

經濟部水利署出國報告（出國類別：進修）

聯合國水利環境教育學院 水適應城市

UNESCO-IHE Water Resilient Cities

服務機關：經濟部水利署第一河川局

職稱姓名：副工程司 蘇莎琳

派赴國家：荷蘭

出國期間：104年6月27日至104年7月19日

報告日期：104年10月16日

目錄

	頁次
照片目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	IX
摘要.....	X
第一章 課程緣起.....	1
第二章 受訓課程內容.....	3
2.1 課程目的.....	3
2.2 課程大綱.....	3
2.3 授課師資.....	4
2.4 參與學員.....	4
第三章 課程簡介.....	6
3.1 以風險與適應性為基礎的量化方法.....	6
3.1.1 以風險為基礎之量化方法.....	6
3.1.2 以適應性為基礎之量化方法.....	7
3.2 水適應城市設計 WSUD (Water Sensitive Urban Design).....	9
3.2.1 城市面臨的水資源挑戰.....	9
3.2.2 水適應城市設計的發展.....	9
3.2.3 水適應城市設計的主要原則.....	10

3.2.4 水適應城市設計的應用	11
3.3 水適應城市範例.....	11
3.3.1 德國柏林的 BIGyard Gartenhof	11
3.3.2 中國哈爾濱的群力國家城市濕地公園(Qunli Stormwater Park)	13
3.4 長期治理的最適策略決定.....	14
3.5 對於不確定因素的長期計畫.....	19
3.5.1 因為缺乏知識造成的不確定因素：	20
3.5.2 因為自然變數造成的不確定因素	21
3.5.3 因為決策造成的不確定因素：	22
3.6 荷蘭三角洲委員會經驗.....	23
3.6.1 三角洲計畫的起源與新型三角洲計畫(the Delta Programme)23	
3.6.2 三角洲計畫 2013	25
3.6.2 三角洲計畫 2014	26
3.7 洪水事件遊戲.....	26
3.8 現地參訪.....	27
3.8.1 浮動館.....	27
3.8.2 多爾雷特市(Dordrecht).....	29
3.8.3 水廣場(Water Plaza)	32

3.8.4 天台公園(Dakpark).....	35
第四章 水適應城市分組討論.....	39
4.1 分組討論.....	39
4.2 聖保羅介紹.....	40
4.3 聖保羅旱災的因果關係.....	43
4.4 現今聖保羅水管理對策.....	44
4.5 替代對策(ALT stratages).....	45
第五章 心得與建議.....	48
5.1 心得.....	48
5.2 建議.....	48
參考文獻.....	50
參訓證明.....	51

照片目錄

照片 1 參訓學員合照	4
照片 2 課程中照片	5
照片 3 德國柏林的 BIGyard Gartenhof	12
照片 4 居民一打開窗戶就彷彿走進大自然	13
照片 5 哈爾濱群力濕地公園	14
照片 6 哈爾濱群力濕地公園	14
照片 7 1916 年愛塞美爾湖水災照片	17
照片 8 荷蘭三角洲水閘門	18
照片 9 萊茵河 1995 年因海水位上升造成之水災	19
照片 10 Pannerdensche Kop	20
照片 11 三角洲出口防洪閘門(Maeslantkering)	21
照片 12 Bypass Nijmegen 示意照片	21
照片 13 愛塞美爾(Ijsselmeer)大壩	22
照片 14 三角洲委員會定期於每年九月向議會報告相關進度	23
照片 15 洪水事件遊戲	26
照片 16 洪水事件遊戲進行中	27
照片 17 浮動館實景照	28
照片 18 學員於浮動館前聽講師解說	29
照片 19 多爾雷特市美麗如畫的房屋	30
照片 20 多爾雷特市房屋與堤防合為一體	30
照片 21 講師向學員解說此區域歷史(腳踩之處為堤防)	31
照片 22 每戶門口預留擋水版插槽	31
照片 23 洪水曾經到達高程	32

照片 24	水廣場實景圖.....	34
照片 25	引入水廣場之排水溝.....	34
照片 26	平時無水的水廣場可做為運動場.....	35
照片 27	俯視天台公園照片.....	35
照片 28	天台公園入口.....	36
照片 29	天台公園之地中海香草園.....	36
照片 30	天台公園實景圖(一).....	37
照片 31	天台公園實景圖(二).....	37
照片 32	天台公園實景圖(三).....	38
照片 33	分組隊友討論情形，右為 Evelyn，左為 Noor.....	39
照片 34	分組報告情形.....	39
照片 35	聖保羅水庫面臨乾枯的窘境.....	41
照片 36	聖保羅 cantareira 水庫 2013 年與 2014 年航拍圖比較..	41

圖目錄

圖 1 預測每年的年度損害(EAD, Expected annual damage).....	6
圖 2 以適應性為基礎的分析方法.....	7
圖 3 以 Ijssel 為例之斜率示意圖	8
圖 4 透過 WSUD 的水平衡方式圖	10
圖 5 德國柏林“BIGyard Gartenhof”的設計平面圖	12
圖 7 荷蘭水資源的發展背景預測圖	16
圖 8 荷蘭水資源未來面對的挑戰示意圖.....	16
圖 9 馬斯河流域分布圖	29
圖 10 水廣場雨水收集示意圖	33
圖 11 聖保羅州水系分布圖	40
圖 12 巴西聖保羅市 cantareira 水庫 1930~2014 年降雨平均數據	42
圖 13 聖保羅旱災原因魚骨圖.....	43
圖 14 水管理策略的期程分配.....	47

表目錄

表 1 課程大綱.....	3
表 2 易處理性之區域分級表.....	9

摘要

聯合國教科文組織水利環境教育學院(UNESCO-IHE)位於荷蘭台夫特(Delft)，為世界上最大的水教育機構，也是聯合國各組織中唯一被授權可以授予以理學碩士學位的機構。此機構於 104 年 6 月 29 日至 104 年 7 月 17 日開設「水適應城市(Water Resilient Cities)」三週短期課程。課程內容介紹目前都會區最新的治水思維“水適應城市設計”(WSUD)，並瞭解目前水適應城市的相關例子，藉由例子的探討瞭解水適應城市的作為，並分組舉例討論水適應城市，水適應城市設計(WSUD)已經不只是一個未來的理論，而是我們可以實現綠色城市、清澈的水和更美好生活環境的一種方法。

水適應城市設計是對於土地的整合計畫，透過對自然資源的智能管理，而達成健康的生態系統及生活方式，進而對城市環境做出貢獻。藉由整合土地規劃和工程的於一體的都會水循環設計，包括雨水、地下水、污水以及自來水供應，採用對生態環境最小衝擊之方法進行綠色城市設計，以達到美觀及休憩之需求。

短期課程中包括一天的實地參訪，參觀了鹿特丹(Rotterdam)水廣場、浮動館、天台公園等地，使學員親眼目睹鹿特丹對於水管理的新穎設施，留下深刻印象。

關鍵字：水適應城市、荷蘭、水適應城市設計。

第一章 課程緣起

UNESCO-IHE 水教育學院(Institute for Water Education)是一家進行水教育的國際院校，成立於 2003 年，脫胎於原 IHE 學院。IHE 學院從水利工程國際課程(成立於 1957 年)發展而來，1976 年該課程更名為水利和環境工程國際學院(IHE)。UNESCO-IHE 位於荷蘭的代爾夫特(Delft)，由聯合國教科文組織和荷蘭政府共同成立，屬於聯合國教科文組織的 I 類機構，由所有聯合國教科文組織成員國共同擁有。

UNESCO-IHE 完全靠預算外資金進行運作，代表了聯合國教科文組織內部一種新穎獨特的模式，即通過創新的企業方式確保資金來源。該學院是世界上最大的水教育機構，是聯合國系統中唯一被授權可以授予以理學碩士學位的機構。

UNESCO-IHE 在強化其他院校和研究機構的成果、增加水領域專業人士的知識技能方面起到了重要的作用。聯合國教科文組織的成員國可以在人力資源和機構能力培養方面獲得 UNESCO-IHE 提供的知識和服務，對於實現千年發展目標、約翰內斯堡實施計劃(21 世紀議程) 和其他全球水目標的努力具有極其重要的意義。

UNESCO-IHE 的功能包括：

1. 在制定水教育碩士研究生項目和職業再教育的國際標準方面發揮領導作用。
2. 為發展中國家提供能力建設培訓。
3. 提供教育、培訓和研究項目。
4. 在世界範圍內建立並管理教育、水領域機構和組織的網路。

5. 作為聯合國教科文組織成員國和其他利益相關者的「政策論壇」。
6. 提供水教育方面的專業知識和建議。

自 1957 年成立之日起，IHE 已為來自 160 個國家、超過 13,500 名專業人士（包括工程師和科學家）提供了碩士研究生教育，幾乎涵蓋了所有發展中國家/轉型國家。已有超過 50 位博士研究生從學院畢業，並在世界範圍內實施了大量研究和能力建設項目。

氣候變遷導致全球性水文週期激化，極端氣候對都會區水資源造成主要的影響。在全世界的許多都會區，氣候變化也影響社會經濟和環境發展。荷蘭國際水利環境工程學院（IHE）遂訂於 104 年 6 月 29 日至 104 年 7 月 17 日舉辦「水適應城市」之短期研習課程。藉由課程學習瞭解不同思維水資源管理的概念，瞭解全球各都會區中如何以更全面性的手段取代傳統治水方式，並與各國參訓學員進行技術交流及經驗分享，加強推展國際事務聯繫及技術交流等相關事宜。

第二章 受訓課程內容

2.1 課程目的

荷蘭國際水利環境工程學院 (IHE) 舉辦本次「水適應城市」之短期研習課程，其主要目的如下：

- (一) 定義和評估城市中洪水和乾旱的適應性。
- (二) 開發和分析都會區的洪水風險管理策略。
- (三) 解釋在都會區中針對洪水風險管理的新興方法與技術，並討論全面性的政策。
- (四) 針對防洪抗旱能力提供分析和多層次的管理。

2.2 課程大綱

本次「水適應城市」短期課程自 104 年 6 月 29 日至 104 年 7 月 17 日，授課課程大綱如表 1，課程簡介請詳第三章。

表 1 課程大綱

編號	課程
1	水適應城市設計
2	趨勢點
3	全球都市化情況及水適應城市概論
4	水適應城市設計圖集
5	藍與綠之基礎建設
6	洪水事件遊戲
7	鹿特丹現場參觀

除了授課課程內容外，另外在此短期課程亦分小組討論，需由小組提出一城市為範例，討論其洪災或旱災的原因，並提出相關因應對策，相關的小組討論內容詳第四章。

2.3 授課師資

課程由 UNESCO-IHE Gersonius 講師為召集人，師資如下：

(一)Berry Gersonius：畢業於台夫特理工大學土木工程碩士，現為 UNESCO-IHE 都市洪災適應性的資深講師。

(二)Pieter Bloemen：畢業於荷蘭萊頓大學，目前為三角洲計畫之專員。

(三)William Veerbeek：畢業於荷蘭阿姆斯特丹 VU 大學，現為 UNESCO-IHE 之研究員。

(四)Chris Zevenbergen：UNESCO-IHE 都市洪災適應性的教授。

(五)Jeroen Rijke：客座研究員。

2.4 參與學員

本短期課程學員計 14 人，除了 4 位為「水適應城市」短期研習課程學員外，其餘均為 UNESCO- IHE 的碩士班學生，來自於不同學程，包含洪災風險管理、水利科技、水資源管理、水利工程及流域發展等學程(詳照片 1)。



照片 1 參訓學員合照



照片 2 課程中照片

第三章 課程簡介

3.1 以風險與適應性為基礎的量化方法

近年來很多洪水事件造成毀滅性的災害，於此使用“以風險為基礎”及“以適應性為基礎”兩種方法來量化這些災害，做為未來治理及成本考量的依據。

3.1.1 以風險為基礎之量化方法

傳統上常採用以風險為基礎的方法來做為洪災風險管理的決策，以控制其投資成本，洪災風險通常都被表示成一個數字，以圖 1 為例，縱軸為經濟損害(單位：十億歐元)，橫軸為頻率(單位：年)，EAD 所圍成的面積即為其預測的年度損害。

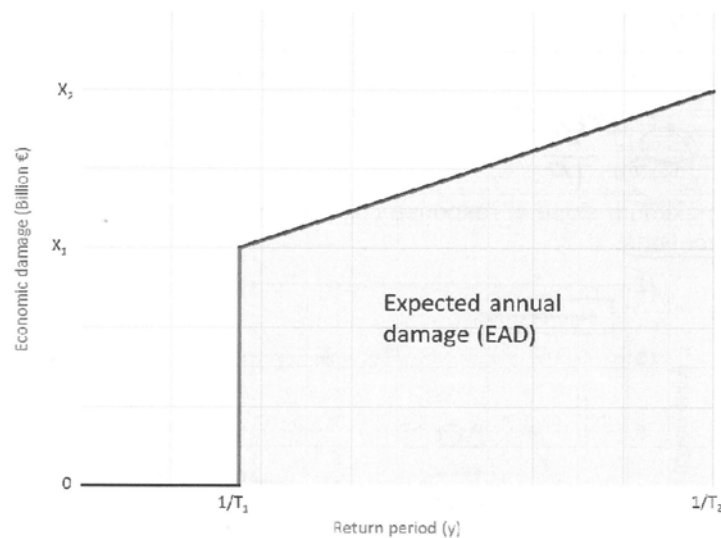


圖 1 預測每年的年度損害(EAD, Expected annual damage)

在這個圖中 EAD 反應的值代表易致災地區的淹沒損害程度，如果該地區沒有因洪水帶來經濟或社會上的影響，則反應的數字將會是零。

如果採取興建堤防或消波塊等防護措施，將會減少小部分洪水

的影響，而且會降低易致災地區的損壞。在這個評估系統中，未興建防洪設施地區的影響將比低地興建堤防的影響更為顯著，隨著洪水流量的增加，其經濟損害之反應也會呈等比例的增加，例如農作損失、建物損害等等。

3.1.2 以適應性為基礎之量化方法

以適應性為基礎之量化方法係以方程式顯示洪水事件的結果，以三個參數形成一個函數，這三個參數如圖 2，分別是抵抗門檻 (Resistance threshold)、斜率 (Proportionality)、易處理性 (Manageability)，各參數詳細說明如下：

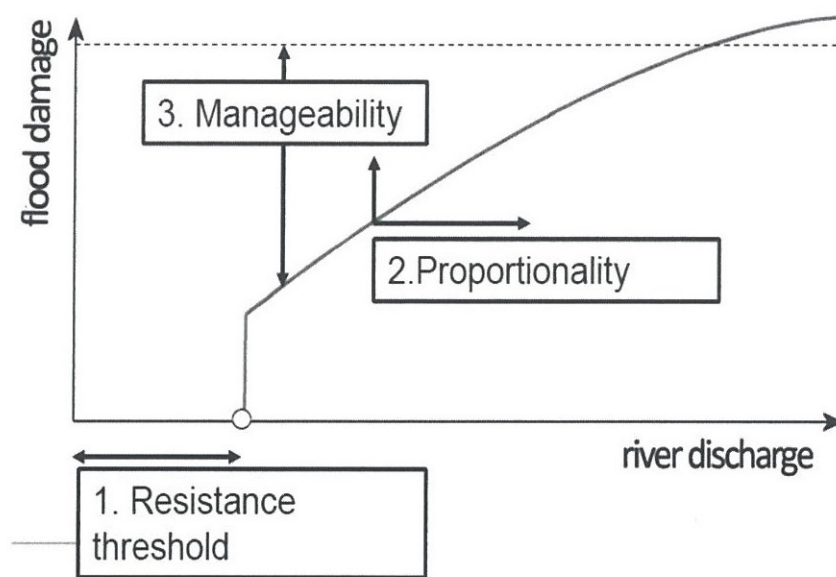


圖 2 以適應性為基礎的分析方法

(一) 抵抗門檻 (Resistance threshold)

由圖 2 可知一開始河川的流量尚未達到抵抗門檻時，洪災損害將為零，直到此抵抗門檻被抵消之後，系統才開始出現洪水災害的數值。藉由此圖可以將開始受到損害的

值除以最大損害的值，得到一個 0~1 之間的分數，做為抵抗門檻的評比。

(二)斜率(Proportionality)

此參數為曲線中之最大斜率值，如圖 3 所示，藉由下式求得一個 0~1 的分數。

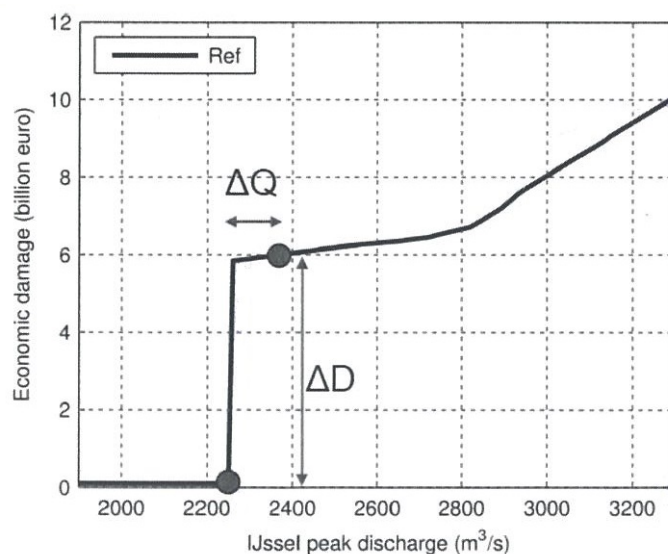


圖 3 以 IJssel 為例之斜率示意圖

$$\text{斜率 } y=1-[S_{\text{maxi}}/\max(D_i)]$$

其中 S_{maxi} 為曲線中的最大斜率

$\max(D_i)$ 為曲線中最大的損害值

(三)易處理性(Manageability)。

在這個地方，易處理性代表著政府針對洪水事件的分數。修復程度依分數高低被分為三個區域如表 2，每個區域分界點為 GRP 的 5%(下邊界)及 GDP 的 5%(上邊界)。

表 2 易處理性之區域分級表

區域	涵意	分數
I	容易被修復。此影響地區可以容易地被修復。	1
II	不容易被修復。此影響地區可以被修復，但需投入較多資源。	0.5
III	不可能被修復。需要國際性的支援或政權的轉換。	0

當針對防洪建設需提出各種方案時，可藉由上述兩種方法量化方案的預估結果，以選擇更經濟性、更有可行性之較適方案。

3.2 水適應城市設計 WSUD (Water Sensitive Urban Design)

3.2.1 城市面臨的水資源挑戰

- (一)都市化與人口的增加。
- (二)氣候變遷造成的極端氣候，將有更多的洪旱事件發生。
- (三)水的品質與數量影響著能源與食物的安全性。
- (四)為了提升環境的品質，水處理費用成本將增加，例如英國預計現在的 300 億英磅/年至 2027 年將會達到 1000 億英磅/年。

3.2.2 水適應城市設計的發展

水適應城市設計(WSUD)已經不只是一個未來的理論，而是我們可以實現綠色城市、清澈的水和更美好生活環境的一種方法。

水適應城市設計是對於土地的整合計畫，透過對自然資源的智能管理，而達成健康的生態系統及生活方式，進而對城市環境做出貢獻。藉由整合土地規劃和工程的於一體的都會水循環設計，包括雨水、地下水、污水以及自來水供應，採用對生態環境最小衝擊之方法進行綠色城市設計，以達到美觀及休憩之需求。如圖 4 水適應城市設計下的水循環，將比傳統的城市水循環多了水的再利用及減少逕流量等，有效的降低洪災的機率。在水適應城市設計中有許多

創新的綠色解決方案，如模組化的雨水儲留系統、都會區的防洪和都會區生態環保，透過生機綠色系統實現乾淨的水資源目標。

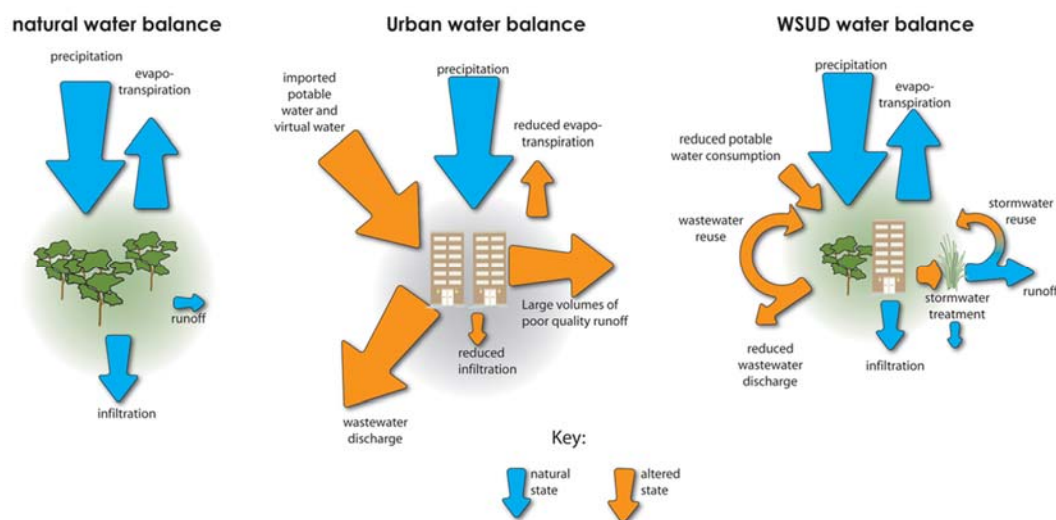


圖 4 透過 WSUD 的水平衡方式圖

WSUD 的好處不勝枚舉，其可減少洪水風險、改善水質提供更高安全性的供水、減少管理資源的浪費達到節能減碳的效果，增加農業生產等。

3.2.3 水適應城市設計的主要原則

- (一)保護水路。
- (二)保障都會區的發展，並保留有價值的社會資產。
- (三)管理雨水的分佈與儲留，減少逕流量，並在雨水排入水路前儘量達到淨化水質之功效。
- (四)以最大的利益及最經濟化的方法辦理設計。
- (五)提高了水資源的舒適性和安全性，並加強自然特性，如河流，湖泊。

WSUD 將排水的水處理系統所需成本達到最小化，減少大尺寸管道的興建，以相關的解決方案取代其他大型網路水系排水基礎設

施的開發成本。

3.2.4 水適應城市設計的應用

WSUD 包括一系列的應用，包括：

- (一)綠美化或環境營造。
- (二)滲透溝和生物滯留系統。
- (三)總污染物的陷阱，濕地和池塘底泥。
- (四)雨水儲留設備：雨水收集和再利用。
- (五)污水回收再利用。
- (六)雨水花園、空中花園及都會區的森林公園。
- (七)多孔隙之透水性路面。
- (八)蓄水層補給和再利用。

目前全世界已採用較先進的技術提供不同於以往的方案，例如雨水收集與管理、蓄水層補給、污水處理設施、都會區生態解決方案等各方面，做為水適應城市的創新之舉。

3.3 水適應城市範例

3.3.1 德國柏林的 BIGyard Gartenhof

德國柏林的 BIGyard Gartenhof 在 2013 年得到了聯合住房園林建築特別獎等幾個園林建築項目，為近代綠建築的成功案例之一。



照片 3 德國柏林的 BIGyard Gartenhof

這個社區共提供了 90 位成人和 60 位兒童的居住及生活環境，社區內的花園院子長 95 米寬 13 米，滿足了民眾渴望自然環境的需求，除了提供蓄水空間外，綠美化的院子提升了生活品質，並為都市帶來許多綠意。



圖 5 德國柏林“BIGyard Gartenhof”的設計平面圖



照片 4 居民一打開窗戶就彷彿走進大自然

3.3.2 中國哈爾濱的群力國家城市濕地公園(Qunli Stormwater Park)

哈爾濱的群力國家城市濕地公園利用城市所儲存下來的雨洪水，將公園轉化為城市雨洪公園，從而為城市提供了多重生態系統服務，它可以收集、淨化和儲存雨水。

沿濕地四周佈置雨水進水管，收集新城市區的雨水，使其經過沉澱和過濾後進入核心區的自然濕地。不同深度的水泡為鄉土水生和濕生植物群落提供多樣的棲息空間。

總體的設計理念是，通過最少的工程量，來實現城市、建築及人的活動與洪泛過程的和諧共生，實現城市綠地的綜合生態系統服務功能。



照片 5 哈爾濱群力濕地公園



照片 6 哈爾濱群力濕地公園

3.4 長期治理的最適策略決定

策略決定對於治水來說是非常重要的一環，成敗影響深遠，如何在長期治理中選擇最適策略，以下將就荷蘭近年來的例子做說明：

(一) 荷蘭現況

1. 人口密度為 1700 萬人口/37000km²。
2. 國民所得 GDP8000 億歐元
3. 整個荷蘭有 59% 的國土面積易受洪災影響

- 4.長久以來的治水政策，導致堤防、壩體結構物等愈築愈高。
- 5.有 16%的經濟是仰賴乾淨的水資源。

(二)荷蘭的發展預測

隨著社會經濟及氣候變遷的因素，荷蘭水資源的發展背景預測分為四個象限如圖 6：

1. 社會經濟成長及氣候變遷趨緩--忙碌(BUSY)：人口於 2050 年達到 2000 萬人，2100 年達到 2400 萬人，持續都市化、冬天降雨量增加 4~7%、2100 年海平面比目前上升 35cm。
2. 社會經濟成長及氣候變遷快速--緊張(STEAM)： 人口於 2050 年達到 2000 萬人，2100 年達到 2400 萬人，持續都市化、冬天降雨量增加 14~28%、2100 年海平面比目前上升 85cm。
3. 社會經濟趨緩及氣候變遷趨緩--安定(REST)： 人口數至 2050 年成長趨於平緩，至 2100 年減少約 120 萬人，都市化趨緩、冬天降雨量增加 4~7%、2100 年海平面比目前上升 35cm。
4. 社會經濟趨緩及氣候變遷快速--溫暖(WARM)： 人口數至 2050 年成長趨於平緩，至 2100 年減少約 120 萬人，都市化趨緩、冬天降雨量增加 14~28%、2100 年海平面比目前上升 85cm。

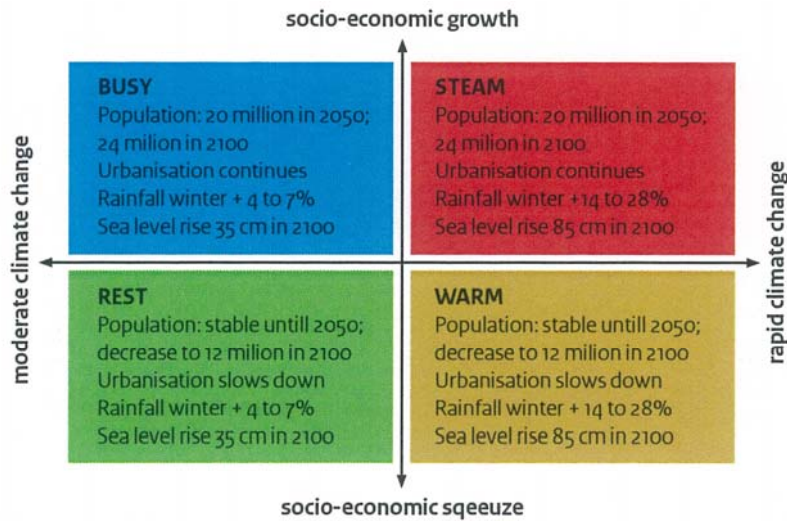


圖 6 荷蘭水資源的發展背景預測圖

(三) 荷蘭未來的挑戰

荷蘭水資源未來面對的挑戰如圖 7，包括

1. 陸地海平面太低造成的鹽分侵入。
2. 極端氣候造成的更多暴雨。
3. 海平面的上升(約 60~85cm/年)，以及因海平面上升造成的侵蝕及陸地後退。
4. 冬天降雨量增加、夏天降雨量減少。

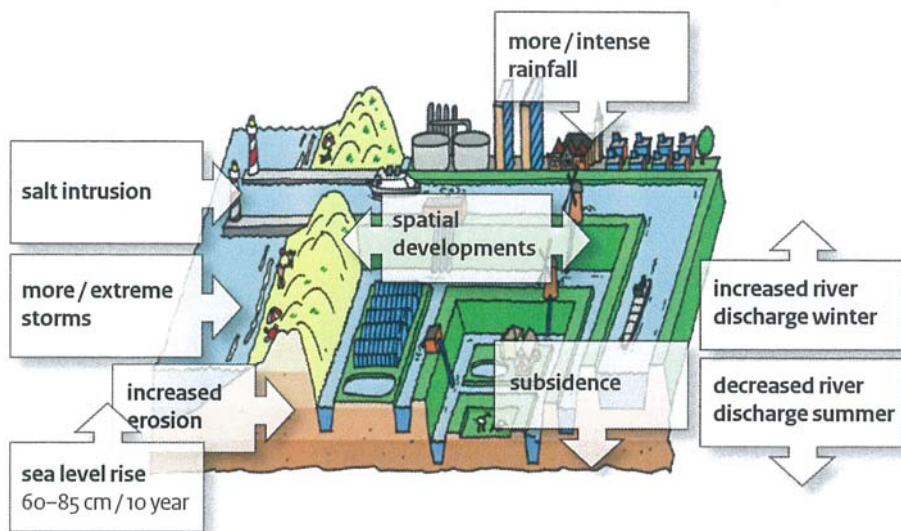


圖 7 荷蘭水資源未來面對的挑戰示意圖

(四)過去的治理

過去的治理總是在洪災後才開始檢討對策，例如三個在 20 世紀的洪災，照片 7 中，1916 年跟 1932 年愛塞美爾湖(IJsselmeer- lake)淹水的情形、及照片 8 中三角洲於 1953 年的洪水後興建之水閘門，荷蘭史上最嚴重的水災發生在 1953 年，造成荷蘭一千八百多民眾死亡，南部低地被水淹了十個月。從此荷蘭積極築高堤、建水閘，跟大自然爭地。荷蘭興建了全世界最長、最複雜的水患防衛線，包括兩千四百公里的高堤、和壯觀的大閘門，吸引全世界各國治水專家前來取經。



照片 7 1916年愛塞美爾湖水災照片



照片 8 荷蘭三角洲水閘門

雖然荷蘭過去以築高堤和建閘門來防堵水患，也的確讓人民安居了數十年，到了 1970 年代，開始有人質疑堤防、水閘會讓內陸運河優養化、破壞海岸生態，建議拆掉堤防，但多數荷蘭人並不贊同這個看法。之後，直到 1995 年歐洲萊茵河大水災(詳照片 9)，荷蘭撤離二萬五千居民，那次水災造成歐洲各國共三億多歐元的經濟損失。水災後，荷蘭人開始檢討，幾百年的防堵工事，是不是該修正了，隨之而來才有「還地於河 (Room for the River)」政策。

2000 年，荷蘭正式宣布，內陸將以「還地於河」，將河道挖寬，拆除水壩、防洪堰，再將河岸的農業地改成氾濫區。



照片 9 萊茵河1995年因海水位上升造成之水災

(五)現在及未來的水資源管理

在世界性愈來愈頻繁發生的天災裡，荷蘭人終於體認到，要平息水患，必須先和大自然妥協，別再以為人定勝天。水資源管理觀念也由「與海爭地」變成「還地於河」，三角洲計畫便是如此應運而生的，他們認為防災勝過災難善後，荷蘭現在的治理採預防策略，採用荷蘭新式的三角洲計畫，也就是未來的三角洲工程，它的主要目的是為了防止水患，以及維持現在和未來的淡水供應標準。荷蘭是一個地勢低窪，繁榮和人口密集的三角洲，非常容易出現水患。如果一旦淹水了，無論在經濟或民生上都會受到無窮損害。但三角洲實在是太珍貴了，因此一定得採取必要的措施來保護它。在過去，雖然曾因安全措施未達標準而措手不及，而這個新式的三角洲計畫則是為了確保我們已有完善的規劃而不會再措手不及。

3.5 對於不確定因素的長期計畫

不確定性主要來自於缺乏相關知識及能力，量測或計算估計和

實際值(真值)的差異。它包含了知識不確定性(knowledge uncertainty)、自然變數(natural variability)及決策不確定性(decision uncertainty)。

3.5.1 因為缺乏知識造成的不確定因素：

為了減少缺乏知識造成的不確定因素，有下列作法：

(一)增加對洪水事件的研究

增加對洪水事件的研究，藉由對洪水事件的多方面瞭解，以減少缺乏知識造成的不確定因素。



照片 10 Pannerdensche Kop

(二)更強化結構物的設計

以設計的最高水位增加一定數字的出水高做為保險值，以因應未知的變化因素，或增加抽水系統以提高滯洪池的容量。

(三)增加對結構物的設計強度、敏感性分析的試驗，以減少失敗的機率。

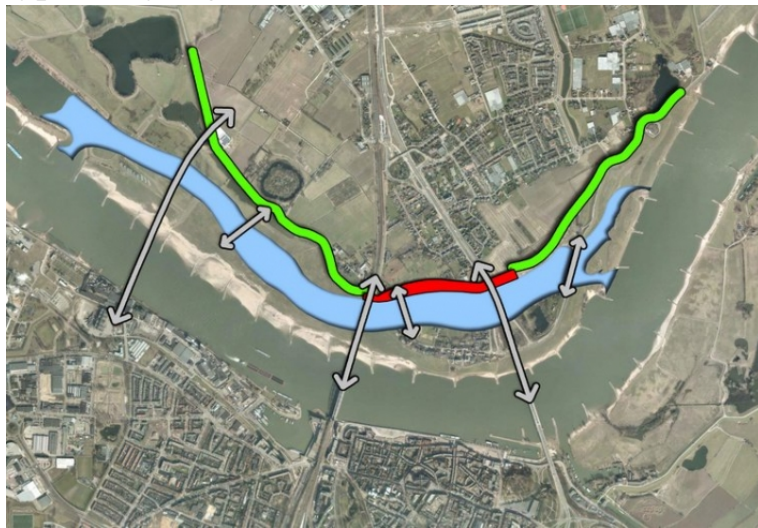


照片 11 三角洲出口防洪閘門(Maeslantkering)

3.5.2 因為自然變數造成的不確定因素

為了減少自然變數造成的不確定因素，可參考三角洲式管理的四個方法：

- (一)結合短期的決定與長期的任務：例如在還地於河計畫中 Bypass Nijmegen 之建設，改變既有思維，成為長期的任務。



照片 12 Bypass Nijmegen 示意照片

- (二)有時並不一定急需於短期內完成建設，以長期思維的考量也是必須的，例如愛塞美爾(Ijsselmeer)區域以大壩來控制湖面的水平面。



照片 13 愛塞美爾(IJsselmeer)大壩

(三)地方稅額的彈性：對於基礎建設的加速或減緩皆能提供相關支援。

(四)連結其他投資議題(老化的基礎建設、自然生態、內陸船運等)，綜合的好處可增加社會價值及成本投資的效率。

3.5.3 因為決策造成的不確定因素：

係指決策過程中不同行為可能導致不同結果，透過相關分析，希望達成下列目標：

(一)決策的穩定性(robustness)及韌性(resilience)：

決策部門必需要有多層次多元化的組合，多元組合可減少決策的失誤。

(二)面對未來改變的調適策略：

提高其他範疇投資者的興趣及野心，例如生態自然、休憩娛樂及都會區發展，多目標多功能堤岸的選擇將會比傳統的堤岸更為優先。

(三)決策選項的可逆性

定期向主政者報告進度，追蹤各項建設完成的時程以

確保政策的執行進度，以便修正相關政策。



照片 14 三角洲委員會定期於每年九月向議會報告相關進度

3.6 荷蘭三角洲委員會經驗

3.6.1 三角洲計畫的起源與新型三角洲計畫(the Delta Programme)

數世紀以來，Rhine、Meuse and Scheldt 三條河流所形成的河口三角洲便是荷蘭境內水患的主要原因。荷蘭人在 1927 到 1933 年間於北愛爾蘭省 Den Oever on Wieringen 之間打造了長達 32 公里、寬度為 90 公尺的超大型堤壩 Afsluitdijk 後，開始研究如何在 Rhine、Meuse 三角洲地區建構堤壩，以縮短海岸線，並將原來三角洲轉變為淡水湖泊。藉由縮短海岸線，俾降低對堤防的維護長度。

三角洲計畫肇因於 1953 年荷蘭發生史上最嚴重的水災。該次水災造成荷蘭超過 1,800 民眾死亡，部分南部低地淹水時間超過 10 個月。於是，荷蘭設立了三角洲工程委員會(Delta Works Commission)，檢討過去的防洪計畫後，發展出所謂的「三角洲計畫(Delta plan)」，在其西南沿海開始了大型堤防水閘工程，與大自然爭地。然而，1970 年代，這些水利設施使內陸湖泊與運河發生了優養化與營養鹽循環等其他水質問題，而當然海岸生態環境也因水文環境的改變而發生

變化，於是堤防的存廢於否成為當時社會討論的議題。

1995 年歐洲萊茵河洪災，荷蘭撤離的民眾達 2 萬 5 千人，歐洲各國的經濟損失超過三億歐元，因此，荷蘭開始檢討以往的圍堵策略。2000 年，荷蘭實施「還地於河 (Room for the River)」政策，主要的概念和做法在於拓寬河道，拆除部分地區閘門；並將部分河岸的農地改成氾濫區，同時考慮到河川的生態功能。這是因為荷蘭了解到它必須與水共生、與災害共存道理，新型三角洲計畫如此逐漸醞釀而生。

新型三角洲計畫(the new-style Delta Plan, the Delta Programme)涵蓋的範圍不僅在防洪，它也包括了未來穩定淡水的供應無虞。主要概念如下：

(一)它是「國家水計畫(the National Water Plan) (2009-2015)」的一環，宗旨在保護國家免於水患和確保足夠的淡水供應並非短期的議題；這是個百年的規劃，以確保使國家免於水患，及確保潔淨的供水。

(二)設置荷蘭三角洲委員長。他的政治層級相當於部會首長，任期為七年，專責執行新型三角洲計畫(2011 開始任命的三角洲委員長為 Wim Kuijken)。

由此，重要決策除洪水安全與淡水供應策略外，還包括了菁華地區艾瑟湖 IJsselmeer 區域的水位管理、Rhine-Meuse 三角洲的策略，和為達此目的而進行的全國性的國土空間規劃與都市計畫及經濟空間調適。

2014 年三角洲計畫(Delta Programme 2014)也被稱為「第四個三角洲計畫 (The fourth Delta Programme)」。它將進入了一個新的階段，其內容主要是提出一個新的安全標準。這個新安全標準使用風

險為基準的取向 (a risk-based approach)：防洪標準決定於洪水風險以及發生洪水的後果。首先，荷蘭領土內每個人都享有共同安全的基準(everyone in the Netherlands should enjoy the same basic safety level)。人口稠密處或經濟價值高的地區則享有更高的保護標準，並依此原則指出若干符合條件的地區。

荷蘭的三角洲計畫在還地於河策略中成功塑造了生活、生產、生態結合為一的地景。然而，荷蘭也自知，其來自海岸和河川上游的爆潮與洪水等防禦工事仍不完善，乾旱的威脅也給與其水資源策略更大的壓力。尤其在氣候變遷的威脅下，並需在知識共享、知識創新上更努力，並發展出更綿密的中央與地方，以及跨部門的合作關係。

3.6.2 三角洲計畫 2013

「Delta Programme 2013-Working on the Delta」報告呈現了 3 個重點：

(一)洪水風險管理與空間調適(Flood risk management and spatial adaptation)-DP2012 的研究結果使得洪水風險管理的範疇與標的更為清楚，中央與地方政府在「水管理協定 (Administrative Agreement on Water)」上達成了財務上的共識。對防洪堤防予以檢討，並指出其中未達法定之防洪標準的現況。自從 2011 年開始，對防洪系統對社會成本與效益以及災損風險進行分析，經過 2012 與 2013 年的檢討，結論僅需要對部分地區加強防洪措施。。

(二)淡水的供應(Freshwater supplies)：所有建設的前提下，皆需確保淡水的供應，淡水供應亦是重要的經濟支柱，必須確保未來的淡水供應安全無虞。荷蘭國土三分之二低於海平面，

最大的港口就在愈來愈不安定的萊因河下游，治水直接影響國家安全。

(三)可施展身手的方法。

3.6.2 三角洲計畫 2014

第四個三角洲計畫側重於一個新的飲水安全標準的建議草案。新標準使用納入風險的考量，計畫要達成在荷蘭每個人都應該享受基本相同的安全級別。

3.7 洪水事件遊戲

洪水事件遊戲，以分組的方式來進行洪水事件演練，藉由各種隨機的洪水事件，以及每個人擔任不同角色，如政府各部門、民間團體，來進行洪水事件的模擬。



照片 15 洪水事件遊戲

每個人手上都有一定的資金籌碼與特定的資源，特定的資源如糧食、救難船、消防車等，如何在有限的資金及時間下，對各區域的洪水事件做預防或救災，最後的成效都有一定的分數。

透過這遊戲可以瞭解到縱向溝通與橫向溝通是非常重要的，政

府的決策者也大大的影響最後的結果。最後我們這組的總成績雖然輸給了其他組，但後續的檢討和討論也讓我們留下了深刻的印象，我們檢討了在遊戲中決策的失誤，如果改變那一項決策可能在最後得到更高的分數，猶如在現實生活中，決策是否可逆，決策的形成及決策後的影響，皆影響整個水管理的成效。



照片 16 洪水事件遊戲進行中

3.8 現地參訪

在這個水適應城市的短期課程中有現地參訪，參觀了鹿特丹許多新穎的建設，鹿特丹很多特色建築也是舉世聞名的，藉由現地參訪目睹了可做為水適應城市設計的新型態設計，可謂獲益良多。

3.8.1 浮動館

為了因應氣候變化和海平面上升的挑戰，鹿特丹建立一些有趣的浮式結構。我們參觀的浮動館，是由三個透明半球相連而成，外表看起來像氣泡。這個浮式結構的設計是創新的建築物，可做為未來對抗海平面上升或因應洪災的新式結構物。



照片 17 浮動館實景照

鹿特丹有著雄心勃勃的計畫，而這個造型新穎的浮動館是他們的第一個原型，他們希望藉由建立一個浮動的家園社區，以適應海平面上升。

浮動館所採用的材料為 ETFE，其為半透明塑料材質，具有透光性、耐腐蝕性，重量比玻璃輕約 100 倍，為理想的浮動結構材質。浮動半球有 40 英尺高，總建築面積為四個網球場的大小，目前這個浮動館用於展覽和活動，浮動館內空調系統依靠太陽能發電。浮動館還淨化地表水供廁所使用，並將本身的污水處理後再向外排入水中，達到對環境沒有負面影響的效果，並希望能減少百分之五十的碳排放，以達到對環境保護的需求。



照片 18 學員於浮動館前聽講師解說

鹿特丹已規劃興建浮城區，未來的浮城區的居住、購物及工作，皆會在水面上，非常期待這個現實的創新的方法，希望很快可以在鹿特丹看到這個未來城市的誕生。

3.8.2 多爾雷特市(Dordrecht)

多爾雷特市位於鹿特丹市上游的一個河濱城市，位於馬斯河畔，整個流域分布圖詳圖 8。



圖 8 馬斯河流域分布圖

多爾雷特市有一部分是以填土的方式成為一個人工島，房屋就建築在堤防上方，現地參訪當天天氣良好，整個城市就像是一幅畫。



照片 19 多爾雷特市美麗如畫的房屋



照片 20 多爾雷特市房屋與堤防合為一體



照片 21 講師向學員解說此區域歷史(腳踩之處為堤防)

為了避免淹水，住戶門口設有插槽作為固定擋水版之用，如照片 22。



照片 22 每戶門口預留擋水版插槽

萊因河三角洲於 1953 年經歷大洪水，多爾雷特市淹水高度標示於牆上作為紀念，約略為 1.55 公尺，詳照片 23。



照片 23 洪水曾經到達高程

3.8.3 水廣場(Water Plaza)

隨著氣候變遷，世界各地皆需要有一些新的作為來適應極端氣候。對於某部分人來說，意味著興建抵禦旱災、熱浪或颱風等之建設。但對於鹿特丹來說，最重要的就是面對洪水的適應性，必需著手於防洪和滯洪。

都會區因為人行道和道路的不透水性，常造成逕流量超出下水道可以負荷的範圍，因此造成淹水。我們都經歷過突如其來的強降雨造成街道的淹水，因為極端氣候，導致愈來愈多超過下水道負荷程度的強降雨產生，我們不能阻止強降雨的產生，但我們可以確保在一些工程手段下，將水的流向處理得更好。

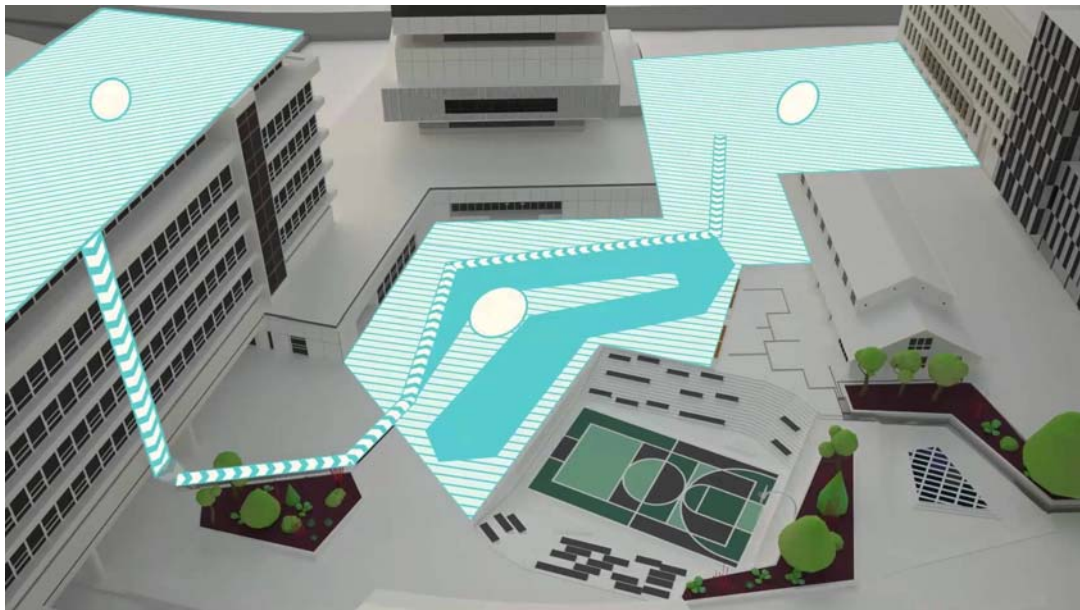


圖 9 水廣場雨水收集示意圖

鹿特丹是一個濱海城市，大部分的面積都在海平面以下。它制定了詳細的水管理計畫，以滯洪的方式避免都會區遭受強降雨和海平面上升的雙重挑戰。計畫包括空中花園和大量的綠美化，以吸收水分，降低逕流量，而水廣場的興建也是計畫中的一部分。

在沒有雨的天氣，水廣場的運作就像任何其他的公共廣場一樣，人們可以在此休憩、運動、表演等。下雨時，周邊街道的水經由排水溝及過濾器排入廣場，減輕周邊的排水壓力，水廣場變成了滯洪池，且不會填滿髒水。

水廣場可以放置在城市周圍的特別位置，以不同的形式在不同地區，它們可能是公共廣場，但這個想法也同樣適用於遊樂場、溜冰場或籃球場。

鹿特丹的很多新建設都包括了雨水滯留設備，它使都會區提高了水適應能力，對於其他許多城市提高適應氣候變化的能力，提供了借鏡。



照片 24 水廣場實景圖



照片 25 引入水廣場之排水溝



照片 26 平時無水的水廣場可做為運動場

3.8.4 天台公園(Dakpark)

令人難以想像，在一排店鋪的屋頂上有一個 1.2 公里長的公園，這可能是在歐洲的屋頂最大的公園。



照片 27 俯視天台公園照片

照片 28 為天台公園入口，入口的解說牌說明天台公園可視為另類的堤防，在這個高築的公園之下，有停車場、餐廳及購物中心。



照片 28 天台公園入口

隨著陡坡而上，堤頂公園內有一片地中海香草園(詳照片 29)，可提供做為舉辦活動、烤肉等用途，在香草園旁邊有一間餐廳，坐在餐廳內用餐的視野沒有阻礙，用餐氣氛令人心曠神怡。



照片 29 天台公園之地中海香草園

當地居民也參與了公園的建設與維護，他們自願在公園裡種植花草樹木，並於開放時間維護公園整潔。



照片 30 天台公園實景圖(一)



照片 31 天台公園實景圖(二)



照片 32 天台公園實景圖(三)

第四章 水適應城市分組討論

4.1 分組討論

本次課程由教師將學員分為四組，各組將舉一個城市來作為研究對象，並需探討其致災原因及如何改善為水適應城市。因前陣子臺灣的缺水狀況，使得我被分入了旱災組，組員有來自賴索托的 Evelyn 跟 Tlhoriso，以及來自伊朗的 Noor。經過討論，我們以巴西的聖保羅市最近所遭遇到的旱災做為研究對象。



照片 33 分組隊友討論情形，右為Evelyn，左為Noor



照片 34 分組報告情形

4.2 聖保羅介紹

聖保羅市位於巴西的西南邊，它在南美洲為重要的經濟角色之一，也是巴西的經濟中心，總人口數約 1990 萬人。

今(2015)年年初的 6 個月是巴西 84 年以來乾旱最嚴重的時期，聖保羅市主要仰賴維生的 Cantareira 河流系統水量只剩下其容量的 10.7%，對附近 2 千萬人口都會區和南美洲大陸的經濟樞紐來說是嚴重的警訊，這場乾旱衝擊巴西東南和中部地區，由於水資源有限，各城市必須以配給的方式來分配有限的水資源，水力發電也受到影響，各地區之間也因水源分配問題發生衝突。

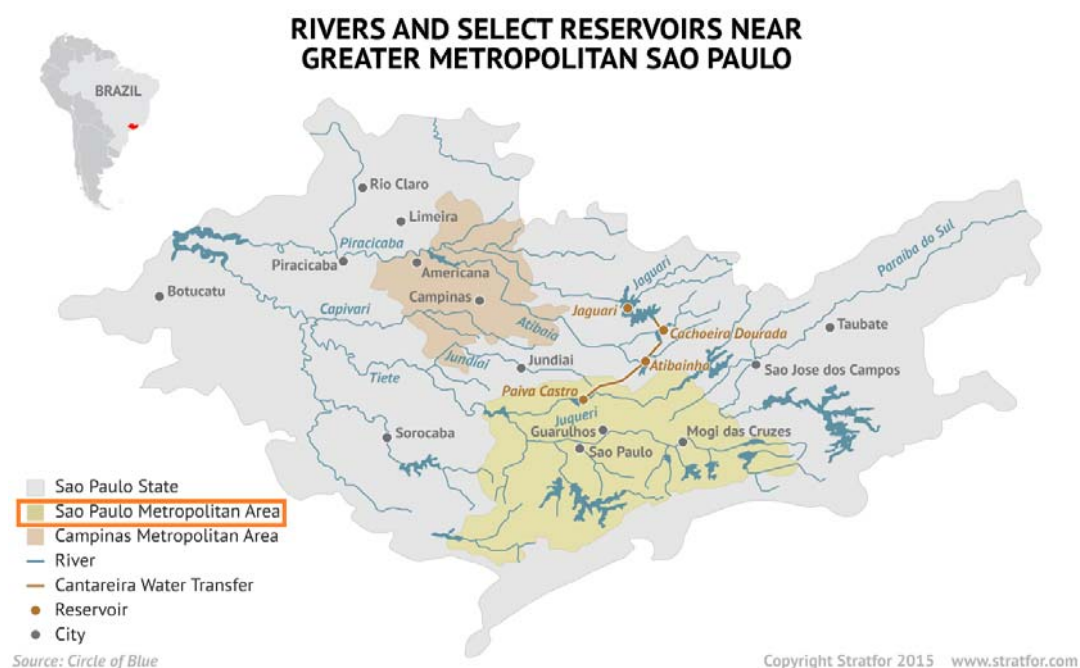


圖 10 聖保羅州水系分布圖



照片 35 聖保羅水庫面臨乾枯的窘境

許多人都認為政府並未採取足夠的措施避免這場危機發生，造成街頭巷尾有很多抗議。另外由於巴西 80% 的電力都來自水電站，因此，較低的水位也會威脅該國的能源。本次的分組討論選擇聖保羅做為研究對象，並以課程中所教授的方法來分析其未來做為水適應城市的策略。



2013 年

2014 年

照片 36 聖保羅cantareira水庫 2013年與2014年航拍圖比較

由照片 36 可發現在聖保羅 cantareira 水庫 2013 年及 2014 年的水位線有明顯的差異，2014 年因為水位的下降，導致陸地面積的露出。而圖 11 為自 1930 年以來聖保羅的降雨統計，可知 2014 年的降雨與 1930~2013 年的平均值相較之下，2014 年的確低於平均值許多。

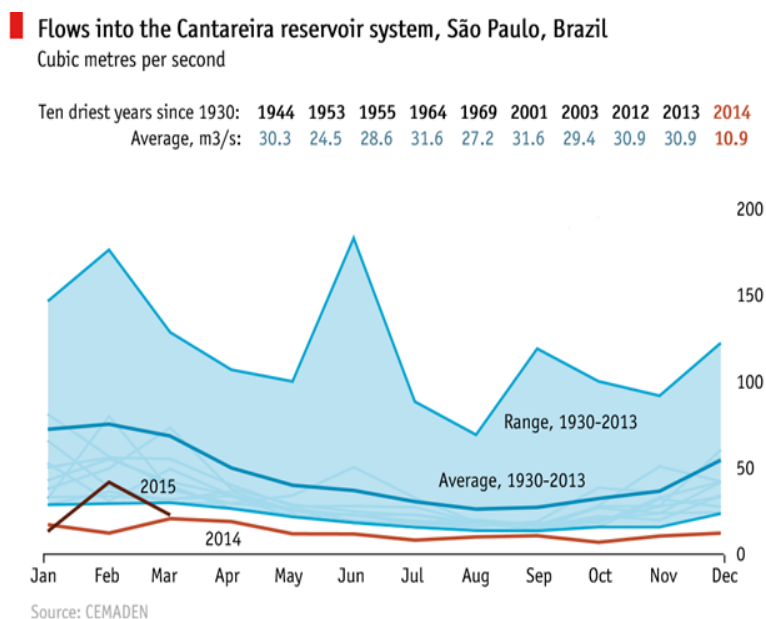


圖 11 巴西聖保羅市 cantareira 水庫 1930~2014 年降雨平均數據

初步的研判旱災的原因有下列幾項：

- (一)氣候變遷
- (二)無效的水管理政策，本地河流污染及缺乏規劃
- (三)亞馬遜森林的砍伐（改變了雲層形成的方式）
- (四)城市人口劇增
- (五)基礎設施不足

由於初步研判的原因無法詳細瞭解聖保羅旱災因果關係，故在討論出初步致災原因後，課程上講師要求我們將其整理成魚骨圖，相關的因果關係詳如下節所述。

4.3 聖保羅旱災的因果關係

由圖 12，透過魚骨圖分析，可進一步分析聖保羅旱災的因果關係及致災原因，在魚骨圖中，致災原因以四大類來細分，這四大類分別為：

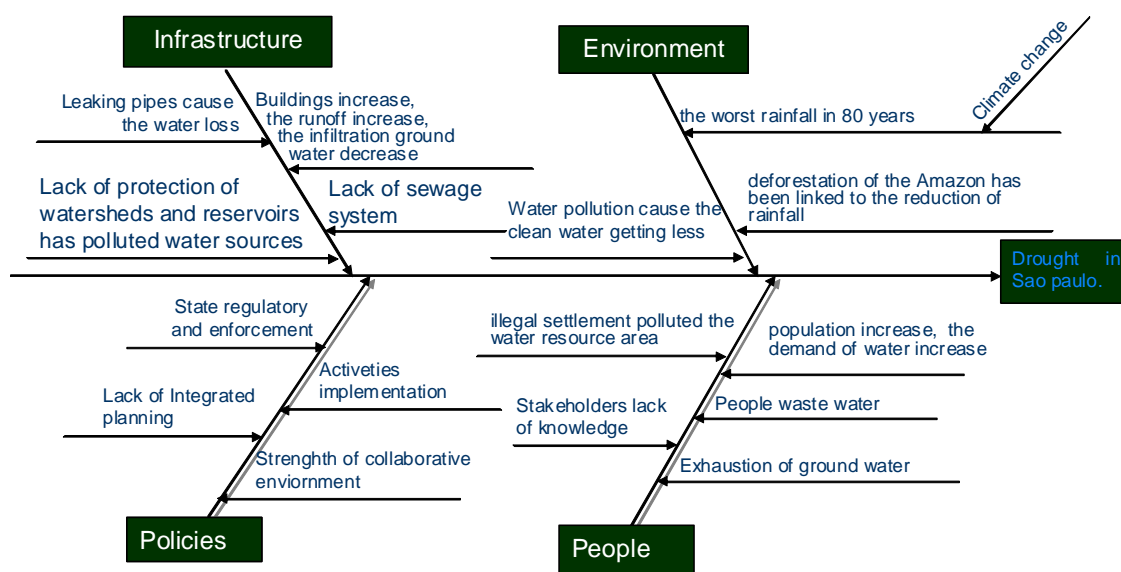


圖 12 聖保羅旱災原因魚骨圖

- (一)環境：由於氣候的變遷，以及雲層改變，造成了聖保羅近 80 年來最低的降雨量，另外水的污染也造成可用乾淨水減少。
- (二)人：人口增加、人的浪費水資源、非法居民居住並污染水源區、主政者缺乏知識。
- (三)建設：老舊管路造成自來水的漏失、水庫或蓄水池缺乏保護致遭受污染、缺乏污水系統、都市化造成逕流量大滲透量小，地下水無法回補。

(四)政策：缺乏整體計畫、政策計畫的實踐、未加強橫向及縱向之溝通管道等。

透過這些較細分的致災原因下，再經由講師的引領，將聖保羅目前水管理的治理對策蒐集後，再提出做為水適應城市的替代對策。

4.4 現今聖保羅水管理對策

現今聖保羅對水災的管理對策，係以社區為基礎的流域管理(CBWM)。

政策目標：

- (一)保證現在跟未來有充足的潔淨水。
- (二)防止和防範關鍵事件，例如自然原因、非法居民污染水源。
- (三)水源區居民遷移的措施。
- (四)設計街道的雨水儲留設備，以加強雨水管理。
- (五)實施十年計畫，控制和減少水的損失，並側重於改善基礎建設和人員培訓。

目前聖保羅已採用的策略如下：

(一)水資源的配給

- 1.目標：分配水資源直到硬體設備完善。
- 2.是否為結構設施：非結構設施。
- 3.優點：減少水的消耗。
- 4.挑戰：
 - 工業及貧困的人會受到較大影響。
 - 某些城市會缺水好長一段時間。

(二)以使用水的比例徵收水價：使用水量較高則水價較高，使用較少的水量則水價較低。

- 1.目標：鼓勵水的節約。
- 2.是否為結構設施：非結構設施。
- 3.優點：此政策可持續進行。
- 4.挑戰：對於水價不在意的人可能會不節約用水。

4.5 替代對策(ALT stratages)

聖保羅因為氣候及社會經濟變革，水管理策略所應考慮的影響如下：

(一)氣候變遷造成強降雨，既有的基礎建設不及應付異常的降雨狀況。

(二)因為都市化結果，城市裡的道路多數鋪上柏油，增加逕流量，造成水路遇雨時負荷量增大。

(三)人口的增加，造成垃圾的增加，水源地居住非法居民，影響乾淨水的供應。

因此適當的解決對策應考慮：

(一)廢物管理系統和街道排水系統的正确設計：高透水性路面/鋪裝路面的改進。

(二)民眾沒有節水、省水觀念，應加強水的管理及知識教育。

(三)增加主要流域水量和改善水質。

(四)更新污水收集和處理系統以增加處理的廢水量。

(五)供水服務提高效率

為了要提出做為水適應城市的替代對策，必須要更全面性的考

量，將這些分組討論提出的對策進行可行性的討論，替代對策經過討論內容如下：

(一)降雨儲留

- 1.目標：提供其他水資源的措施。
- 2.是否為結構設施：結構設施。
- 3.優點：增加水資源並減少逕留量。
- 4.挑戰：政策需配合改變，例如建築法規等。

(二)雨水儲水桶

- 1.目標：家戶備有雨水儲水桶，亦為增加水資源措施。
- 2.是否為結構設施：結構設施。
- 3.優點：可做為自家園藝、沖廁、洗車等。
- 4.挑戰：長時間的解決方案，但需較高預算

(三)將管道、水庫和輸水線路升級

- 1.目標：提供更有效的水供應，避免管線老舊漏水。
- 2.是否為結構設施：結構設施，需增加管線。
- 3.優點：保留既有水資源。
- 4.挑戰：長期的解決方案和較高預算。

(四)重整 cantareira 水庫系統

- 1.目標：加強都市水循環和提高水品質。
- 2.是否為結構設施：
結構設施：種植樹木等促進自然及環境保育設施。
非結構性措施：保護和管理樹木的自然再生、重整退化的土地。
- 3.優點：提供多種好處，如增加農作物產量、地下水的回補，並可減碳。

4.挑戰：可藉由當地社區合作。

然後將這些替代策略綜整成五大項如下：

- (一)提高 Tiete river、Billings river 集水區的水質。
- (二)安置 Balneario Sao Francisco 的貧民窟的非法居民，減少居民對水源的污染。
- (三)將 Rio de Janeiro 集水區的水導入 cantareira 水庫系統。
- (四)建設或升級污水處理系統。
- (五)提高水利用的效率。

最後將這些替代策略與聖保羅市既有之策略結合，分為短期、中期、長期之期程如圖 13，以做為最適合聖保羅市水管理之策略。

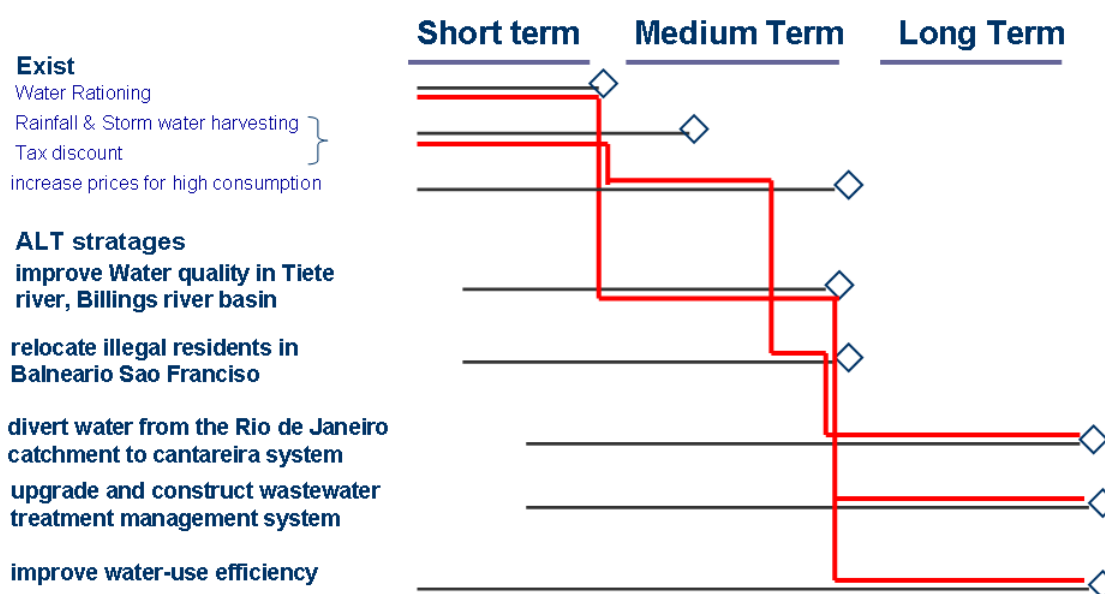


圖 13 水管理策略的期程分配

在這些替代策略下，我們認為相關的主政者都應該參與政策的設計與決定，最後決策的決定應包含在地居民的溝通，而且這些相關的解決方案應持續檢討，方能將這些最適合聖保羅之水管理策略達到最佳效果。

第五章 心得與建議

5.1 心得

因應氣候變遷及都市化造成的洪旱事件，將是未來各城市需面對的課題，本次非常榮幸的奉派至荷蘭參加「水適應城市」的短期課程，藉由課程瞭解荷蘭政府的治水思維，以及新興「水適應城市設計(WSUD)」。

荷蘭以治水為上位計畫，並推出各種有利於治水的獎勵措施，例如鹿特丹對於市民興建空中花園的補助、無堤防區域的減稅措施，皆可鼓勵民眾對於治水防洪產生一些新思維，讓民眾瞭解治水並不一定只有用加高堤防等束水圍水的手段。

荷蘭政府治水思維一路走來，從「與海爭地」到經由幾次洪水教訓，轉換為「與水共生」、「還地於河」的生活哲學、社會文化，以及長期與水相處所產生出來的智慧與科技能力，乃至將之輸出至國際之策略，皆值得臺灣學習。

環境在變，治水思維也要改變。三角洲計畫的最高指導官維恩庫肯說：「現在我們設定的敵人是一千二百五十年，甚至是一萬年才會發生一次的超級洪水。再高的堤防，也擋不了這種洪水，所以我們正設法讓水位降低。」

面對越來越棘手的水患，不只荷蘭開始改變觀念，英、德、法、比利時等，也開始學習順應河川作用力，把人類長久占據的洪水平原還給大河、讓河川找回原有的蓄洪區。這股水患管理新思潮，或許會是人類與水共存共生之道吧。

5.2 建議

本次短期課程 14 人僅有 4 位為「水適應城市」短期研習課程學

員，其餘均為 UNESCO- IHE 的碩士班學生，以致於講師授課時針對相關基礎理論會稍微帶過，這種短期生併入正科班的臨時編制，常會犧牲短期生的權益。短期生雖能在短時間內瞭解相關學程的內容，如果經費許可，建議可提供正科班研習的學習名額，方能更全面的瞭解水治理的相關知識。

荷蘭政府目前採用還地於河的治洪策略，預計在 2015 年將萊茵河的流量每秒增加 1,000 立方公尺，並計畫未來將洪氾區重新打造成具有遊憩功能的水岸空間，然而某些區域的執行則涉及到遷村及居民再安置計畫，以荷蘭奈梅亨的還地於河計畫為例，在規劃初期便導入荷蘭行之已久的公眾參與機制，組織一個公開的溝通平台，讓市政規劃團隊、外部專家小組、開發商以及當地居民，來交換意見並建立共識，在開發中利益受害的民眾甚至組織次級團體以爭取相關權益。經過長期的討論規劃定案之後，當地政府便舉辦聽證會展示全盤規劃，而所有的在地居民都收到邀請參加，使民眾獲得充分資訊並向專家提問。荷蘭政府於制定公眾政策時的公開透明，值得臺灣效法。

在水資源管理方面，一向勇於引用新技術的荷蘭人，在邁入 21 世紀之際，面對全球氣候變遷等不確定因子的威脅，選擇了不與自然抗衡，反而試著適應災害的新思維，統合了包含社會、經濟、工程及生態環境等跨學科的研究者，以面對與過去不同的挑戰，荷蘭人與水和諧共存的智慧及隨生活環境演替的應變能力，實在值得我們借鏡。

參考文獻

1. 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/UNESCO-IHE>。
2. 水適應城市設計(WSUD) <http://www.lifegreensystems.com/water-sensitive-urban-design-wsud-actions-towards-sustainable-urban-green-cities-by-life-green-systems/>
3. <http://makewealthhistory.org/2012/05/18/building-of-the-week-rotterdams-water-plaza/>
4. <http://www.spottedbylocals.com/rotterdam/dakpark-rooftop-park/>

參訓證明

UNESCO-IHE
Institute for Water Education



CERTIFICATE

Short Course on Water Resilient Cities

This is to certify that

Su, Sa-lin

born on 16 August 1976 in Taiwan, Taiwan of China

has followed and successfully completed the short course on Water Resilient Cities held at UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands from 29 June 2015 – 17 July 2015.

Prof. dr. habil. S. Uhlenbrook
Vice-Rector Academic and Student Affairs
Officer in Charge

B. Gersonius, PhD, MSc
Course Coordinator

Delft, the Netherlands, 17 July 2015