

(六) DZH 南荷蘭沙丘供水公司

- ☞ 研習時間：2008 年 11 月 6 日
- ☞ 研習地點：Wassenaar Dunes
- ☞ 接待人員：無(自行參訪該公司沙丘外圍並詢問場區人員)
- ☞ 研習內容：

1.簡介

DZH 供水公司全名 Duinwaterbedrijf Zuid-Holland，從 DZH 供水公司全名可以瞭解它是一家以沙丘水(Duin water)為水源的飲用水生產公司。該公司位於南荷蘭 Wassenaar 鎮(相片 2.3.6-1)，負責供應南荷蘭海牙市等地區公共給水(圖 2.3.6-1)。



相片 2.3.6-1 DZH 供水公司的標語及總部辦公室

DZH 所管理的沙丘座落在海牙市 Scheveningen 海岸北側，沿著北海海岸推展，長度約 6 公里，寬度約 3 公里，總積約 2,000 公頃(圖 2.3.6-2)。DZH 水公司主要的工作是供應安全可靠的飲用水，該公司簽署負責穩定供應南荷蘭西側 53 萬戶約 120 萬居民之每日用水需求。

Duinwater Natuurlijk Goed (dune water is natural and good)是 DZH 公司的標語，說明該公司的水來自沙丘，水質天然且優良。



圖 2.3.6-1 DZH 供水公司之供水範圍

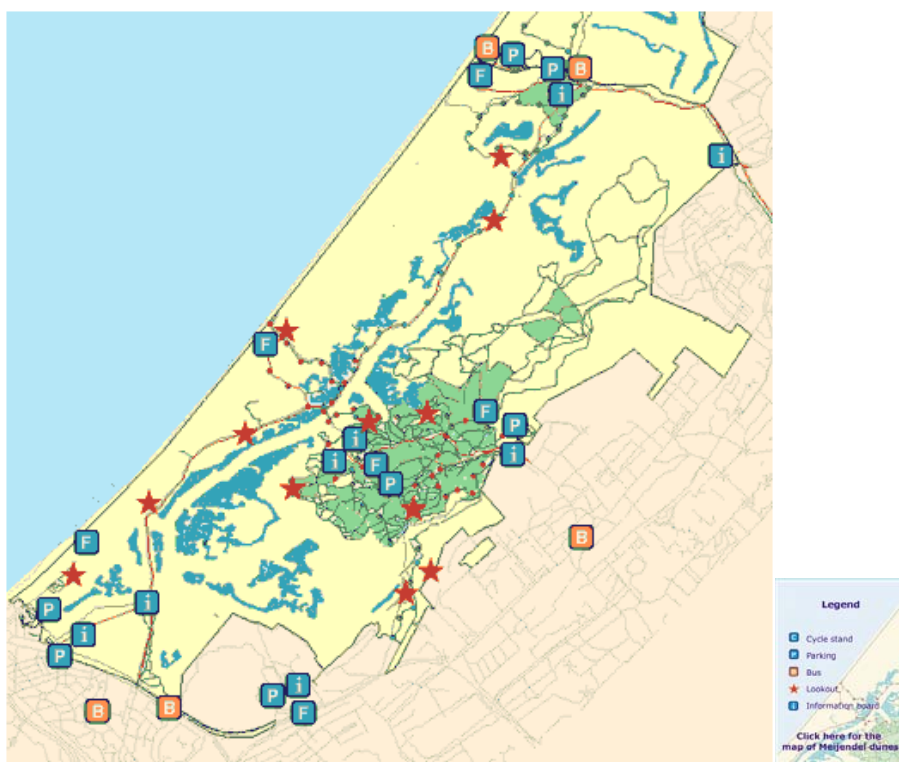


圖 2.3.6-2 DZH 供水公司沙丘平面位置圖(海牙 - Wassenaar)

除供應用水之功能外，公司同時也是沙丘的管理員，管理各大、小沙丘，因為沙丘除了淨水、貯水之外，沙丘最重要的功能是保護自然、收集飲用水、海防和休閒活動，也提供自然環境供野生動植物棲息地及居民休閒的場所。因此保護沙丘不被污染破壞，是 DZH 除供水之外重要的工作。

2.實地參訪

Meijendel 沙丘(相片 2.3.6-2)是荷蘭沿海地區最重要的沙丘之一，主要組成是開放式的沙丘與草叢景觀。較大的沙丘山谷還可提供林木生長用地，如 Meijendel、Bierlap 和 Kijfhoek 等山谷。每年有超過 100 萬人次到該地區遊憩。



相片 2.3.6-2 Meijendel 是荷蘭沿海地區最重要的沙丘之一

DZH 公司從 1874 年開始在海牙地區收集沙丘地區的地下水源作為飲用水，初期成效良好，惟長期且超量的抽用地下水，到了 1900 年，沙丘山谷開始有土壤乾涸情況產生，沙丘地區的動、植物群大量死亡。因此在 1955 年時，DZH 公司為確保沙丘地區之生態並確保飲用水的供應量，開始引地面水補注沙丘的地下水。該水源涵養及水質淨化的方式對環境的衝擊仍有，然而此舉卻保護了該區域免受開發；現況沙丘已呈現良好的自然野地狀態，動、植物

生態豐富，目前沙丘已部分開放，惟只開放一般民眾運動、散步及騎馬等非污染性活動。



相片 2.3.6-3DZH 供水公司位於 Scheveningen 之 pumping station



相片 2.3.6-4 沙丘外圍開放一般民眾運動、散步及騎馬等非污染性活動

除供應安全穩定的飲用水之外，DZH 在民眾的教育宣導上同樣花費了相當的心思，教授民眾省水的技巧，所教授的技巧為在生活上盡量做到節水，如洗澡用淋浴平均 49 公升而用浴缸盆浴卻需使用 100 公升水、利用晚上進行庭院灑水澆花而不在白天以防止水的蒸發、…等，目前該地區民眾每人每日用水量保持在 127 公升以內(註：氣候、高水價及生活方式仍為民眾節約用水之主要決定因素)。



相片 2.3.6-5 DZH 供水沙丘之資訊看板



相片 2.3.6-6 依次爲 DZH 供水公司位於 Scheveningen、Katwijk 及 Monster 之 pumping station

(七) 三角洲計畫(The Delta Works)

- ☞ 研習時間：2008 年 11 月 7 日
- ☞ 研習地點：Keringshuis information centre 及 Maeslantkering (馬仕朗阻浪閘)
- ☞ 接待人員：導覽員
- ☞ 研習內容：

1.簡介

荷蘭除受海的威脅外，境內低平的土地同時也受到水患的威脅，因此除海堤之外，河堤亦沿著河岸往上游建造，必須要夠堅固方能抵抗極高的水位，堤防後的低窪地，有時甚至低於河川水平面 4~6 公尺。由於有 60%的荷蘭人生活在海平面下，憑藉著三角洲工程的保護，他們不但在水患的威脅下安居樂業，同時致力發展經濟而成爲世界上的經濟強國。

荷蘭有廣大的土地低於海平面，因此水患改善爲施政之重要課題。三角洲計畫爲荷蘭之重要施政計畫，其於萊茵河設置三道防潮閘，並提高兩岸堤防之高度，以防堵水患，爲國際知名之水患防治計畫之一。

早自 1916 年起就有人開始研究荷蘭西南地區的「海防安全」，並逐步提出改善的建議。惟因工程浩大艱鉅，一直停留在坐而議的階段。1953 年荷蘭發生了一場歷史上特大的水患，洪水沖毀堤壩、大量海水灌入荷蘭的西南部低窪地區約 20 萬公頃土地，造成 1,800 多人死亡、數萬人流離失所，經濟損失相當慘重。

洪水退去以後，大片的土地已不適宜耕作。該場洪水加速了荷蘭人整建三角洲的水道與堤的決心，痛定思痛之後，國會在 1958 年通過「三角洲計畫」，決定興建 10 座水壩(圖 2.3.7-1)來徹底解決水患；該工程位於荷蘭西南部萊茵河、馬仕河及斯凱爾特河(Scheldt)等 3 條河的匯流入海處，共計 6 條出海水道。三角洲計畫決定把其中 4 條水道中設置閘口、築堤管制，只留「新水道 (New Waterway)」及斯凱爾特河，以供船隻通達鹿特丹及比利時的安特衛普。主要工程項目包括哈林夫雷特堤(Harlingvliet Dam)、布洛瓦堤(The Brouwers Dam)及馬仕朗阻浪閘(Maeslantkering)等。



圖 2.3.7-1 三角洲計畫工程配置圖

三角洲計畫大大小小堤防工程從 1958 年起依序施工，歷時 32 年才完成。荷蘭人運用了其在水利建設方面所發展的技術及所累積的經驗，完成了浩大的三角洲計畫所有堤壩，圍住了萊茵河與馬仕河等容易氾濫成災的北海入海口，將原來 700 多公里的海岸線，縮短成爲 25 公里，大大減少了遭受北海侵襲的機會。不但使荷蘭西南部地區擺脫水患困擾，同時保障了鹿特丹及安特衛普的航運交通，促進了該地區及至全荷蘭的經濟發展。

(1) 哈林夫雷特壩(Harlingvliet Dam)

此壩之建造共計耗時 14 年，於 1971 年完成。長度 4.5 公里，連接 Goeree-Overflakkee 與 Voorne Putte 兩地。壩型爲開放型，其中有一公里長之堤段是水閘，利用 17 個孔道調節注入北海的新水道，其主要功能在防洪及維持萊茵河及馬仕河能順利注入北海。當水位接近鹿特丹的警戒水位時，特設的閘門會打開，以排泄多餘的洪流進入海中。除排洪閘道外，另設有一開關橋，可供船舶通過。爲保護野生動物的群居習性，堤內有多處設

有橋洞，魚蝦可經橋洞自由出入內外海。

由於萊茵河及馬仕河等所帶來的水量有 60%由哈林夫雷特水道排出。這裡的水閘所管控的水量會間接影響其他出水口如新水道及艾瑟爾湖的水量。

每個閘門有二扇門，一扇向河，一扇面海。向河的門高 10.5 公尺，寬 60 公尺，閘門突出正常水面 5 公尺。「門」的邊緣有刮刀，平時隱在水泥柱間；冬天若水結冰或水流帶來大塊冰時，可用以破冰。每個閘門各有加熱系統，冬天可以防凍。門的開關用油壓控制，速度每秒 1 公分，它全開或關需要 20 分鐘。

(2) 布洛瓦壩(The Brouwers Dam)

布瓦堤堤長 6.5 公里，於 1971 年完成。係以中間的沙洲為界分南北兩段進行。北段採用箱涵沈積的方式，將預鑄的箱涵以船運就定位，然後穩入海床。這是前面介紹的哈林夫雷特堤所用的技術。南段則採用纜車施放水泥塊的方式，沿線逐步填滿。為建南段之堤壩，共用了六百萬噸的水泥塊。為維持南北同時完工，以免產生海潮的影響，其每小時投入之水泥塊，以每天十二工作小時計，每小時需以吊籃運送七百噸的水泥塊。因此，這個纜車的運送量至少要設計成每小時一千二百噸的能量才行。這些石塊投入海中，激起的浪花，就像投入一顆炸彈爆炸後所產生的水花一樣，相當壯觀。這個新技術後來也應用到其他的建堤作業。

這條堤完工後將葛維林漢湖(Grevelingen lake)與北海分開，使其成為荷蘭之內海。藉著此河堤上之公路，可連接 Goeree-Overflakkee 與 Schouwen-Duiveland 兩地，成為一段完整的邊防。當初選擇此處建堤，主要是因為這裡附近有天然的沙洲，以此為基礎，其工程經費可以減少三成。當然不管如何，在海中建堤經費仍然相當龐大。而建堤的工程技術更是一大挑戰，也是人類史上一大成就。

這座半開放式的長堤當中有 62 座閘門。這 62 座閘門構成大小障(Storm Surge Barrier)的主體，支持這 62 道閘門的大墩(Piers)高度 30-40 公尺不等，乾重可達 1 萬 8 千公噸，由混凝土預鑄而成。每座堤墩各置二個「冠狀體」(Capping Units)，用以增加堤墩的高度，同時也為了水門結構的需要。「加冠」了的堤墩看來像是一艘艘的戰艦，在河海之間一字排開，屹立在洶湧大浪裡，正是一座海上長城。每座堤墩下各有一座「門檻」，也是用混凝土製成，高 8 公尺，寬 8 公尺，圓周長 39 公尺，水門的高度 5.9-11.9 公尺不等，

最大的門重 480 公噸，置於最深的水道上。水門移動速度每秒 3 公分，完全關閉或開放需時 1 小時。自落成以來，該阻浪閘大約每年關閉一次。

多達 62 道的水閘的啓閉控管要借重電腦系統。在離大小障不遠處，有座混凝土建築叫頂屋(Topshuis)，控制系統即於此。其下有「三角洲博覽場」(Delta Expo)陳列各項有關三角洲計畫的工程技術、生態狀況，興建過程，是水利工程極佳教材。

(3) OosterSchelde 壩

OosterSchelde 壩於 1986 年完工。OosterSchelde 因為潮汐海流的影響全為鹹水，水質清澈，冬不結冰，蘊育了北國地區少見的豐富而獨特的生態系。OosterSchelde 壩原計畫興建完全封閉式的大堤防，關閉 7 公里寬的 OosterSchelde 海灣並創造淡水水域，惟生態人士認為在該處建封閉堤將影響該地區的生態系。

為保護該地區海生動、植物不受工程影響而消失，該計畫改採用非完全封閉式大壩的設計方案。把全長 3 段中的中間一段，改成活動式的鋼板堤防，利用閘門之自動開啓控制海水的進出，並控制惡劣天氣時之海水倒灌問題，並保存魚塢和濕地。此工程共修建了 65 個高 30~40 公尺、重達 18,000 噸的墩座，安裝了 62 個巨型活動鋼板閘門。

這些水閘鋼板平常是拉起的來讓潮流暢通，當海浪超過 NAP+3 公尺時，所有的水閘就以每秒 3 公分的速度關閉，阻隔水患，這就是今日聞名世界的暴風浪屏障，雖然花了原本好幾倍的金錢和時間，但荷蘭人卻在保護生態及民眾生命安全的兩難中找到平衡點，在建造三角洲工程的漫長過程中，荷蘭人也配合世界環保之趨勢陸續建立永續發展的概念。

(4) 馬仕朗阻浪閘(Maeslant barrier)

鹿特丹新水道(New Waterway)往來的船隻是荷蘭的經濟動脈，因此，如何在防堵北海大潮的威脅的同時，又可不阻斷船隻通行(相片 2.3.7-1)及生態廊道，是一大挑戰。



相片 2.3.7-1 新水道為航運通達鹿特丹的唯一通道，必須保持其通暢

為解決鹿特丹新水道上的海水倒灌問題，以保障日常船隻通行並保護該地區海生動、植物生態，該堤壩必需設計成活動式，又由於來自北海大潮的重現週期為 5~10 年，因此該活動式堤壩不必經常開開關關。對此要求，本堤壩之設計成為一大挑戰。荷蘭政府於 1987 開始徵求設計，希望新的設計可以符合上述基本要求；計有 6 家工程公司參加評比，經過嚴謹審慎的評估，在 6 個競比案中，最後決定採納的就是採用大門開關的方式；大型鋼門關閉後，可以阻擋來自北海的大潮，不需擋潮水的時候，該 2 扇大閘門可以轉到岸邊的停放塢，既不影響船隻通行、不阻斷生態廊道，在維護上也較容易。

馬仕朗阻浪閘於 1991 年開始施工，至 1997 年完成(相片 2.3.7-2)。有別於傳統的型式，這個阻浪閘實際上是兩扇閘門，各置於水道之兩岸，閘門設計是以海口之兩端當作門軸。整個水道有 360 公尺寬，每扇門之桁架長 237 公尺，擋水閘門牆高 22 公尺(水道深度為 17 公尺)；整個長度比巴黎的艾菲爾鐵塔還高，總重為其 4 倍重。兩扇門全關，並沉入水底水泥基面後，可阻擋來自北海浪高超過 NAP+5 公尺的大潮；正常狀況下兩扇門全開，船隻可以自由進出。兩扇閘門存放在兩岸長 210 公尺之船塢中。



相片 2.3.7-2 馬仕朗阻浪閘有別於傳統的形式，實際上是兩扇閘門，各置於水道之兩岸，此兩扇門全開，船隻可以自由進出；兩扇門全關，可阻擋來自北海的大潮。相片中兩扇閘門正存放在兩岸長 210 公尺之船塢中。

當大海潮來臨，海水面升高超過 NAP+3 公尺以上時，阻浪閘閘門便由電腦啟動運作。此時洪水將淹過船塢，中空的鐵骨架開始浮起，然後由鍊條驅動進入河中。其經歷時間約為 1.5 小時，兩扇門不會在河中心接合，因為在設計時為避免在須關門之惡劣天候中發生碰撞，保留了約 1 公尺的縫隙。此時控制閥打開，讓水進入中空的內部，藉水之重量讓桁架及門板垂向浸入水中，並沈至底部的水泥基面。此時由於通水斷面逐漸減小，通過底部之水流將增強而將其水泥基面上之汙泥沖洗乾淨，使接合更為緊密。此時由於外海的水位比內河為高，對閘門會產生 35,000 噸的側壓力，這些壓力都要由兩側的軸承負擔。

由工程觀點而言，這個設計之成敗在於兩個軸承，因為所有的作用力都要轉嫁到這對軸承上。為使門扇能在各方向彈性調整，它採用球軸承設計。這個球軸承直徑 10 公尺，其重量約 680 公噸。

2.實地參訪

2008 年 11 月 7 日，我們在代表處的安排下參觀了荷蘭 DELTA 工程（三角洲工程）的馬仕朗阻浪閘。要到三角洲計畫，必須先到「荷蘭之鉤(Hoek van Holland)」；這是個突出於中部地區偏北的小鎮，有渡輪直達英國的 Harwick。透過車用 GPS，我們順利地找到荷蘭之鉤，也找到了位於阻浪閘邊的資訊中心 Keringhuis。

該展覽中心展出介紹荷蘭運輸、公共工程暨水利部及介紹說明馬仕朗阻浪閘的展覽，牆上並掛著當年競入圍者的設計圖並簡單說明每種設計的優缺點；顯然沒有任何一個設計是全無缺點或全無優點的，只是在權衡優劣得失之後，選出一個相對優點多、缺點少的設計。

付費聘請的導覽員先為我們播放了一段 1953 年發生大洪水與荷蘭人修建三角洲工程的資料紀錄片，其中也介紹了三角洲計畫的緣由及阻浪閘的施工過程。

然後利用衛星相片圖，帶領我們綜覽全三角洲相關的計畫及受到保障的地區(相片 2.3.7-4)。展覽中心還設置了一個馬仕朗阻浪閘的電動模型，逐步說明阻浪閘運作的方法(相片 2.3.7-5)。之後我們就進入阻浪閘的位址實地參觀，見證這座保護荷蘭人安全的龐然大物—兩扇巨大的阻浪閘門停臥於河的兩岸待命，利用大門的開開關關，歡迎船隻及生物自由往來，而將大海潮拒於門外。

截至目前為止該阻浪閘僅發生 2 次因防潮而關閉大門的事件，其中 1 次因海潮之後續發展未如預期繼續增大而隨即回復，未發揮實際阻浪效益，實際發揮功效那次係於 2007 年 11 月 8 日晚上 11 點開始關閘門，至凌晨 1 點完全關閉，並於 9 日下午 6 點才又重行開啓。另為維持該阻浪閘的功能，即使沒有發生大潮，每年仍會於 9~10 月間進行一次演習。



相片 2.3.7-3 位於馬仕朗阻浪閘旁邊的資訊中心 Keringhuis，中及右圖遠處可看到兩扇巨大的阻浪閘門停臥於河的兩岸待命



相片 2.3.7-4 導覽員利用衛星相片圖綜覽全三角洲相關的計畫及受到保障的地區



相片 2.3.7-5 展覽中心設置了一個馬仕朗阻浪閘的電動模型，逐步說明阻浪閘運作的方法



相片 2.3.7-6 馬仕朗阻浪閘鳥瞰照片



相片 2.3.7-7 進入阻浪閘位址實地參觀

導覽結束，我們前往三角洲公園(Delta Park)的 Neeltje Jans 博物館參觀，園區內設有 Stormvloedkering Deltawerken (圖 2.3.7-2)，係設置於橋面下之箱型樑內的展示館，館內陳列著各項有關三角洲計畫的工程技術、生態狀況，興建過程模型等，是水利工程極佳教材。



圖 2.3.7-2 三角洲公園內 Stormvloedkering Deltawerken



相片 2.3.7-8 展示館中陳列之橋樑模型

(八) PWN 供水公司、艾芙閘堤(Afsluitdijk)及艾瑟爾湖(Lake IJssel)

☞ 研習時間：2008 年 11 月 10 日

☞ 研習地點：PWN 供水公司、艾芙閘堤(Afsluitdijk)及艾瑟爾湖(Lake IJssel)

☞ 接待人員：Mr. Han de Vries

☞ 研習內容：

1. 簡介

荷蘭國土的北方有 2 個大湖(圖 2.3.8-1)，一個是位於阿姆斯特丹東北方的馬克湖 (Lake Marker)，另一個是稍北的艾瑟爾湖(Lake IJssel)，其以一條 29 公里長的河翠堤(Houtribdijk，即 N302 號公路)與馬克湖相隔。湖西北方有一個艾芙閘堤(Afsluidijk)，長 30 公里，現為 A7 號公路。堤外是瓦登海(Waddenzee)，邊上一連串沙洲，再往外走就是北海。

艾瑟爾湖所在的地區原稱為須德海 (Zuiderzee)，須德海深入內陸大約 100 公里，寬近 50 公里，平均深度約 4 至 5 公尺，海岸線約 300 公里，覆蓋面積約 5,000 平方公里。

17 世紀起，荷蘭人開始伸手向海商討這一大片土地。1667 年史帝文(Stevin) 提出：築長堤把北海和須德海隔開。1891 年，這個夢想才由一個叫雷利(Cornelius Lely, 1854-1929)的年輕工程師(相片 2.3.8-1)提出具體的計畫：「築一道 30 公里長的堤防，連接北荷蘭和菲仕蘭二省。圍起來的地區變成內海，經過多年將境內大量的海水排出，即能擠走原有的海水而成為淡水湖。」該計畫稱為須德海計畫。

經過多年的討論，荷蘭政府以工程技術艱難和危險，一直停滯於規劃討論階段。終於在 1916 年須德海 (Zuiderzee) 氾濫(相片 2.3.8-2)之後，決議採取工程師雷利的構想：在北荷蘭省 (Noord Holland) 及菲仕蘭省 (Friesland) 之間興建一道大堤防(圖 2.3.8-2)，將須德海以一條公路由北邊圍起來。工程於 1927 年終於動工。大堤防完工後，須德海和北海之間的天然通道隨之消失，須德海走入歷史，大堤防將原來的海域一分為二，靠內陸的是艾塞爾湖 (Lake IJssel)，堤防以外的海域改稱瓦登海 (Waddenzee)。



註：meer 為荷蘭文，與英文 lake 同義

圖 2.3.8-1 馬克湖與艾瑟爾湖



相片 2.3.8-1 工程師雷利(Cornelis Lely)



資料來源：網路

相片 2.3.8-2 須德海氾濫



圖 2.3.8-2 須德海靠這樣一條公路由北邊圍起來，終成為淡水湖

荷蘭 1932 年於須德海興建艾芙閘堤後，大堤防開始調節水位，沿岸地區於是築起一片又一片的海埔新生地，海岸線縮短約 300 公里，與海對抗的態勢大為減輕，達成洪泛保護。

正如工程師雷利所預期，由於來自萊茵河支流大量淡水的注入，使原本為鹹水的須德海漸漸的變成了淡水的艾瑟爾湖，逐年降低已鹽化土地之鹹度。目前須德海已轉變為淡水湖，而淡水湖之存在可將土地轉變成可墾植之土地，且可涵養地下水源，增加可利用之水資源，取得枯水期水源等目的，並形成大水域面積之艾瑟爾湖景觀。

2. 實地參訪

(1) PWN 供水公司

PWN 供水公司全名 Puur water en natuur(英文為 Pure water and nature 如相片 2.3.8-3)，表明該公司所生產的水既純淨又天然。PWN 供水公司負責從艾瑟爾湖及萊茵河取水，依不同水質需求淨化並輸送供應生活及工業用水，其在艾瑟爾湖和萊茵河取水位置，分別位於 Andijk 及 Nieuwegein。本次參訪地點係艾瑟爾湖旁之 Andijk(圖 2.3.8-3)，PWN 供水公司在那裏有一座 WaterWinningStation Prinses Juliana 淨水場，該淨水場於艾瑟爾湖畔圍堤蓄水，圍堤面積共 85 公頃，實際人工水庫蓄水面積約 45 公頃，深度約 20 公尺。



相片 2.3.8-3 PWN 水公司位於 Andijk 之淨水場區

Mr. Han de Vries 首先介紹該公司的水處理及供水情況(相片 2.3.8-5)，之後帶我們到淨水場內實地參觀說明。該公司的部分淨水程序係在室內，較不易有灰塵、蟲介或鳥禽排泄物等污染物進入處理槽，另溫度的控制也較佳，水質較易控制。處理後之清水置儲水槽中，再輸送工業用水用戶或輸往供水沙丘的入滲槽，經重力入滲，之後復於集流槽收集流出水量，再次處理後始供應家庭之生活用水。



圖2.3.8-3 PWN供水公司及其人工湖位置



相片2.3.8-4 PWN水公司於艾瑟爾湖畔圍堤蓄水

PWN 供水公司 Waterwinningstation Prinses Juliana 淨水場位於 Andijk，每年的處理量約為 1.1 億立方公尺。供水範圍包含荷蘭北方艾瑟爾湖港灣及其周邊地區的民生、造紙和鋼鐵業者用水，及位於阿姆斯特丹的城市於 Westpoort 港口工業地區之工業用戶。



相片 2.3.8-5 PWN 供水公司 Mr. Han de Vries 介紹該公司的水處理及供水情況



相片2.3.8-6 本團與 PWN 供水公司Mr. Han de Vries 合影



相片 2.3.8-7 PWN 水公司位於室內的淨水設施，左側為處理後之清水儲水槽

PWN 水公司也供水給製造飲用水公司和工業，圖 2.3.8-4 為該公司的供水輸水管線，計有 2 組，其一為自 Andijk 至 Heemskerk 間，管徑 1,400 毫米、總長 56 公里，主要係輸送第一次淨水後水量至沙丘地區以資入滲至地下，待滲出後再經高級處理後供應民生用水；另一為在 Heemskerk 至 IJmuiden 間，管徑 1,500 毫米、總長 6 公里，將第一次淨水後水量直接供煉鋼廠用水。

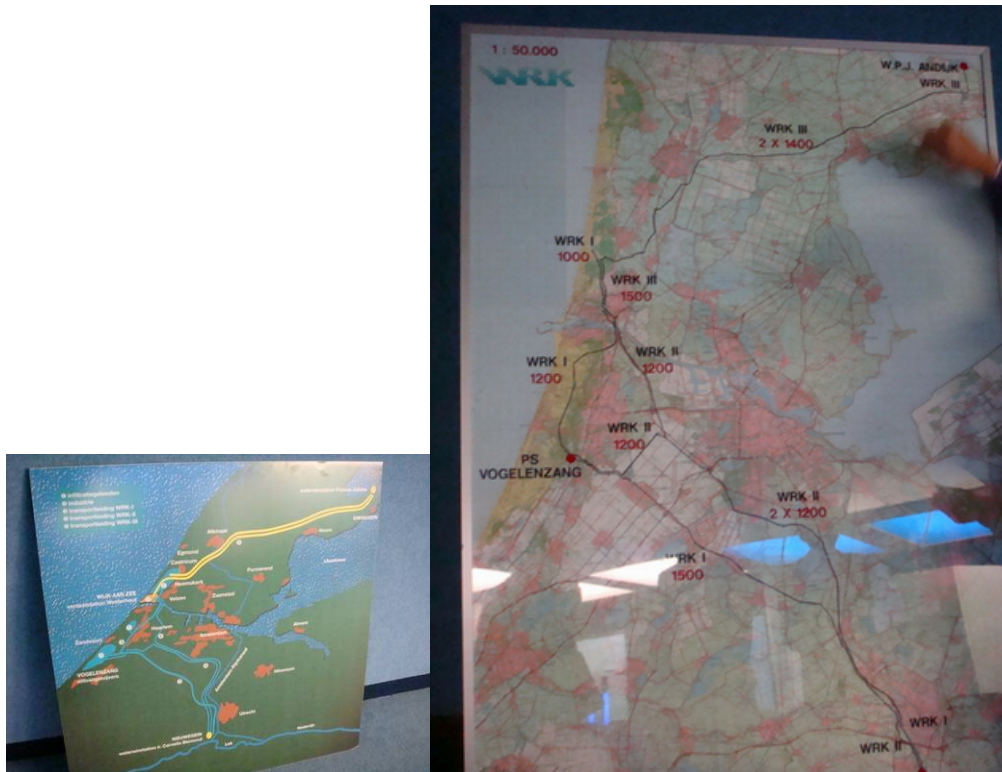


圖2.3.8-4 PWN水公司之供水輸水幹管

(2) 艾芙閘堤及艾瑟爾湖

艾芙閘堤長 30 公里、寬 90 公尺，為一條相當龐大的堤。大堤防將原來的海域一分為二，靠內陸的是艾塞爾湖（Lake IJssel），堤防以外的海域為瓦登海（Waddenzee）。

A7 號公路左右兩邊大型的鋼筋混凝土結構，即為羅倫茲水閘(Lorentz Sluizen)，紀念當時負責統籌建設的羅倫茲教授。堤防另一頭也有另一組同型的水閘，名為史帝文水閘(Stevin Sluizen)，紀念三百多年前首先提出這個構想的夢想者。每天這兩組水閘要從艾瑟爾湖排出大量的淡水到瓦登海，並確保漲潮或暴風雨來襲時海水不致倒灌。



相片 2.3.8-8 艾芙閘堤(右側為艾瑟爾湖，左側為瓦登海)



相片 2.3.8-9 羅倫茲水閘(Lorentz Sluizen)



相片 2.3.8-10 史帝文水閘(Stevin Sluizen)

大堤中央設有一座瞭望塔供遊客登高眺望瓦登海及艾瑟爾湖。塔下有一面獻給 7,000 名興建堤防勞工的浮雕銅像紀念碑(相片 2.3.8-11)——三名勞工腳穿荷蘭木鞋，正在用手鋪設著堤上的石塊，碑上題字：「活力的國度建造自己的未來！(A living nation builds for its future !)」



相片 2.3.8-11 獻給 7,000 名興建堤防勞工的浮雕銅像紀念碑——三名勞工腳穿荷蘭木鞋，正在用手鋪設著堤上的石塊，碑上題字：「活力的國度建造自己的未來！(A living nation builds for its future !)」

(九) AWD 阿姆斯特丹供水沙丘(The Amsterdam Water Supply Dunes)

☞ 研習時間：2008 年 11 月 11 日

☞ 研習地點：阿姆斯特丹供水沙丘

☞ 接待人員：Mr.Daniels(Waternet Amsterdam 供水公司)

☞ 研習重點：

1. 簡介

阿姆斯特丹供水沙丘(AWD)，位於荷蘭之北荷蘭省及南荷蘭省的 Noordwijk 和 Noordwijkerhout、Bloemendaal、Zandvoort 等鎮上。

沙丘涵蓋一個約 3,400 公頃的地區，沿著荷蘭北海海岸長度約 8 公里，寬度則由 1.5 公里到 5 公里不等。

這個地區為阿姆斯特丹自治市所擁有，並由 Waternet Amsterdam 供水公司負責管理(以前公司名稱為 Amsterdam Water Supply company)。

有一個高度都市化的地區圍繞沙丘；約 600 萬居民居住在其半徑 50 公里範圍內。在這個稠密的居民區，阿姆斯特丹供水沙丘能提供 4 項功能；其中 2 個主要功能是生產飲用水及自然保護，2 個輔助功能則為娛樂及海岸防護。

從 1853 年起阿姆斯特丹市的供水已經從沙丘中抽水。現在平均每年有約 6,600 萬 m³ 的飲用水被抽出來供應阿姆斯特丹市和其周遭地區近 110 萬用戶使用。

因為它的位置位於一個高度都市化的地區，所以旅遊和娛樂是 AWD 的重要功能，但它的重要性仍次於給水和自然管理。

大部分地區對於以自然為目的之娛樂(只透過腳)是可接近的，但有一小部分地區是不易接近的，其可避免對自然的踐踏、干擾和破碎，並確保飲用水之水質。

海岸防護功能則僅侷限在從海灘算起 100 公尺遠的範圍。

2. AWD 的自然價值和功能：

地方的(Local)：

阿姆斯特丹供水沙丘有一項屬於「地方的(Local)」重要性，那就是為一高度都市化的地區提供自然和有關自然的娛樂。

「走路」是在這個沙丘地區最重要的娛樂形式之一，人們被允許在道路漫遊是相當獨特

的。

因為供水作業或自然管理目的，只有一個小的地區被禁止進入。

整個地區的(Regional)：

阿姆斯特丹供水沙丘對於整個地區規模之關於自然的娛樂也特別重要，因為有約 600 萬居民在這個半徑 50 公里範圍的地區內居住。每年大約有 800,000 人會到阿姆斯特丹供水沙丘參訪。

自從 1853 年這些沙丘用於供應阿姆斯特丹市飲用水，供水即成為阿姆斯特丹供水沙丘的一個重要的功能，而且是維持這個沙丘地區的一個重要因素。

全國性的(National)：

從風景、文化歷史和自然科學觀點，阿姆斯特丹供水沙丘是具有特殊價值的沙丘地區之一。

沙丘補足了部分荷蘭核心的生態地區，並被「自然保護行動計畫 Nature Conservation Act」所保護。

超過 50%的荷蘭植物群能在這個地區內被發現(其中更有 10%只能在這個地區內發現)，此外還有幾乎 60%的本地哺乳動物，包括獐鹿(Roe)和歐洲(淡黃色)鹿(Fallow deer)。

現在在阿姆斯特丹供水沙丘有超過 100 種亞種的繁殖鳥類，其中 40 種是列於紅色名單之鳥種(Red List species)。

這個地區形成很多動物的棲息地：如兩棲動物和爬蟲(例如：砂蜥蜴)、鳥類、哺乳動物、蝴蝶、蜻蜓(33 亞種)及步行蟲(ground beetles)等。

阿姆斯特丹供水沙丘的風景顯示在不同風景區之獨特的連續。每個風景類型屬於一個具體存在的時代，風景類型從老的沙洲沙丘變化到靠海的年輕風景類型。在這兩種類型之間，一系列棲息地可以被區分，因為位於內部的沙丘更加成熟(因為有較少的石灰質，更多的植物生長)，每種風景類型有它自己的特性起源，土壤發展和植物群和動物群。

文化歷史價值則包括來自羅馬時期，中世紀及第二次世界大戰殘骸等考古學材料。

國際的(International)：

阿姆斯特丹供水沙丘被依歐盟棲息地指令所保護。在候鳥沿著大西洋海岸飛行的路線上，沙丘形成一個重要的中途停留場所。作為一個自然保護區，阿姆斯特丹供水沙丘在歐洲的背景是重要的，因為它是一個相對大而未破碎的沙丘地區。



相片 2.3.9-1 沙丘一景

3. AWD 的管理

阿姆斯特丹自治市擁有阿姆斯特丹供水沙丘。自 1979 年開始，沙丘之管理係根據市議會所擬定的管理計畫。

前 10 年計畫係從一種林業觀點所寫。基於過程的管理難以實施。因此，在 1989 年開始的一個新管理計畫：「在 1990-2000 年阿姆斯特丹供水沙丘的自然保護」。係管理存在植物及風景管理，動物群管理、娛樂管理和有關供水的管理。

而由於沙丘的自然功能影響許多的用戶，因此，在建立管理計畫過程中，也考量個人的參與及周遭自治市和利益集團的參與。至於後續的管理計畫也必須被自治市批准。並在個人贊成之後，周遭自治市和利益集團被允許對計畫作評論。

雖然阿姆斯特丹城市供水係自 1853 年起，從那些沙丘中抽出飲用水。但在荷蘭，入滲和抽取地下水係由「地下水行動(Groundwater Act)」所規範。地方依這個法規發布許可證。核發阿姆斯特丹給水許可證的條件是在沙丘地區抽取地下水對自然的土壤水文學的影響必須被記錄。

從 1989 年起，開始了廣泛關於抽水對自然的影響及如何調整抽水方法以恢復自然的多學科研究。並在 1998 年，完成一項環境水文調查。其中幾個抽水情況被測試，包括自然供水潛能、他們對供水的影響及對環境和成本的潛在不便等。

這項調查顯示若改變沙丘在西南部分及在前方沙丘裡的抽水情況，則在沙丘地區的最大的供水潛能可被實現。

沙丘管理計畫中也在阿姆斯特丹供水沙丘提出娛樂部分。娛樂管理的目的是保持安靜和讓人們享受完整的沙丘地區的空間，使那些訪客了解供水和自然管理。

4. AWD 的供水和自然管理：

(1) 抽水

抽水(Water abstraction)和自然保護是阿姆斯特丹供水沙丘的兩個主要功能。在以前的研究和未來的研究是以發現抽水 and 自然之間的最理想狀態為目的。完全停止飲用水生產以有利於自然管理並非選項之一。這是因為沙丘提供一座安全的儲量和最優質的供水。

關於採用其他方法滲入水的研究也曾被進行，例如：深井入滲(deep-well-infiltration)。這將會允許滲入渠道(部分)消失並且在沙丘恢復部分原先的地貌。深井入滲的好處是由更深的地下供應較多的地下水，因此當今入滲地區之地表面變乾燥的機會減小了。

惟深井入滲的問題在於成本高；此外，考量在沙丘下面之地下水的保護及淡水分布的尺寸有限，故事實上深層入滲的位置應該選在沙丘。

(2) 結果

從相關研究結果顯示，現行方式 (抽水 water abstraction)為自然保護提供一個在財政上可靠的基礎。且自然保護對水資源的保護是有效的，並使獲得公眾支持及信任成為可能。

(3) 自然管理

阿姆斯特丹供水沙丘目前被「自然保護行動計畫 Nature Conservation Act」所保護。

其植物和風景管理包括刈草，林業管理，放牧管理及文化歷史元素以建立一個有差異的風景。目的是恢復或刺激自然風景的形成過程。在某些地方這些過程被引導，在其他地方則讓自然照自己的意思做。



相片 2.3.9-2 沙丘一景

在阿姆斯特丹供水沙丘的動物群主要是自我調整。在繁殖季節(3月1日~8月15日)禁止在沙丘地區進行擾亂活動。

關於怎樣結合抽水和自然管理，一個抽水的重要副作用是沙丘地區乾燥的事實。惟一項大的計畫已經被實現並停止在沙丘南方的地表乾燥情況及恢復潮濕的凹地(沼澤)。

此外，在滲入渠道的邊坡表面則因自然之目的而被改建使其變平坦，連同一個更加恆定的地下水位及河川入滲水之更好的前淨化處理，這應該會讓沙丘有更多植物群及特有的沙丘植物。這些坡度也給鳥和其他動物更好的的棲息地。

直到上個世紀，松柏類植物樹種被種植在阿姆斯特丹供水沙丘的斜坡上以停止沙之漂流。然而松柏類植物樹種，不是這個沙丘地區的自然物種並且有幾個負面的副作用。此外，外來種的入侵亦為現在沙丘管理上所面臨的問題。

5. 娛樂：

在阿姆斯特丹供水沙丘內，娛樂的最重要元素是安靜和空間的娛樂形式，狗或者其他寵物並不被允許進入。

而只透過腳走路可接近的沙丘面積共有約 2,900 公頃，其他 500 公頃則屬於不易接近的，以避免對自然的踐踏、干擾，並確保飲用水之水質。沙丘裡並有 11 公里的單車道路，但騎單車不允許打擾植物群和動物群。此外，在沙丘裡有共 12 公里騎馬路線，但是會限制進入的數量。

阿姆斯特丹供水沙丘也經常用於慢跑。沙丘也有一個滑翔機的簡易機場(35 公頃)。

每年沙丘雖有多達 800,000 位訪客，惟為供水及自然保護等原因，並不期望這數目在今後 10 年會顯著增長。

但娛樂是提升溫厚性情和水管理意識的好方法。未來的研究將集中於阿姆斯特丹供水沙丘之脆弱生態及關於在不同的娛樂形式之間的潛在衝突。

6. 飲用水供應：

(1) 歷史

在 1951 年，阿姆斯特丹自治市為了生產飲用水而買下第一個沙丘地區，隨後在第 19 世紀期間有其他沙丘面積。第一次供應阿姆斯特丹市居民沙丘水的時間係自 1853 年開始。也因為抽水的關係，沙丘地區變得越來越乾燥，帶來對植物群、動物群和風景的負面影響。

自 1957 年，開始從萊茵河取河川水滲入阿姆斯特丹供水沙丘內，以克服沙丘乾燥問題，並使用沙丘作為河川水的自然過濾器等以產出飲用水。然而卻發現有另一種對自然之大的負面

影響：eutrophication(註：指湖等被磷、氮等物質污染而致藻類急速繁殖)。

即由於以人工方式輸入河水，使其增加大量的營養物，引起對沙丘湖的生態質量和臨近的凹地(沼澤)的損害。

此外，大的地區被挖掘以便把河水輸送進沙丘，亦造成了對沙丘之影響。因此，從 1973 年起，萊茵河的河水須在透徹的前淨化處理後，才被以管子輸送到沙丘進行入滲。

(2) 飲用水生產及供應方法：

Waternet Amsterdam 供水公司使用複雜的技術每年為家庭和工業生產大約 9,400 萬 m³ 的水。其中位於 Vogelenzang 的 Leiduin 淨水場每年生產 6,600 萬 m³。其原水來源為河川及沙丘(河川—沙丘給水系統)。其 West 生產部門與自然保護部門保持密切合作，以儘可能保護並且維護生態的價值。

飲用水的生產共分爲三個階段：

- 原水的前處理係由 PWN 供水公司在 Nieuwegein 的部門辦理；
- 在阿姆斯特丹供水沙丘進行入滲和抽取；
- 水的淨化和運輸是由在 Leiduin 淨水場的 West 生產部門所負責。

處理程序由 14 個步驟組成，如圖 2.3.9-2 中所示並說明如下：

①. 取河川水

於靠近 Nieuwegein 之 Lek 運河(註：經以 Google earth 查證，此位置較靠近荷蘭第四大城烏德斯勒 Utrecht)，在 Beatrix 水閘的北邊，共設置了 10 台幫浦可用於抽取萊茵河河水。

負責取水的公司是 PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland 供水公司，是一家由北荷蘭省政府與阿姆斯特丹市政府合資的企業。

PWN 負責供應製造飲用水之原水給在北荷蘭省之供水公司，及提供工業用水給主要企業。

沿著萊茵河，從瑞士到荷蘭，有很多測站監控萊茵河的水質並且報告運輸事故或有害物質之排放。其中在荷蘭的部分，萊茵河水係集中在 Lobith 和 Hagestein 作監控。因此，PWN 供水公司可以不斷地獲得萊茵河上下游的水質資料。

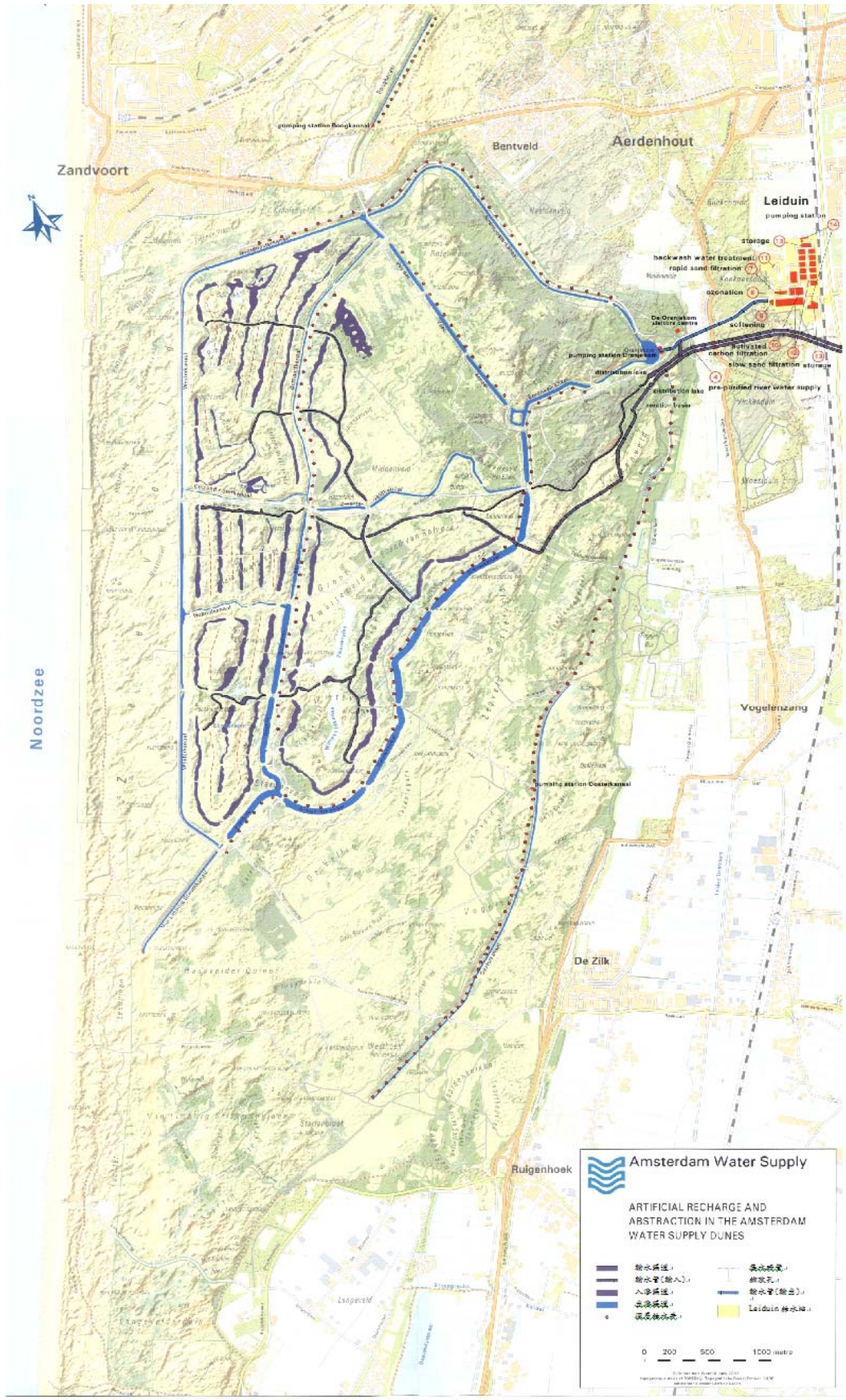


圖 2.3.9-1 阿姆斯特丹供水沙丘平面佈置圖

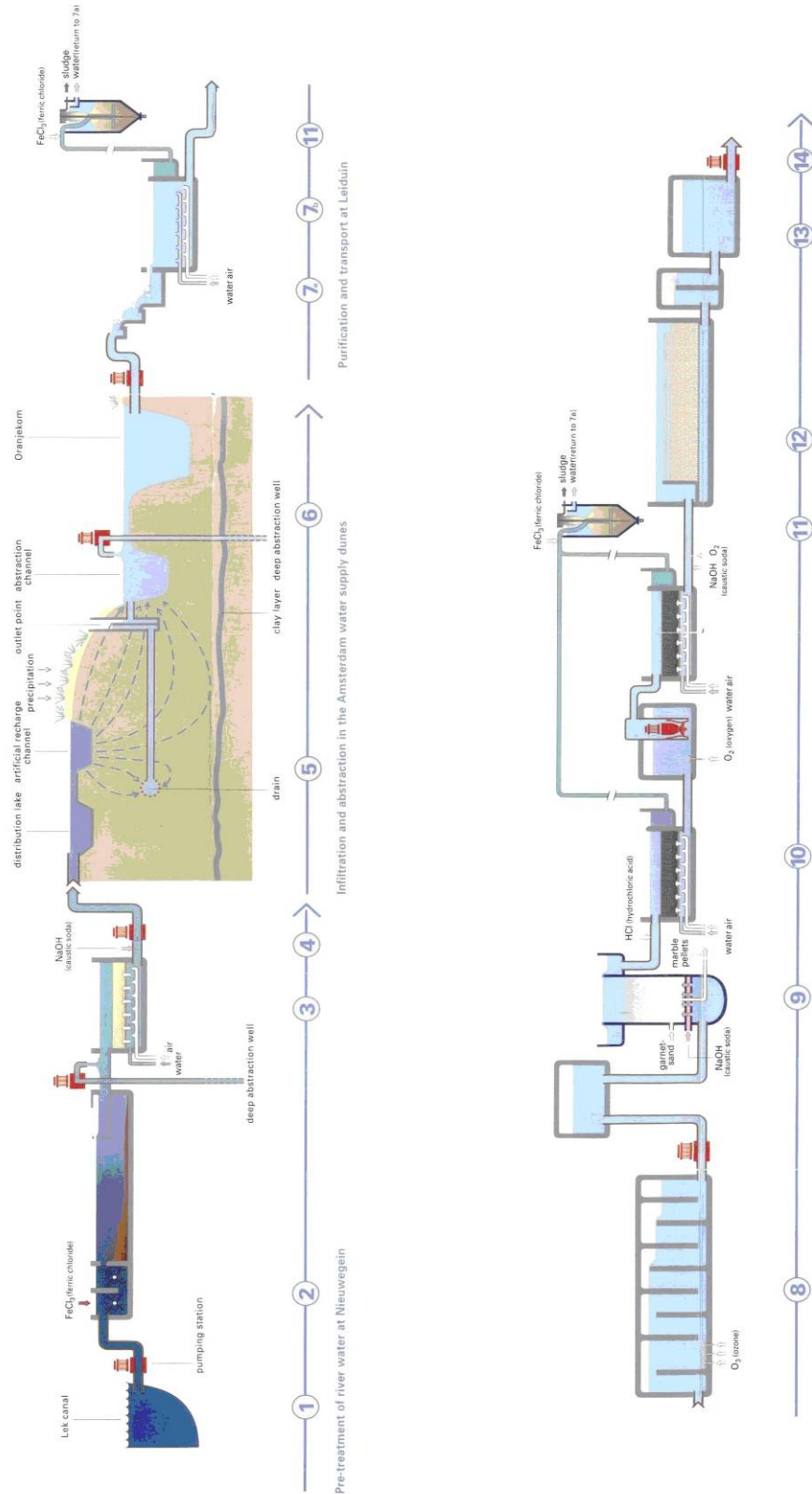


圖 2.3.9-2 Waternet Amsterdam 供水公司水處理步驟示意圖



相片 2.3.9-3 PWN 供水公司於 Nieuwegein 之步驟①~④位置分布

當面臨河川水質不佳時，PWN 供水公司也可將其與從 120 公尺深處所抽取之地下水作混合。萬一，萊茵河的水質不適合作為生產飲用水使用，也會暫停取水。Waternet Amsterdam 供水公司並將因此使用貯存在沙丘中的水，必要的話，也會使用有限供應的深層地下水(第 1 預備方案)。

②. 凝結(=混凝+沉澱)

在水被運送之前，它需要被淨化。這個程序透過添加氯化鐵(FeCl_3)而達成。氯化鐵將在水中凝結並包含污染粒子形成群塊後下沉。凝結過程可去除水中大部分的爛泥，磷酸鹽，有機物，細菌，病毒及實際上全部的重金屬。處理池合計大約有 90,000 m^2 的表面積。

③. 快速沙濾

為了除去最後的懸浮固體，完成前項程序的水隨後將通過佔地 4,320 m^2 共 80 個快速沙濾

器，在這過程中，有機物，鐵、錳、細菌、藻類和氨鹽基會被過濾掉。添加苛性鈉(即氫氧化鈉 NaOH)以提高酸度到期望值。水經沙濾後，向下流入兩個總容量達 1,600m³的地下貯槽。從那裡，水被抽送到供水公司的入滲地區及其他工業用戶。

④. 輸水系統

在 Nieuwegein 的 PWN 使用 3 個大的輸水管(直徑 1.50 公尺或者 1.20 公尺)，總長度大約 210 公里，每年輸送超過 1.5 億 m³有經過前處理的河水到阿姆斯特丹市和 Kennemerland 地區。

Waternet Amsterdam 供水公司的 Leiduin 淨水場使用這 3 個輸水管中的其中 2 個，因此可確保足夠的供水能力。PWN 在 IJssel 湖旁的 Andijk 還有第 2 淨水場。如果因為某些原因，無法從 Nieuwegein 供水時，亦可從 Andijk 提供經過前處理的湖水到 Leiduin 淨水場(第 2 預備方案)。

⑤. 入滲系統

來自 Nieuwegein 的水首先會被引導到阿姆斯特丹供水沙丘東邊的兩個池塘(水位高程約 9 公尺)。從那裡，有總長度約 10 公里的混凝土渠道將水輸送到 5 個入滲區(約 975 公頃)(這段渠道採用混凝土施作的原因，主要是希望在水流動運送過程讓水中部分有害物質能以揮發等方式自然去除)。這些水接著被分散到超過 40 條呈魚骨狀之入滲渠道(平均寬度 35 公尺；總長度 25 公里，此時水位高程已下降至約 6.9 公尺左右，且每條渠道略有不同)，在這裡，水會緩慢地滲入沙質土壤中。

以人工補注地下水的方式可確保沙丘內總是有足夠的蓄水，可以約略供應 2 個月的飲用水量，以便在供水過程中若有任何的故障均可以被克服。水保留在土壤的期間，水質將更進一步改善。例如，硝酸鹽會被分解，微小的有機複合物會被除去，病毒會死亡。水將停留在沙丘土壤中約 60 到 400 天不等(據 Mr. Daniels 口述為 2 個半月)。在停留時間內，利用自然之作用(人與自然合作)將確保入滲水之水質廣泛地改變，並於重新取得時具有穩定的水質。部分入滲水將於入滲區深處的水平集水暗管重新收集取得(這些集水暗管總長約 9 公里)再經由到 12 個排放孔把水排入渠道。

⑥. 抽水系統

傳統上，水從出滲地區的渠道收集(目前渠道總計有 33 公里長)。地下水從河岸和前述排放孔流入渠道中。這些地下水主要為入滲之河水。只有大約 10-15%來自於降雨。除從遠距離抽取地面水外，透過共 240 口深井抽取地表下 35 到 50 公尺的地下水也是有可能的。深層地下水具有極佳的水質，但它只有在絕對必要時才會被使用；過度的抽水可能引起鹹水從更深

處向井流動(註：沙丘能儲蓄水量的原因，在於淡水與鹹水之平衡，過度抽取即可能破壞此一平衡)。被提取的水經由渠道流到一個收集池(命名為 Oranjekom，此處水位高程約 0.5~1.0 公尺)。除幾個特例以外，這個系統完全以重力流動方式運作，亦即利用水位差之重力及水力梯度進行過濾、淨化過程。而由一系列可調整的堰控制水的流動，亦可選擇水被提取的區域。這項功能對於在這個有價值的自然地區中控制包括水質和被仔細監控的地下水是重要的。在 Oranjekom 池塘的抽水站，有 4 台大的幫浦可將水輸送到 Leiduin 淨水場。

⑦. 曝氣和快速沙濾

透過讓水流形成一串小瀑布(7a)它會吸收氧氣，導致一些物質被氧化。水中的固體可以因為過濾(7 b)而被去除。在快速沙濾處理程序，水被分散到總佔地面積 2,368 m²，總數超過 56 個的過濾池。這些水池係一個由上到下增加粗糙度的 6 層礫石所組成的濾床。在頂部的是一個 1.20 公尺厚的粗沙濾層。任何在水中所含之銨(氨鹽基)、懸浮固體、有機物、藻類、錳和鐵等會在水被引入臭氧程序區之前被過濾出。當濾層被阻塞時，他們會用水及空氣進行逆洗。廢水會被重複循環(re-circulated)而被清潔(be cleaned)及重新使用(re-used)。

⑧. 臭氧化

在臭氧化程序裡，臭氧透過多孔材質的圓盤添加到水中。臭氧是具有高氧化能力的一種氣體。水會被保留在臭氧區至少 15 分鐘。任何剩下的有機物和農業化肥被氧化，如病毒和細菌那樣的病原體會被殺死，所以他們能在隨後的階段中被過濾出來。這個過程實質上提升了水質。臭氧也改進口感，氣味和水的顏色。

⑨. 軟化

經由在 12 個硬度還原器內的結晶過程可以降低水的硬度。透過添加苛性鈉(即氫氧化鈉 NaOH)，鈣會沈澱在沙粒上，產生像彈珠一樣的小球。這會減少鈣的數量並最終將水的硬度降低到 8.4 德國硬度單位(°D)。相當於每公升 1.5 millimole。軟化給用戶許多重要的優勢：

- 它讓家庭不需要自備軟水器；
- 洗衣店洗淨衣物可以使用最低劑量的洗潔劑；
- 軟化的水更有益於環境，它對鉛和銅管有較少的腐蝕，所以實質上這些金屬在飲用水和污水系統中均較少。

在軟化之後，水的酸度藉由添加氯化氫(HCl)而被調整。

表 2.3.9-1 水之不同硬度指標所代表的意義

0 ~4 °D	very gentle water
4 ~8 °D	gentle water
8 ~12 °D	average
12~18 °D	rather hard water
18~30 °D	hard water



相片 2.3.9-4 Leiduin 淨水場步驟⑦~(14)位置分布

⑩. 活性碳過濾

在碳過濾建築內，水被引導和活性碳接觸。在這 40 分鐘過程之間，水中懸浮的和不受歡迎的物質在碳粒子的狹窄毛孔內被困住並由在碳粒子上生長的細菌進一步分解。在夏季，來自碳過濾器的濾液有很多氧。少量苛性鈉被添加以防止水成為侵略者並且腐蝕輸配水網路。正如快速沙濾器一樣，碳過濾器被定期用水和空氣沖洗防止阻塞。當碳的效力衰退時，它會被移除。移除的碳會在特別的裝置裡經由淨化過程被清潔(恢復活動)，然後能被重新使

用。

⑪. 逆洗水處理

逆洗水的處理是飲用水生產的第二過程。阻塞濾床(快速沙濾)及碳過濾器用水和空氣的逆洗，平均每年約產生 150 萬 m³的逆洗水。10 個 DynaSand 過濾器被用來使這水在淨化過程中適合再使用。在水通過 DynaSand 過濾器之前，會被添加少量氯化鐵，因此群塊(透過凝結而形成)可以被一台沙濾器困住。在這個過濾器裡的沙因為一台氣幫浦而經常被攪動並且被清潔。再循環的方法不僅有效率；它也防止大的廢水流動會污染環境。乾淨的逆洗水然後會送回到步驟(7a)曝氣,在這裡它會重返主要過程。

⑫. 慢速沙濾

在淨化過程裡的最後一步是慢速沙濾。這些水緩慢流過沙濾床，在那裡最後懸浮的粒子(可能因通過碳過濾器而產生)會被困住。沙濾床有 32,000m²的總表面積。然而，慢速沙濾器的主要任務，係捕捉剩下的有害細菌。最後的產物就是可口、清淨和健康的飲用水。

⑬. 貯水

這些飲用水現在已經準備好供消費者使用。在它們提供給消費者作為自來水之前，會被貯存在 2 個大的飲用水貯水池中，貯水總容量達 13,400 m³。水的貯存是必要的，因為消費者對水的需求呈現高度變化：在白天較高，在夜晚則較低。儲存飲用水可在維持對消費者提供足夠的供水量時，也能讓單位時間水的產量保持固定。

⑭. 輸水和配水

Leiduin 淨水場平均每天生產 180,000 m³的飲用水。在一個炎熱的夏日它可能多達 240,000 m³。有兩個大抽水站共 19 台幫浦及約 2000 公里輸配水管網可將水分送給那些用戶。其中大約 70%的水會被輸送到阿姆斯特丹市。剩餘被直接分送給 Heemstede 的居民和其他供水公司。

7. 實地參訪

本次參訪 AWD 阿姆斯特丹供水沙丘，係由 Waternet Amsterdam 供水公司 Mr.Daniels 接待，其為 Waternet Amsterdam 供水公司之保育員，負責巡邏供水沙丘區域，確保此區域不會受到人為污染，此外，並向世界各地來訪者介紹供水沙丘之現況。Mr.Daniels 於沙丘入口處簡介供水沙丘之營運現況及分布後，隨即帶領本團進入沙丘區域內詳細參觀，印象深刻的是他對供水沙丘區域之生態保育成果感到自豪，而確實在道路二旁的雜林中也不時會出現野鹿可作為佐證。

至於參訪過程中，Mr.Daniels 所敘述有關沙丘營運供水事項，則已整合納入前述簡介中

敘述，另據 Mr.Daniels 表示，即便在荷蘭，現在也很難再推動新的沙丘供水系統，因為現有沙丘周邊已有住家及農場，土地的取得將會非常困難。

此外，Waternet Amsterdam 供水公司供應飲用水之水價約 1.5 歐元，與 PWN 供水公司及其他供水公司之水價約略相同(不含地方稅約 0.2 歐元)。但因為有沙丘可與自然合作過濾及淨化水質，因此 Mr.Daniels 也自豪表示，透過沙丘所生產飲用水之品質為全荷蘭最高者。

至於前述內容中所提到之水源第 1 及第 2 預備方案，平均每年約使用 5~6 次，俾利沙丘系統之歲修作業，及測試不同方案之可靠度。至於抽水站平時使用之動力來源為電力，若停電的話，亦備有柴油發電機或大型蓄電池等備用方案。因此 Waternet Amsterdam 供水公司對於可能意外事件之考慮相當周詳，以確保阿姆斯特丹市之供水無虞。



相片 2.3.9-5 Mr.Daniels 為本團介紹 AWD 之各種情況



相片 2.3.9-6 Mr.Daniels 帶本團參觀 AWD(據悉除保育人員及工程車外，一般車輛不得進入)



相片 2.3.9-7 供水沙丘 Oranjekom 收集池(為沙丘出滲終點，右邊接抽水站)



相片 2.3.9-8 輸水渠道一景



相片 2.3.9-9 出滲渠道一景(有較低高程，俾利系統以重力方式運作)



相片 2.3.9-10 供水沙丘內之野生鹿自在悠遊



相片 2.3.9-11 被用來清除植物(如野草)之牛隻看到保育員過來打招呼



相片 2.3.9-12 作為備用水源之深井抽水系統(所抽之水直接放入渠道再流到抽水站)

(十) Alterra(綠色世界)研究中心, Wageningen

☞ 研習時間：2008 年 11 月 12 日

☞ 研習地點：Alterra Centre,

☞ 接待人員：Prof. Wim van Driel、Ms. Madeleine van Mansfeld、Mr. Michiel van Eupen、
Ms. Li Jia 等 4 位

☞ 研習內容：

1. 簡介

瓦赫寧恩大學(荷文:Wageningen Universiteit en Research centrum) 創於 1918 年 3 月 9 日，全名稱爲「瓦赫寧恩大學和研究中心」，是荷蘭 14 所大學之一，其研究領域包括營養、健康、自然和人類生活環境。該校在荷蘭高等教育指南上高居榜首，並連續 3 年位於荷蘭 14 所高等教育學院中得到綜合排名第一名；在歐洲各大學生命科學領域中位居龍頭，也是唯一一所歸荷蘭農業自然和食品質量部管轄的大學。

該校是一所在營養和健康、永續性的農業系統及在社會變遷過程中探討環境質量和其演化的知識領域領先國際的研究所，其開創性的研究和創新的教育形式，對生活的品質有著重要的貢獻。其專長是農業方面的研究，是歐洲在農業方面最好的研究型大學之一，在農業學科方面的研究機構中其排名爲世界第二，在環境科學與生態學方面的研究機構中也排名世界第一。

瓦赫寧恩以其無可取代的積極性和具國際觀的研究人員及學生，而能夠把知識從各種各樣的學科作整合，制定一項包含民眾切身問題的全面性議題，並了解這些影響的人及動、植物生命的環境及其關聯性。其組織包括三個部分：瓦赫寧恩大學，研究中心和萬豪-勞倫斯坦學院。瓦赫寧恩大學主體坐落在荷蘭瓦赫寧恩市，其中二級學院萬豪-勞倫斯坦部分校區在荷蘭東部小鎮維爾普和荷蘭北方城市呂伐登設有分校區，大學創辦於 1918 年 3 月 9 日。

瓦赫寧恩大學研究中心是數個學會和研究所共同組成，其中之綠色世界研究所(Alterra)，研究所致力於環境的永續利用研究，如動植物、土壤、水、環境、地理信息和遙感、景觀和空間設計、人與社會等問題等。將實際應用科學研究相結合，如針對我們生活周遭的綠色世界和我們賴以生存的環境，研究如何達到永續利用我們的環境。

目前該校有來自世界上 100 個國家的學生，2008 年有 4,941 位學生(不包博士生)，荷蘭本國以外的學生即達 1,186 人，如圖 2.3.10-1。

Alterra 研究中心是荷蘭瓦赫寧恩大學與研究中心 (Wageningen UR) 的一部分，是其五大研究中心之一。創立以來即一直與瓦赫寧恩大學環境學院共同在自然資源利用與環境保護方面，致力於永續利用我們賴以生存的綠色環境，為建立和維護永續、高品質的綠色生態環境不懈努力。「Alterra」表示「整個地球」。「alter」是「改變」的意思，「terra」指「土地」，合在一起表示我們一直在尋找處理環境和社會問題的新方式。

Alterra 研究中心的精神標語為” your environment is our concern” (我們關心你的環境)，說明了該中心的主旨。

Alterra 在對自然、景觀設計和自然資源永續利用問題的爭論中扮演著重要角色。另外，還從地方、國家、國際上等不同層面，進行政策制定和管理。運用切實可行的專業知識和技術妥善且快速地解決實際問題，特別是那些社會爭議問題，比如殺蟲劑使用、天然氣開採，和自然地區大面積改造等。研究中心把專業性、獨立性和整體性列為首要工作，各項計畫的價值和標準尤為重要。而為了保證研究工作處於最佳狀態，Alterra 配備有多種設施，像生物實驗室、資料庫、國內外土壤資訊以及 DNA 技術資料。

Alterra 由 5 個研究中心組成，包括土壤科學、水與氣候變遷、地理信息、景觀及生態等研究中心，共有超過 500 名研究人員。另外還有市場調查研究、資訊交流、人力資源、財務、設備和服務部門。

(1) 生態研究中心 (Ecosystem studies)

生態研究中心擁有最先進的設備和實驗室，致力於提高和應用生態學的知識，其專長在於能夠結合觀測、實驗以及建模方法進行科學研究。對於重點課題有生活史對策、物種的適應性、共存與競爭、生態系統功能、生態系統和氣候變遷，以及有效的生態政策與自然管理和生態系統維護。

(2) 地理信息研究中心 (Geo-information)

該中心的主要業務為發展和整合複雜的模型，提供地理資訊之綠色空間研究，包括空間數據系統、人工智慧軟體及與各數據有關的活動（如綠色環境領域的數據蒐集及數據管理和處理），主要的課題包括荷蘭和全球地理資訊基礎建設、蒐集、視覺化和交流，以遙感技術進行環境監測之時間序列數據等，至於資訊數據擷取、地理資訊模擬研



圖 2.3.10-1 學生組成及所來自的國家分佈

究、遙感和過程模型也是該中心的研究內容。

(3) 景觀研究中心 (Landscape)

景觀研究中心研究的重點在於城鄉景觀土地的利用、管理和保護，以及我們應如何創造或改變、如何體驗我們的景觀等社會學問題。景觀研究中心並致力於荷蘭國內、外的景觀質量和生態永續發展研究。中心並着眼於規劃、學習、反饋和決策的新方法並努力尋求創新性認知，其專長領域在包括多功能景觀、林業、自然和農業的規劃、管理和監督，以及體驗和利用自然到生活、旅遊、保健及福利等方面。

(4) 土壤科學研究中心 (Soil Science)

該中心從事土壤內部和表層的相關物理、化學和生物基礎過程研究，這些知識對自然發展、水的綜合治理、自然保護和農村發展至關重要。因此，土壤和水、空氣的相互作用、以及土壤本身都可以被看作是土地利用和規劃的重要指導因素。該中心已經在荷蘭國、內外建立了廣泛的合作網路，主要從事於農業永續發展體系、土地生物多樣性的保護、地下水和地表水的淨化、以及減少溫室氣體排放與土壤化學污染。

(5) 水與氣候變遷研究中心 (Water and Climate)

該中心從事多種相關領域的基礎和應用研究，例如水的綜合性管理、氣候對洪水和乾旱的影響、污染物（如溫室氣體、各種營養物質、氯化物和農藥）的產生、釋放和傳輸，以及水生生態系統的恢復和管理。Alterra-ILRI 是研究中心的一部分，致力於知識的傳播，並以之推動發展中國家對土地和水的管理能力，冀以提高其永續發展能力。

2. 實地參訪

Alterra 中心自創立以來即一直與瓦赫寧恩大學環境學院共同在自然資源利用與環境保護方面，為建立和維護永續、高品質的綠色生態環境努力不懈，我國經濟部水利署於 2006 年曾以署長名義致函 Alterra，表達關於因應氣候變遷相關 Hot Spot 合作計畫之意願，而與該中心在專業技術與能力上的交流，以及在各種項目中的基礎與應用研究之間的合作，將使荷我雙方在科學研究能力上受益匪淺。

為引進荷蘭治水措施，以強化相關從業人員有關氣候衝擊、低地排水與滯洪設施等綜合治水策略規劃，我國亦於 97 年 10 月 2 日邀請荷蘭瓦赫寧恩大學 ALTERRA 研究中心 Mr. Wim van Driel 至台灣演講「荷蘭因應氣候變遷調適之國家行動方案」。



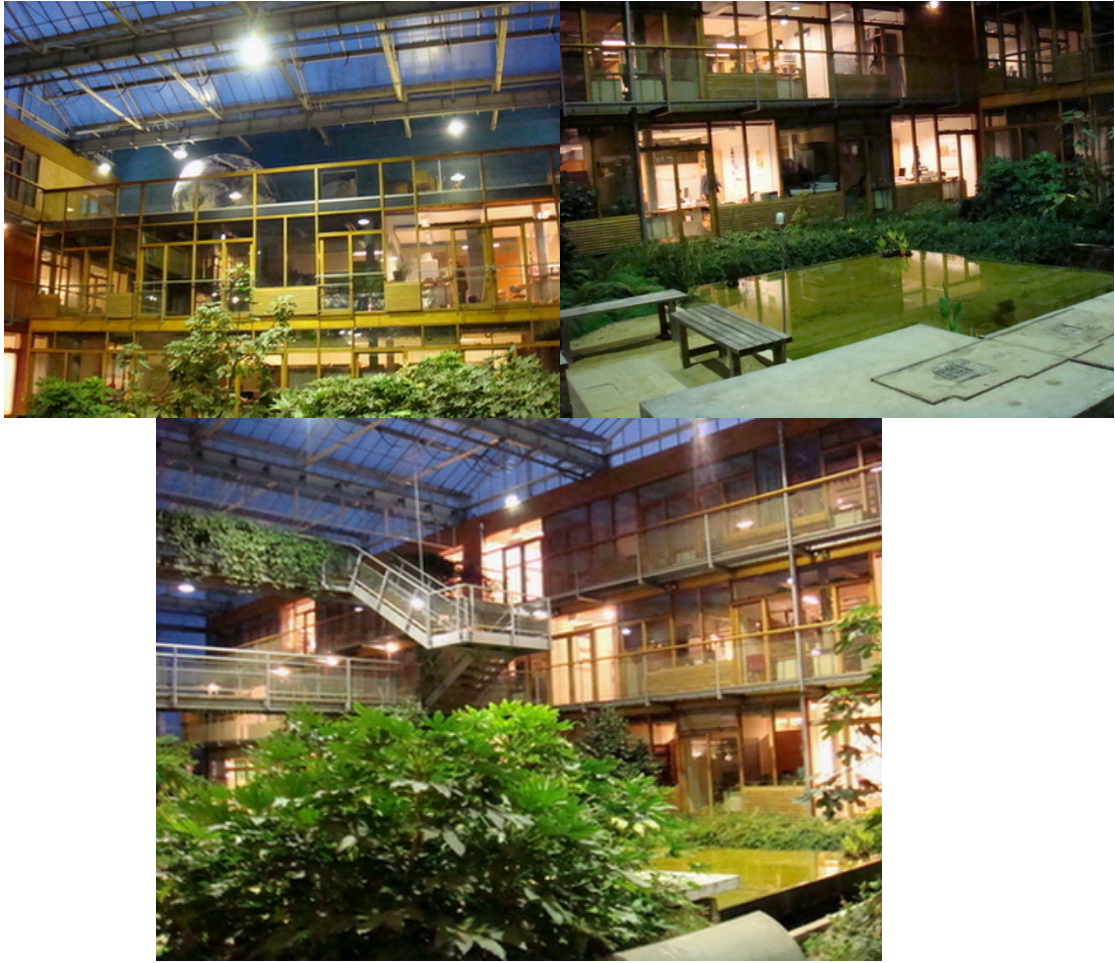
相片 2.3.10-1 Alterra 研究中心

面對二氧化碳氣體不斷的排放所引發的溫室效應，造成氣候異常問題日益嚴重，全球氣候變遷已經成為本世紀最大的環境與生存問題。荷蘭地處環境敏感的三角洲地帶，對環境變遷之影響感受尤深，他們已經開始思索全方位解決的方案；他們認為人無法勝天，無法與海爭地，所以幾世紀以來所掙得土地中的一部分低窪地區應該還給自然。

當前荷蘭的治水計畫之行動方針為還地於河與整體規畫，因為要還給自然，必須多管齊下，輔導遷村。說服當地民眾接受政府已無法再無限制投入大量人力物力對抗大自然的洪水，無法保護所有可能的財產，並且無法再提供任何獎勵。因此區域內的農業必須輔導遷移或轉作，當地的鬱金香亦將無法再繼續種植。

至於有土壤與地下水鹽化問題的土地，將之轉變為旅遊地區。地下水鹽化而無法再使用，因此也必須開始研究河川表面取水，並且也開始研究可以耐鹽化的作物，為未來農業找尋出路。

在未來城市水管理課題上，執行秘書 Wim van Driel 說，過去的公共用水是取用河川水與地下水，經過水淨化程序後供應所需，民眾使用過後的污水，再經由污水下水道收集處理，排放到河川。未來除強調合理用水外、要引進清潔生產、資源回收等概念，重視再利用處理、污染物資源化，同時增加天然水體自淨作用，以涵養水源的手段以減輕目前耗能的水淨化處理程序。



相片 2.3.10-2 Alterra 研究中心辦公室室內栽植生態系統花園



相片 2.3.10-3 與 Alterra 中心執行秘書 Wim van Driel 教授在中心大廳合影



相片 2.3.10-4 Michiel van Eupen 先生講解 Hot Spot 計畫執行相關成果

荷蘭因應氣候變遷調適之國家行動方案已經如火如荼地展開，表 2.3.10-1 為荷蘭現況氣候變遷調適下實施政策措施一覽表，荷蘭人已經不再只是說說而已，而是具體投入整個國家改造計畫，面對大自然的威脅，荷蘭人不再以龐大的工程因應，取而代之的是對大自然的尊敬與調適，這一方面值得國人借鏡。

表 2.3.10-1 荷蘭因應氣候變遷實施政策措施一覽表

政策措施名稱	目標或行動	溫室氣體	手段工具	實施狀態	執行單位	2010年 排放減量 Mton
能源部門						
2010年5% 再生能源	藉由增加市場再生能源 減少排放	CO ₂	1.補貼 2.財務誘因 3.市場自由化/綠色認證 4.與 NGO 協議利用風力 5.家戶自發性配合	1.產生效用 2.產生效用 3.產生效用 4.準備中 5.準備中	中央政府 省政府 能源公司 家戶合作	2.0
燃煤電廠 措施	藉由轉換燃料與效率提 升減少排放	CO ₂	1.私部門自發性協議 2.財務誘因 3.法規/環境許可	1.準備階段 2.發生效用 3.發生效用	中央政府 燃煤電廠擁 有者	6.0
石油與燃 料煉製業	確認減量潛 力	CH ₄		研究階段	中央政府	未知
交通部門						
歐盟對車 輛燃料效 率之協議	在 1995-2008 年間藉由新 車減少 25% 的 CO ₂ 排放	CO ₂	自發性協議	1.發生效用	歐洲委員會 車輛製造商	0.04
車輛 CO ₂ 差別稅率 與車輛標 示	鼓勵購買具 有燃料效率 的車輛	CO ₂	1.財務誘因 2.新車標示	1.準備階段 2.生效中	中央政府 車商	0.6
鼓勵車內 的方式	監測設備推 廣具燃料效 率的駕駛方 式	CO ₂	1.財務誘因 2.車商與修車廠的自發 協議	1.生效中	中央政府 車商 修車廠	0.5
乘客課稅 限制	不鼓勵通勤 與個人使用 公司車輛	CO ₂	1.財務誘因	1.生效中	中央政府	0.1-0.3

資料來源：摘自臺北市因應全球氣候變遷資訊網

<http://depair.taipei.gov.tw/tokyo/www.envi.org.tw/ghg/GHG-Reduce/Dutch.htm>

表 2.3.10-1 荷蘭因應氣候變遷實施政策措施一覽表(續)

政策措施名稱	目標或行動	溫室氣體	手段工具	實施狀態	執行單位	2010年 排放減量 Mton
增加胎壓	減少道路摩擦阻力與能源消耗	CO ₂	1.協議 2.公眾宣導	1.生效中 2.生效中	中央政府 車商、修車廠	0.3
道路使用費	提升都市可及性減少擁擠	CO ₂	1.試驗	準備階段	中央政府	0.2
逐步加強速限	減低速度節省油料	CO ₂	設定目標交通控制	1.生效中	中央政府	0.3
交通運輸CO ₂ 減量計畫	改善物流運輸效率提升駕駛模式	CO ₂	1.補貼 2.溝通	1.生效中 2.準備階段	中央政府 NOVEM 運送者	0.2-0.3
工業部門						
工業能源節約	藉由能源最集中的部門達成”世界頂峰”；採行所有稅後報酬率達 15%的措施用在其他部門	CO ₂	1.基本合約 2.長期協議 3.法規/許可 4.財務誘因	1.生效中 2.生效中 3.生效中 4.生效中	中央政府 省政府 工業界 NOVEM	2.3
農業部門						
牧業節約能源	在 1980~2010 年改善 65%能源效率	CO ₂	1.自發協議 2.法規 3.CO ₂ 緩衝計畫 4.財務誘因 5.補貼	1.生效中 2.準備階段 3.準備階段		2.0
森林吸收	加速在紐西蘭植林	CO ₂	1.森林 CO ₂ 減量認證 2.財務誘因	1.生效中 2.生效中	中央政府	0.1

表 2.3.10-1 荷蘭因應氣候變遷實施政策措施一覽表(續)

政策措施名稱	目標或行動	溫室氣體	手段工具	實施狀態	執行單位	2010 年 排放減量 Mton
家戶						
能源功效建議	節約既有的家戶 能源	CO ₂	1.自發建議	1.生效中	能源公司	2.0
			2.財務誘因	2.生效中	中央政府	
鼓勵具能源效 益的家電	增加最具能源效 率家電的使用	CO ₂	1.能源標章	1.生效中	中央政府	0.3
			2.財務誘因	2.生效中	經銷商	
非住家建築物						
能源功效建議	節約既有建築物的 能源	CO ₂	1.自發建議	1.生效中	能源公司	1.0
			2.財務誘因	2.生效中	中央政府	
			3.法規			
跨部門措施						
推廣汽電共生	鼓勵建造新機組 與持續使用既有的 汽電共生設備	CO ₂	1.財務誘因	1.生效中	中央政府	

壹、心得與建議

一、心得

1. 荷蘭因 25%陸地高程低於海平面高程(NAP)，並有 1/3 以上陸地低於海水漲潮高程(NAP+1 公尺)而可能被淹沒，因此該國最重視的水利問題首推海岸防護、低地排水及維持地下水位穩定，分述如下：
 - (1) 荷蘭可能被海水淹沒範圍占該國經濟產值的 6 成以上，且歷史上曾發生之最大淹水災情即為 1953 年海水破堤後倒灌造成近 1,800 多人死亡。因此荷蘭舉國上下痛定思痛，推動 Delta Work 防洪工程，將海堤防護標準提高為 10,000 年頻率高潮位，河堤防護標準則提高為 1,250 年頻率洪水位。
 - (2) 荷蘭之低地排水受惠於該國之年雨量僅約 750 毫米，且一年 365 天分布較平均(冬季雨量略高)，因此，較我國汛期集中降雨之排水問題容易解決。此次參訪部分城市，甚至有街道或廣場未見設置排水溝，而僅設置多處小型集水井，即能收集降雨且避免淹水問題。
 - (3) 在低於海平面之荷蘭西半部地區，於住宅社區、辦公區及公路二旁，到處可見到水塘，推測其應兼具為滯洪池及景觀生態功能，亦即當降雨量大時，地表逕流可匯留至位置較低之水塘，避免淹水問題，平時則可見水鳥於水塘中悠游。此外，農田區域周邊則有土溝，其水位高程較農田地表略低，推測兼具排水及灌溉二大功能。理由係因區域地質多為砂質壤土(或於土中埋設排水暗管)，使水份滲透迅速，故只要維持土溝水位於一定範圍，即可確保農田地表下之地下水位趨於穩定，農作物即可因毛細作用而於地表下直接吸收水分，毋須如台灣地區同一塊農田之灌溉與排水因水位高程的差異必須加以分開。至於農田小排水要進入中排水，因中排水水位高程較高，則可能須配合抽水機，而早期荷蘭風車處處，即為解決此一問題之動力來源。
 - (4) 荷蘭有大面積之土地地質係屬於泥炭土，而目前數量仍很多之古老磚造建築均墊基於木樁之上，又木樁及泥炭土均對地下水位之變化頗為敏感，如地下水位下降將導致泥炭土層壓縮及地層下陷，木樁則在地下水位上升與下降時，因乾濕交替而有腐爛之問題。二者均會造成磚造之古老建物的損毀。因此，維持地下水位穩定亦為荷蘭政府所重視之工作。
 - (5) 維持地下水位穩定之其他優點，為地表景觀與植被可因此而維持穩定。若一年之中

地下水位變化太大，部分植物物種可能因缺水死亡而被淘汰，並造成區域植被種類之大幅減少。

2. 荷蘭位於萊茵河的出海口，而萊茵河係歐洲大陸之大型河川，其特點為水量多且整年變化不大，因此水源供給在量的部分並無問題；另受氣候較冷且較乾燥之影響，該國人均日用水量僅約 120 公升，用水需求較我國為低。爰在供給遠大於需求的情況下，該國並無缺水問題，水源涵養議題於該國並未特別受到重視。
3. 在水資源方面，荷蘭雖無缺水問題，但卻有水質問題。但其主要之地表水源－萊茵河卻受到上游工業國家之污染(尤其在歐盟成立前)，為降低淨水處理之成本並穩定供水量，所以推動人工湖(以人工湖淨化及蓄水)及沙丘入滲供水系統(以沙丘過濾淨化及蓄水)等作為前處理淨水程序，再加上其他高級淨水程序後（如臭氧或 UV 殺菌…等），目前荷蘭自來水之水質已達可生飲之高標準。
4. 我國水文條件不佳，豐枯水季水量差距明顯；又因平地面積小，人口稠密，已無完整且低廉之大面積未開發土地。故不若荷蘭具備推動地下水庫之優良條件，分析如下：
 - (1) 若我國要進行海岸沙丘地下水庫規劃，則須具備蓄豐濟枯功能，亦即利用豐水期儘量蓄水，枯水期再取水利用。惟依阿姆斯特丹供水沙丘之面積 3,400 公頃，其儲蓄之水量僅能供水 18 萬 CMD 約 2 個月(在有降雨但無河川補注水量情況下)。因此，若依我國枯水期至少 6 個月且雨量極少之條件，枯水期由相同面積沙丘供水，其出水能力初估僅約 6 萬 CMD。以 3,400 公頃沙丘土地及其引水設施之成本則至少需 500 億元(假設土地每公頃 1,000 萬元再加 4 成估計)，換算原水成本則在 160 元/立方公尺以上，因此雖然技術可行，但尚不具備經濟效益。
 - (2) 若採用填海造陸方式來設置新的海岸供水沙丘，依麥寮六輕開發工程之經驗，光是抽砂填海造陸築起 2,600 公頃的土地就花了 3,000 多億元(註：資料來源為網路)，顯然以填海方式創造新的蓄水沙丘目前亦不具備經濟效益。但若於內陸規劃設置地下水庫，則因可以有較大之地下水位降幅，因此，其經濟效益可能稍佳。惟其對環境仍可能有不良影響。
 - (3) 依荷蘭阿姆斯特丹供水沙丘自 1853 年開始抽水之經驗顯示，長期抽水(未補注)，將使沙丘地區變得越來越乾燥，帶來對植物群、動物群和風景的負面影響。因此，從 1957 年開始每日從萊茵河取河川水滲入阿姆斯特丹供水沙丘內再取水，以克服沙丘

乾燥問題。爰若我國規劃於內陸設置地下水庫，於枯水期無水可補注之半年期間，長期抽取地下水是否會對原有植物群、動物群和風景等自然生態及環境造成負面影響，仍待進一步研究。

- (4) 由於以人工補注方式涵養地下水，需以河川水作為入滲水源，依荷蘭阿姆斯特丹供水沙丘(AWD)於 1957~1972 年之實際操作經驗顯示，其將為補注區帶來大量的營養物，造成原有生態和臨近凹地(沼澤)之損害。因此，欲用來補注之水源必須先進行徹底的前處理，方能降低此一影響。惟 2 國對自來水質之要求不同，AWD 之補注水(由 PWN 供水公司前處理)，水質恐已接近我國之自來水水質，其在我國應可以直接加氯後供水而毋須經補注滲入 AWD 後再抽出。(註：除尚未加氯殺菌外，其補注水已歷經加藥、混凝、沈澱，過濾等我國之傳統自來水處理步驟，且經於步驟(5)池塘現場目視，該補注水之水質極清澈，可直接透視數公尺深之池底)。
- (5) 為取得高品質之自來水，荷蘭各供水公司分別所轄之數千公頃供水沙丘區域禁止大多數非天然之活動，僅允許散步、慢跑、騎單車及騎馬等少數活動以避免人造物品進入污染源。惟於台灣地區因人民守法觀念較薄弱，且沙丘面積過大，執法人員不足，恐難以遏阻類似偷倒廢棄物或有害化學物品及盜濫採土方等情形，故於台灣地區設置供水沙丘所能發揮之水質改善效益，可能不如荷蘭。
5. 荷蘭之供水沙丘雖具儲水功能，但基於沒有缺水問題及維持地下水位穩定二項條件，目前供水沙丘僅作過濾、淨化之功能，並將沙丘儲蓄之水量作為發生緊急情況下之備援功能。其與我國部分人士所建議之地下水庫的理念、性質及功能均不相同。
6. 從 Biesbosch 人工湖及 AWD 沙丘入滲二項實際案例顯示，延長水停留在無污染地區之時間，大自然就會以它的方式自然淨化水質(如分解、沉澱、氧化、還原、中和或衰減…等)，其較以人工方式去除有害物質，可大為降低淨水成本(註：若欲以人工方式縮短時間，可能須增加藥物添加量，或採 RO 逆滲透…等方式強制淨化，其成本較高)。另以台灣地區經驗佐證，由水庫蓄水作為水源之自來水水質，在民眾的使用觀感上一般較以川流水或淺層地下水為水源之自來水水質為佳(肉眼即可見之效果為茶垢 CaCO_3 較少)。因此，若未來我國之自來水水質標準要再提高，但又擬維持較低廉之水價，則以水庫或人工湖為較佳之選項 (註：1.水庫、人工湖集水區須無污染來源。2.新設海岸沙丘因成本偏高，且依台灣枯水期超過半年之水文條件下，亦可能有其他對生態環境之不利影響，如前敘述)。

7. 參訪過程發現各供水單位，對可能之意外情況考量周詳，幾乎都有多項緊急應變設施，例如配備大型柴油發電機以因應停電情況、有第 2 及第 3 供水水源或有足夠之儲蓄備用水量等。而雖然以備援降低缺水風險的觀念在我國也有共識，但始終因不敷成本而難以落實；相對於該國民眾願意支付合理水價以維持高水質與供水穩定的認知，實值得我國參考。
8. 荷蘭全國降雨均勻，水源水量充足，各標的用水雖無搶水爭議，但工業發展過程中所造成之水質污染，卻深深影響水源水量之整體運用，而必須花費更多心力於環境污染防治，以解決水資源問題。我國追求經濟成長之際，如何兼顧生態環境，涵養水資源的質與量，荷蘭的經驗值得我們深思與借鏡。
9. 濕地與雜林是地球環境中最具生物多樣性的生態系之一，惟在台灣因過度追求經濟發展，已有大面積的濕地與雜林在都市化及工業發展的過程中，因被視為無用之邊際土地而被剷除或遭破壞，殊為可惜。荷蘭人在長久與水搏鬥的過程中，明白了與水共存共榮的道理，改變以往視洪水為敵人的治水策略，轉變為注重生態功能的「自然防洪」(Natural flood defence)，藉助於濕地的生態功能來減低洪水的威脅，這是相當值得我們臺灣人借鏡的寶貴經驗。
10. 隨著氣候的異常，全球籠罩在氣候變遷所造成的海平面上升以及極端氣候影響之下，尖峰降雨量愈來愈大，繼續增加堤防高度已無法有效保障居民的生命財產安全，甚至高堤在潰堤後將導致更大的安全危害。因此，近年來荷蘭的水利單位提出「還地於河」(Room for river) 的防洪策略，為增加河道的通洪能力，推動浚深及加寬等策略，讓現有高水堤防退縮，浚深高灘地等增加水道空間。此外，儘可能恢復或保護洪氾平原及濕地 (Floodplain restoration)，希望藉由濕地的蓄洪、滯洪等功能，來減低洪水災難的強度及頻度，同時涵養水源，補注地下水，減緩地層下陷的速度；並透過濕地生態的土壤及植被的物理化學作用，進行水質淨化、提供珍貴稀有動植物的棲息環境，以及都市居民休閒踏青的去處，是值得臺灣參考的觀念。
11. 荷蘭時刻受到來自北海及河川洪水的威脅，所有身家的安全全靠一系列堤防、堤壩及阻浪閘門發揮功能捍衛，所有的防衛體系啟動或關閉的命令係由電腦發佈並啟動運作。展現先進國家尊重專業的精神，並可避免損害賠償時之責任與爭議，值得我們學習。相較之下，我國對水患或缺水等特殊異常之水文事件，仍須依災情規模而由不同層級長官駐場指揮，顯示我國在相關技術及分層負責等方面仍有進步之空間。

12. 荷蘭水資源研究機構，除專研工作之外，並建立相關成果與專利，同時發展應用軟體，注重自我宣傳及國際合作，將成果商業化，爭取資金自給自足，並擴展視野，掌握國際脈動，值得我國規劃研究單位學習。
13. 荷蘭人透過不斷地嘗試錯誤、定期監測及評估檢討，不斷精進其技術，各大水利設施完工後，便將整個計畫之歷史、圖籍、規劃沿革資料及相關機具、文物加以保存，建立史料館供人參觀，並可與現況比較，藉此瞭解環境之變遷，俾教育民眾對水之重視與尊敬，進而達到愛水、惜水之境。其對檔案文史資料保存之用心，值得效法。

二、 建議

1. 荷蘭位於萊茵河出海口，早期(歐盟成立前)河川水質受到上游工業國家(如德國)之污染，但其自來水卻早就可以達生飲之標準。究其原因，在於其水價(含稅約 1.2~2.0 歐元，平均約 1.52 歐元)可以讓水公司負擔其高級處理之成本。因此，若我國之自來水擬進一步提昇水質及提高供水之穩定度，必須有合理的水價作為配套。
2. 雖然我國不具備推動地下水庫之優良條件，但若未來我國因應社會情勢擬推動地下水庫規劃時，建議可比照荷蘭將地下水庫儲蓄水量作為備援用水，以減少因地下水位之大幅變動，造成地表潮濕與乾燥交替，對於原有植物群、動物群和風景等自然生態及環境之負面影響；且地下水庫之補注水源宜師法荷蘭經驗，預先進行前處理。
3. 減抽地下水應為水源涵養之較佳方式，因為其不像抽水會因地表乾燥造成對原有植物群、動物群和風景等自然生態及環境之負面影響；也不像未經淨化之河川水補注，會帶來大量的營養物，造成原有生態和臨近凹地(沼澤)之損害。至於減抽地下水所衍生之替代水源需求，則建議在豐水期增加對川流水之利用，於枯水期則由河川、水庫或人工湖等優先供水，不得已時再抽取地下水因應。
4. 雖然我國之深層地下水與荷蘭一樣具有極佳的水質，且淨水成本極低，但建議若非必要不宜過度使用。此因阿姆斯特丹供水沙丘之實際案例已證明過度的抽取深層地下水可能引起鹹水從更深處向井流動。而台灣地區的深層地下水經以同位素分析多為數百至數千年前之地下水，其大量抽取後，理論上也會加速淺層年輕的地下水(可能有受到污染)向深層移動或發生鹹水向內陸入侵等影響水質或地層壓密下陷等問題。

5. 觀察荷蘭 Biesbosch 人工湖案例，若台灣地區設置人工湖之平均蓄水位可以保持高於周遭之平均地下水位，則於人工湖自然封底前，亦應具有涵養週遭地下水源之功能；且人工湖對於水質改善亦有具體功效，建議國內於推動高屏大湖計畫時可參考該案例向外界說明，並於設計階段據以增加相關功能(如進出水口之布置，以增加水之停留時間等)。
6. 台灣西部沿海在追求經濟發展的過程中，因超抽地下水造成地層嚴重下陷，該下陷地區在大雨後，因洪水難以宣洩，每每成爲汪洋一片。目前規劃於沿海地區開設滯洪池，貯滯洪水，建議若滯洪池之挖方大於填方時，可配合將剩餘土方堆疊於靠海側成土丘，除有培厚、強化海堤之功能，又可在池中或抽水至土丘上使之入滲，使成地下水入滲區，以提高地下水位，將海水楔外推或阻擋。