/旱災之發生，並可提供荷蘭充足、安全之用水環境。同時，將國際間氣候變遷調適議題轉化為荷蘭境內可執行政策，且提供執行方向與內容。

水土事務局主要任務為：

#### 1.制定水政策及水安全政策 water policy and water safety

- (1).長期洪水風險管理和海岸政策：側重於長期問題，亦包括當海平面急速上升時可能發生之問題
- (2).知識、工具及計畫：以評估和設計防禦措施、知識開發和傳播應用程序以及評估程序
- (3).河流：負責擬定荷蘭國內整體河川管理計畫，並制定具體政策及知識計畫，並負責統籌管理 HWBP 項目及委由 RWS 執行之相關事務。
- (4).數據及資訊安全

#### 2.氣候變遷政策 climate adaptation

- (1). 氣候調適政策：氣候適應是荷蘭許多政府和部門的一項廣



泛任務。目標和方向訂定於三角洲國土調適計劃(Delta Program Spatial Adaptation, DPRA)和國家調適策略(National Adaptation Strategy, NAS)內。

(2). 國土規劃及管理：重點關注水務主管部門的行政組織、法律文書，包括《水法》和《水務委員會法》，以及將水納入《環境法》和和國家環境願景。

3.擬訂個別區域之水計畫 water projects in specific areas

4.水土政策：包含水質水量、土壤管理及永續利用等政策。

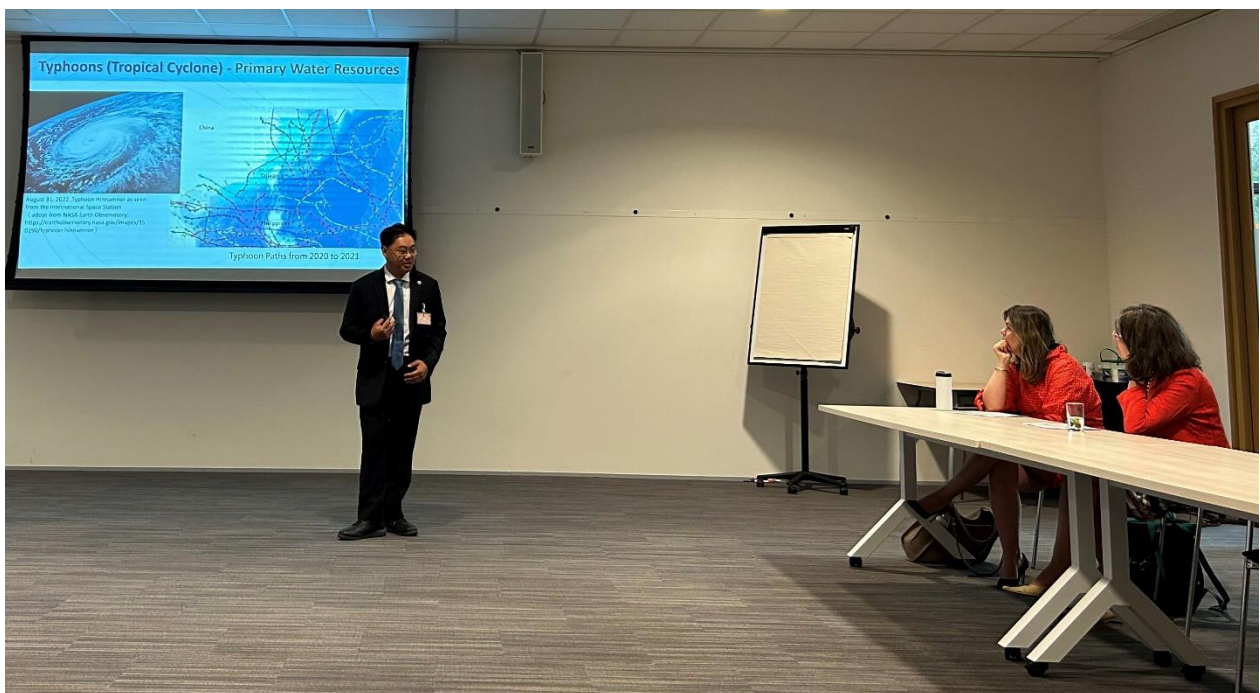
## (二)、交流紀要

賴署長率員與國際事務副主任 Odilia Knap 進行會談，首先由雙方開場致詞，並由童正安正工程司簡報介紹台灣基本水環境與現行 NBS 與減碳作為，交流討論內容摘錄如下：

- (1) 荷方對於 NBS 計畫均希望盡可能將相關利害關係人納入。
- (2) 爭取提高水議題在聯合國的重視程度，將水議題提到如 COP 會議議程中討論，並強調水在經濟發展中的角色。
- (3) 洪災歷史讓荷蘭人民體會到面對洪災與旱災的威脅時，需要從國際到中央到地方各個層級的合作才能解決，並透過公開討論納入各方意見以找尋解答。
- (4) 政治干擾及財政預算是影響計畫執行的主因，故政策以制定中長程的水利計畫為主，以確保每年預算來源。雖然其中有部分項目會配合政治需求加速進行，但大方向仍依水利專業而定。
- (5) 荷蘭的水利計畫均有 Water board 廣泛參與，並負責地區的溝通與執行。水利設施維護經費約占年度中央政府總預算的 1%。
- (6) 在荷蘭人民理解 60%以上國土低於海平面以及工程保護的極限，並沒有因為發生水災而有提告要求國賠的案例。



照片 6 賴建信署長致贈「玉見臺灣」紀念品與水土事務局，左為 Odilia Knap 國際事務副主任



照片 7 簡報說明臺灣水環境及水利計畫案例

## 六、拜會企業署(Rijksdienst voor Ondernemend, RVO)

### (一)、單位介紹

企業署(RVO)隸屬於荷蘭經濟事務和氣候政策部(Ministry of Economic Affairs and Climate Policy)，是2014年通過合併三個組織成立：Agentschap NL、Dienst Regelingen 和 Octrooicentrum Nederland。目前由 Abdeluheh Choho 的總經理領導，RVO 作為政府、企業和研究機構之間的橋樑，致力於為荷蘭創造充滿活力和創新的商業環境，同時應對社會挑戰並促進永續發展。RVO 在促進創業、永續發展與創新的政府政策與執行等有至關重要的作用。

RVO 提供各種服務，包括建議、融資、捐款和監管支持。其工作包含包括補貼和捐款的管理和分配、國際業務拓展與提供支持、促進企業與研究機構間合作、協助各部分的永續實踐、提供政策制定資訊與監測計畫影響。RVO 與區域、地方當局、各行業組織與研究機構等利害關係者密切合作，以營造良好的商業環境並促進經濟增長。RVO 重點關注領域包括能源轉型、永續農業、國際商務、循環經濟和創新。

RVO 目前約有 6,000 人，執行 8 大部會經費，為各部會政策重要執行單位，亦為荷蘭政府參與歐盟補助計畫 Horizon Europe 相關計畫主責機關。

### (二)、交流紀要

本次拜會由國際水計畫首席 Dennis van Peppen 接待，其曾任荷蘭政府國際水事事務副特使，熟稔各項水事務。經交流了解荷蘭企業署(RVO)在推動國際合作(印尼、越南)水利改善業務的角色，及參與歐盟相關計畫的經驗。交流討論內容摘錄如下：

(1) 就枯旱課題交換經驗，荷方對於台灣在這幾年的抗旱經驗及如

何移轉農業水權給工商民生使用而不引起強烈抗爭也有高度興趣。

- (2) 對於本署「防止外傘頂洲沙灘流失整體防護計畫」與 sand motor 養灘保護海岸的方式頗有同感，該整體防護計畫係透過於外傘頂洲南端佈置突堤及排樁減阻海岸漂砂流失，改善外傘頂洲持續侵蝕流失及退縮陸化之現象，減緩對外傘頂洲東側牡蠣養殖區之影響。
- (3) 希望對施工廠商提出減碳的作法提供更多投標的誘因，以協助機關達成工程減碳作為。
- (4) 在地社區是推動水利計畫的重要夥伴，未來預定在亞洲培訓受信任的國際在地專家來促進溝通。



照片 8 荷蘭企業署致贈紀念品(Dennis van Peppen(左))



## 七、水利署國際顧問會議

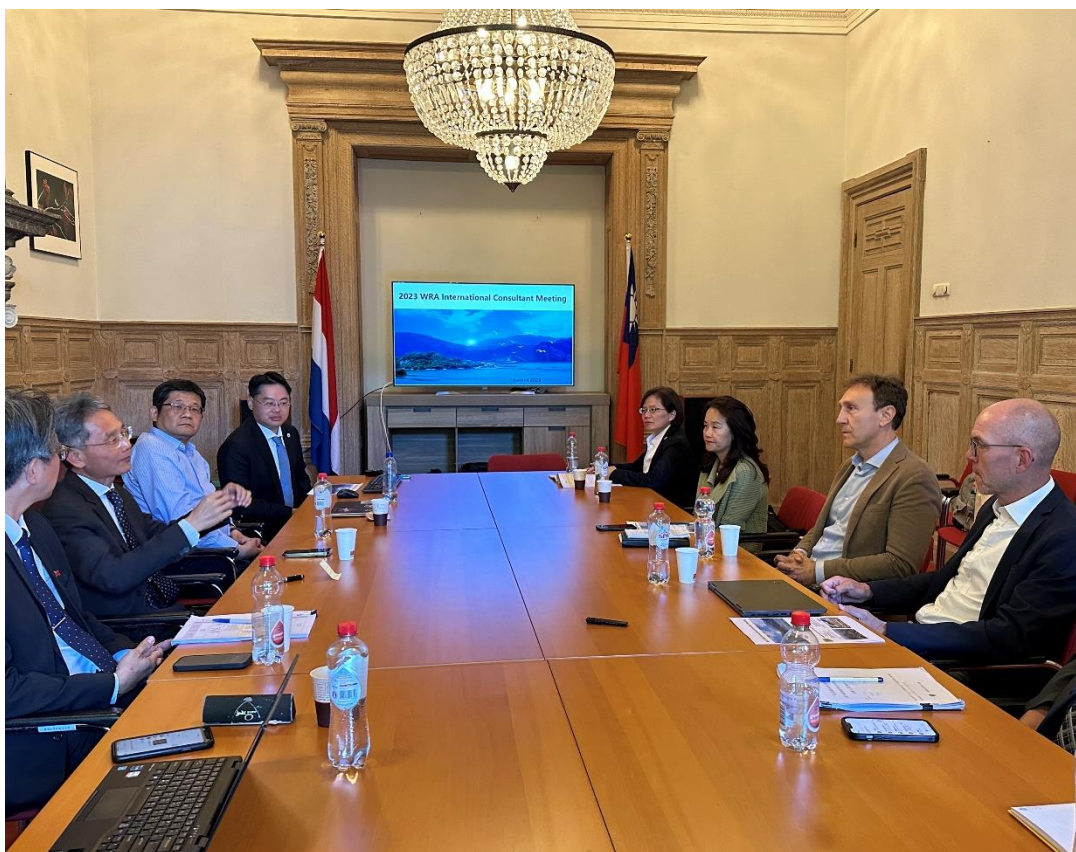
6月14日下午3點在駐荷蘭台北代表處召開水利署國際顧問會議，會議流程先以簡報說明本署未來水資源及承洪韌性的目標及策略，並邀請德國顧問 Prof. Peter Fröhle 及荷蘭顧問 Prof. Zoran Vojinovic 提出建言及反饋，意見摘述如下：

Peter Fröhle：

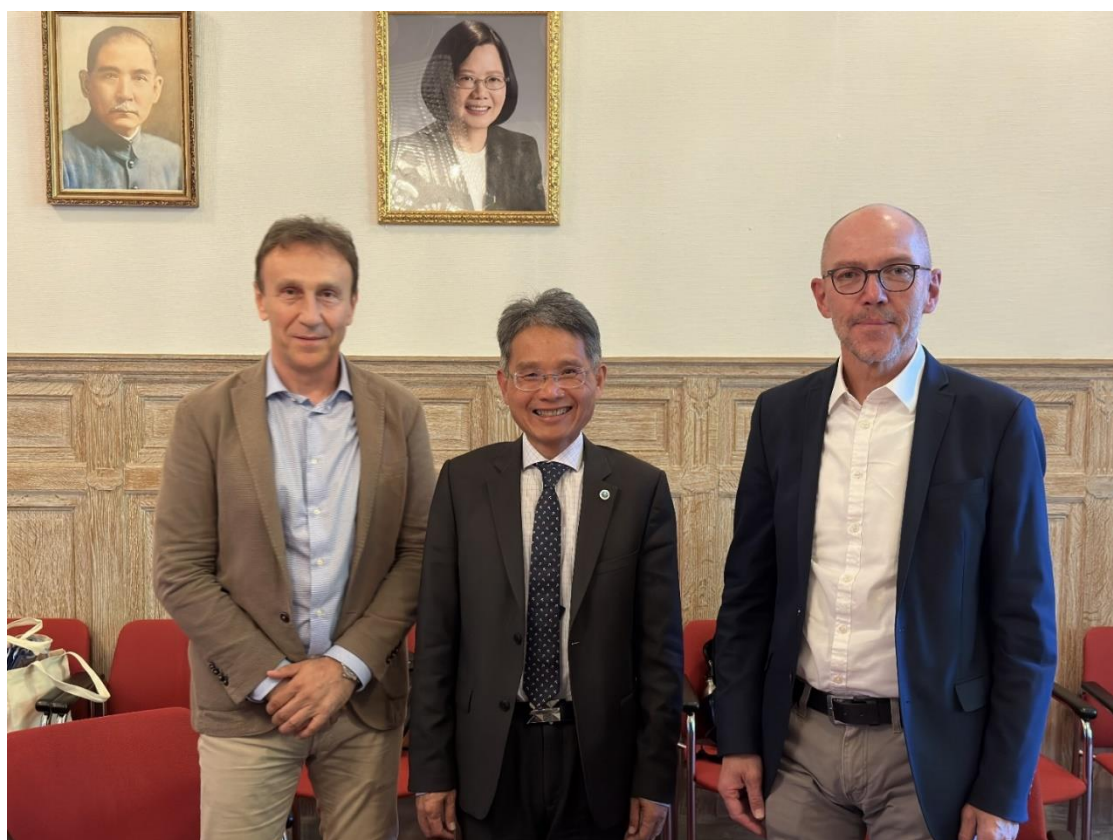
- 1.採用非對稱治理，對財產價值較高地區而給予較高保護標準，須注意對社會大眾的觀感，避免產生對城市或富人特別保護的貧富差距心理。
- 2.須明確讓開發者清楚了解出流管制的流量基準為何。
- 3.利用地下停車場做為滯洪空間，須注意確保滯洪期間車輛是清空的，不會造成民眾財產損失。

Zoran Vojinovic：

- 1.未來的水利設施更須考量如何結合防洪與抗旱的目的，像是從滯洪的目的轉向蓄洪，運用 NBS 概念，同時考量多功能用途、促進生態多樣性及維持生態系統品質。
- 2.氣候變遷的情境仍有不確定性，直接以最悲觀的情境設計水利系統，則財政將難以負擔。建議採用調適性設計(adaptive design)的方式，預留未來可以逐步擴充調整的作法，隨最新情境變化結果據以滾動檢討調整。
- 3.也要思考當超過設計標準的洪災情境發生時，要如何讓溢流的洪水保持在可控制的範圍內。
- 4.建議更加善用監測的水利資料大數據，建立數位對映(digital twin)以提前預測課題、提早擬定對策，提升決策品質。



照片 9 賴建信署長主持國際顧問會議



照片 10 署長與國際顧問合影(Zoran(左)，Peter(右))

## 八、參訪三角洲研究所(Deltares)

三角洲研究所(Deltares)為獨立非營利性的水利、基礎設施和地下水應用研究和專業諮詢機構，亦為 Sobek 及 D-Flow 模式開發單位，與荷蘭政府、水務當局、省級當局、商業公司、大學、研究機構、非政府組織及其他國際合作夥伴提供服務，以達到保護三角洲、沿海與河流區域之安全性。尤其擅長與防洪、都市韌性、地層下陷與氣候條適等低衝擊開發措施之研究。

Deltares 下設 iD-Lab 用於研發快速、即時洞察的機器學習，通過 iD-Lab，為水世界的政策制定者和決策者提供了即時和未來十天識別洪水和乾旱風險的選擇。為此，Deltares 擁有可供使用的數據源和可視化功能。這些見解有助於水務部門、政府、保險公司和物流行業的公司做出重要決策和行動，以減少或防止極端天氣事件的影響。

由於來自衛星、各種傳感器（例如飛機上的傳感器）和手機的數據的大量擴展，iD-Lab 可以處理的數據量不斷增加。iD-Lab 的研究人員可以將可用數據與機器學習等科學技術相結合，更能夠計算和理解複雜的物理過程。

機器學習可以應用的案例是有關港口航道疏浚時機的問題。觀測及模擬懸浮在水中的淤泥沉降到底部的情形，以決定進行航道疏浚的時機。目前的物理模式尚無法完全掌握所有物理過程，因此收集數據透過機器學習來模擬這些過程，可以更快提供港口經營者決策依據。

本次參訪了解 Deltares 在水利數值模式的最新發展，以及應用機器學習增進水利技術及決策的發展方向及進度，收集荷蘭在應對氣候變遷所造成洪旱與海平面上升的調適作為，並參訪大型水工模型試驗室。

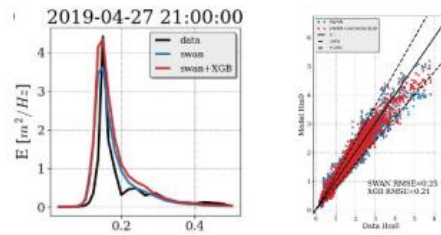


**Detecting wave run-up in the Delta Flume**



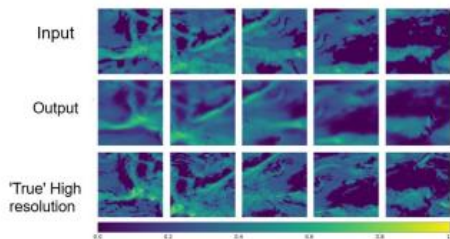
[Joost.denBieman@deltares.nl](mailto:Joost.denBieman@deltares.nl)  
[Menno.deRidder@deltares.nl](mailto:Menno.deRidder@deltares.nl)

**Improving wave forecasts and predict errors in SWAN wave models**



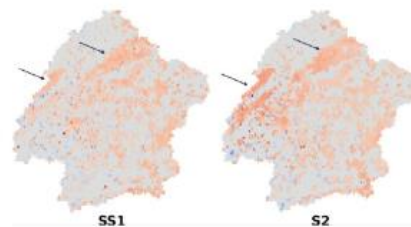
[Joost.denBieman@deltares.nl](mailto:Joost.denBieman@deltares.nl)  
[Menno.deRidder@deltares.nl](mailto:Menno.deRidder@deltares.nl)

**Super-resolution neural networks: A strategy to downscale model output data**



[Avelon.Gerritsma@deltares.nl](mailto:Avelon.Gerritsma@deltares.nl)  
[Albrecht.Weerts@deltares.nl](mailto:Albrecht.Weerts@deltares.nl)

**State updating of wflow\_sbm for streamflow forecasting using deep learning**



[Albrecht.Weerts@deltares.nl](mailto:Albrecht.Weerts@deltares.nl)

圖 4 透過機器學習的影像辨識技術在水利實驗上的應用



照片 11 亞洲區經理 Tjitte Nauta (右)介紹 Deltares 歷史照片

## 九、參訪荷蘭皇家造船廠(Royal IHC)

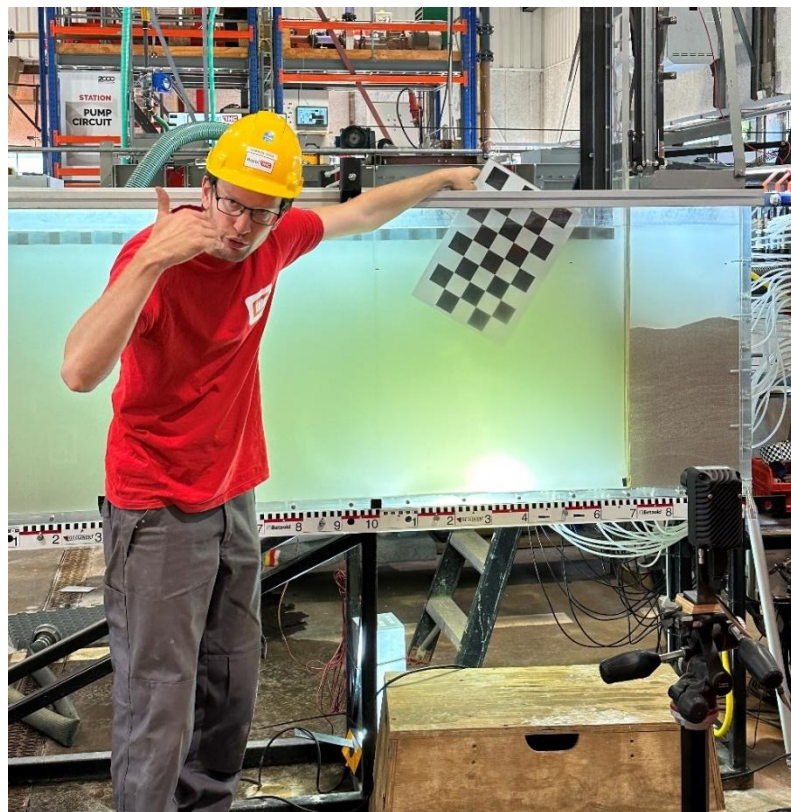
荷蘭皇家造船廠(Royal IHC)公司建造了 1,300 多艘挖泥船，為全世界疏濬挖泥與採礦船隻與設備開發的佼佼者。關於水庫疏浚，IHC 不僅處理淤泥沉澱問題，還包括衍生之周邊議題，例如提供如何挖泥、使用設備、淤泥處理再利用等專業知識，提供最具成本效益的水庫清淤整體解決方案。

2021 年 9 月曾藉由荷蘭在台辦事處安排，與水利署進行「水庫清淤線上技術交流說明會」，由 IHC 介紹其水庫清淤技術，並由署內同仁針對「台灣目前水庫清淤現況」、「未來清淤規劃」、「清淤相關需求(含電力動力等)」、「目前清淤工具可做到甚麼」等議題做簡要說明。

本次參訪了解該公司抽砂船的規格與操作的設備知識，並參訪抽砂設備的研發與試驗室。該公司目前生產製造的 Beagle 號抽砂船泥艙容量(Hopper capacity)依型號不同可達 4000-12000 立方公尺，最大浚深深度(dredging depth)可達 25-36 公尺。



照片 12 參訪荷蘭皇家造船廠(地區業務主任 Bas Kockmann (左)，荷蘭在台辦事處副處長陳香吟(右))



照片 13 透過水槽模擬水下淤泥流動

## 十、考察倍恩特姆水廣場(Waterplein Benthemplein)

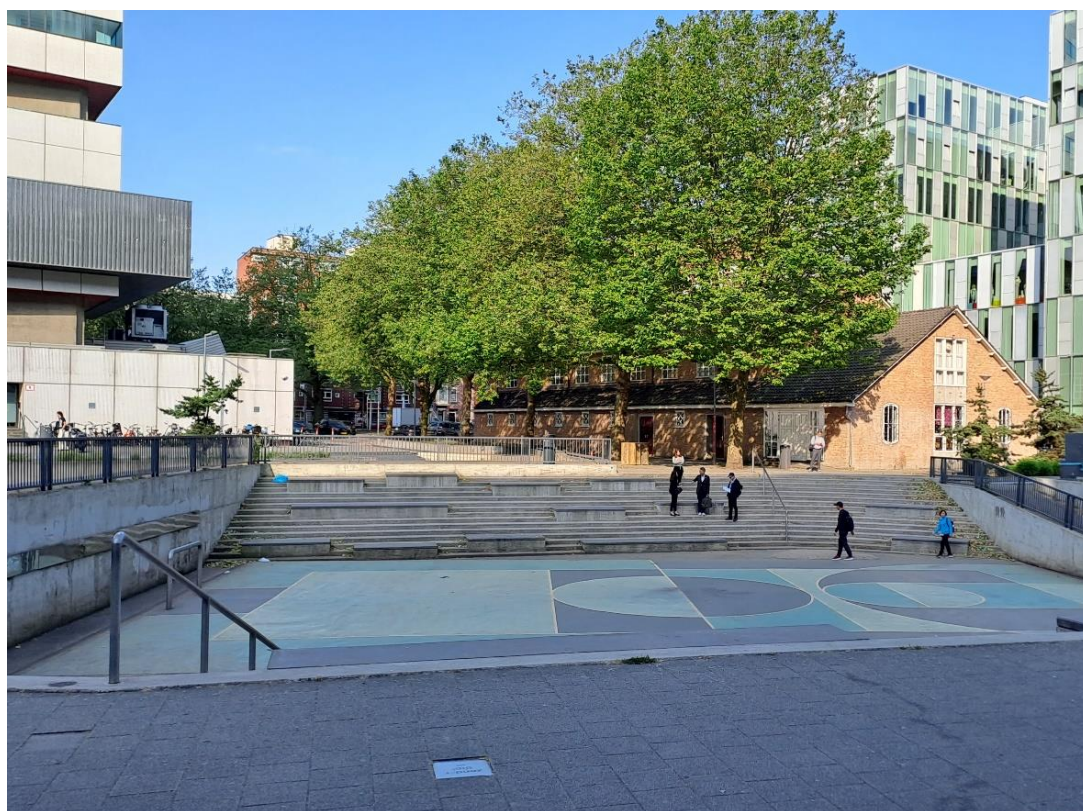
倍恩特姆水廣場是著名的觀光旅遊勝地，位於鹿特丹火車站後方，平時是打籃球和溜滑板的遊憩場，雨天就成為都市的滯洪池。是一個同時解決雨水貯留、提升都市環境品質、增加遊憩空間的都市設計經典作品，獲得 2013 年荷蘭國家水資源創意獎及 2014 年國際綠色科技特別獎

該廣場設有 3 個不同深度的混凝土低地區域，用於平時的各種休閒活動。但是在暴雨時期因為水廣場附近的建築物設置屋頂雨水蒐集系統，經由不銹鋼的溝渠導入廣場中，這些低地區域將被暫時淹沒，用以減輕鹿特丹的污水處理系統的負擔，形成正方形中央的 3 個小湖，總量可達 1,700 立方米，設計標準為 50mm/24 小時。

水位標示於該低地區域中塗上不同顏色的藍色底色，好讓民眾能預期水位大概會淹到哪裡，是智慧型的警示方式。深水池的水量最多貯留 36 小時，之後回流到城市的開放下水道系統，而不流入混合的污水系統，讓該城市的運河系統排放出足夠的容量後再允許流向最近的開闊水域，儲存的水慢慢消失並再次為各種使用者騰出空間。此外，這種蓄水防洪的概念還可以防止未淨化的水直接流入河道，從而提高了城市環境中開放水的水質。

本次荷方解說人員也提到在鹿特丹市政府就有約 50 人的景觀設計部門參與都市建設，水廣場的規劃是經過與水專家及當地住戶、學生及企業研商達成共識後執行。且因為荷蘭近年發生的乾旱情形，貯留的雨水未來將改成進入地下而非下水道系統。





照片 14 降挖廣場作為休憩活動及雨水貯留用途



照片 15 屋頂雨水蒐集系統經由不銹鋼明溝導入廣場貯留



## 肆、心得及建議

### 一、心得

#### (一)、枯旱危機影響農業及航運

過去荷蘭治水著重於防止暴潮及水患課題，惟近五來已遭遇四次枯旱危機(2018、2019、2020 及 2022 年)，影響農業及航運，引起荷蘭政府對抗旱的重視。

#### (二)、取水蓄存的挑戰

過去荷蘭運用水車快速將低窪地區蓄水排出，惟近年思考如何反向於河道取水蓄存，透過雨水貯留補充地下水，與過去截然不同，也是莫大挑戰。

#### (三)、農牧業減碳挑戰大

農牧業為荷蘭的重要經濟來源，但農牧業為高碳排產業，而從業人員反對減碳，提高達成淨零的困難度。

#### (四)、外語學習鼓勵溝通協作

荷蘭學生自中學起英語、德語、法語等均列為必修課程，鼓勵與他人溝通協作，養成相互理解、合作互利的文化。

#### (五)、擅長溝通協商尋求共識

荷蘭國土近 2/3 以上土地位於平均海平面以下，且為歐洲第二大農業國家，針對土地開墾及水源的需求，通常都需經溝通協調才能達成共識。其中溝通過程，似乎是民眾自小教育就開始，因此荷蘭民眾擅長於溝通，因此較能達成共識。(可從荷蘭早期畫作中通常呈現聚餐歡樂及今日餐廳現況就可證明)。在方案規劃時，會邀集各領域的人員及相關利害人員費時數年進行溝通研商，形成共識後，執行就會很順利。

#### (六)、表達願景為主的敘事方式

荷蘭工程師對事物的說明或簡介，通常會以願景式方式來說明，比較類似建築師或景觀工程師的敘事方式，與國內工程師嚴謹重邏輯性，且須引經據典的表達方式，有所不同。

#### (七)、海岸防護是國土安全層次的問題

荷蘭每年都需要辦理補充海灘工作，因此每年需自海底抽沙 1,000 萬立方公尺以上，如此短期間大量抽沙，似乎民眾對生態並未多著墨。茲因海底抽砂維持海岸線係國土安全層次的問題，沒有海岸的防護則國土將嚴重流失，影響人民生計相當大。

## 二、建議

### (一)、尋求與荷蘭企業署進一步交流合作

企業署(RVO)的國際合作(含歐盟計畫的參與)是未來可進一步合作的對象，爰邀請 RVO 的 Dennis 於十月份來台參與台灣國際水論壇，未來可規劃簽訂合作協議及參與歐盟 Horizon Europe 相關計畫。

### (二)、加速自然為本解方(NBS)在工程上應用

自然為本解方(NBS)是目前工程界配合淨零碳排的重要途徑，荷蘭在推動各項水議題時，也多以 NBS 思維來解決諸如海岸侵蝕、防洪防旱的課題，降低各項建設對環境衝擊。本署參訪後已提議在中國土木水利學會成立 NBS 小組，以加速 NBS 在工程上應用。

### (三)、引進大型施工機具提升養灘及水庫清淤效益

荷蘭著名的沙引擎(Sand Motor)養灘計畫作法與台灣目前於西南沿海養灘方式相近，台灣若能引進更先進大型施工機具，可促進養灘及水庫清淤效益。

### (四)、物聯網及大數據收集做為未來 AI 應用的基礎

不論是 Living Lab Scheveningen 智慧城市、Deltares 在應用機器學習及國際顧問的建議，都顯示大數據收集的重要性，建議可加強各項資料物聯網即時監測與資料收集，並強化 AI 應用。

### (五)、廣邀在地民眾共同參與水計畫

荷蘭在推動各項建設，都是邀集各利害關係人，充分溝通並取得共識後，由下而上的擬定推動策略，建議未來本署在推動各項水計畫時，可納入邀請在地民眾共同參與，充分溝通有助於協力推動。

## 伍、參考資料

1.B. Huisman et al (2021), 10-years evaluation of the Sand Motor

2.Deltares iD-Lab 介紹網頁:

<https://www.deltares.nl/en/research-facilities/data-facilities/id-lab-machine-learning-for-fast-real-time-insights>

3.Living Lab Scheveningen 介紹網頁:

<https://smartcity.denhaag.nl/living-lab-scheveningen/>

4. Sand motor 計畫網頁：<https://dezandmotor.nl/>