

出國報告（出國類別：開會）

赴美國參加「國際低衝擊開發研討會  
2023 International Low Impact Development  
Conference」出國報告

服務機關：環境部氣候變遷署

姓名職稱：李育儒環境技術師

派赴國家/地區：美國/奧克拉荷馬市

出國期間：2023年8月5日至11日

報告日期：2023年9月9日

## 摘要

美國土木工程師協會（American Society of Civil Engineers，簡稱 ASCE）成立於 1852 年，為美國歷史最悠久的工程學會，至今已有 150 多年的悠久歷史，代表著 177 個國家超過 144,000 名土木工程專業人士。特針對低衝擊開發、綠色基礎建設、永續排水系統等因應氣候變遷議題，於 112 年 8 月 5 日至 11 日召開「2023 國際低衝擊開發研討會議」（地點：美國奧克拉荷馬市），本署為推廣以社區為本調適韌性設施，近 2 年辦理「多功能智慧型雨水花園示範建置工程」，於去（111）年 10 月由本署委辦計畫投稿發表，並獲會議主辦方接受，本次會議針對氣候變遷調適行動研擬環境部門行動方案及調適作為之重點摘述如下：

- （一）分享我國雨水花園經驗和研究成果，宣揚氣候變遷調適作為。
- （二）掌握學習低衝擊開發和綠色基礎建設等最新技術和實踐機會。
- （三）進一步推動低衝擊開發相關領域的研究和應用及挑戰和機遇。

本次會議由本署調適韌性組李育儒環境技術師偕同「112-113 年度多功能智慧型雨水花園之氣候變遷調適韌性效益提升及推廣計畫」委辦單位-國立臺北科技大學林鎮洋教授及陳起鳳教授等人出席，目的藉由學習國際資訊，了解在氣候變遷的影響下，掌握全球因應動向和趨勢，提高自身的國際競爭力和全球視野，並能夠有效地應對國際化的挑戰和機遇。此外，還可以增進跨文化交流和理解，促進國際間的合作和交流。並於會議上發表國內經驗，分享和宣揚雨水花園微氣候調適韌性設施相關經驗與知識，以促進相關領域的發展和進步，為全球發展做出貢獻。

# 目次

一、 目的 .....	1
二、 過程 .....	2
(一) 行程 .....	2
(二) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」大會簡述及參與說明 .....	3
(三) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」主講嘉賓及展攤交流 .....	5
(四) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」參與場次及議題簡述 .....	9
(五) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」發表及分享具體成果 .....	31
三、 心得及建議 .....	33
四、 附錄 .....	34
(一) 研討會議程表	
(二) 發表議題簡報	

# 本文

## 一、目的

今年國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference 在美國奧克拉荷馬市舉行，此會議為美國土木工程師協會特針對低衝擊開發議題舉行的國際會議，著重在低衝擊開發、綠色基礎建設、永續排水系統、水敏感市設計等因氣候變遷而產生的各類議題，是重要的產官學交流會議，每兩年舉辦一次。

在全球氣候變遷加劇的影響下，為了掌握雨水花園微氣候調適韌性設施趨勢及發展，本署派員參與會議並發表投稿，旨在探討和分享因應氣候變遷而生的低衝擊開發的最新技術、經驗和未來發展方向，並為我國低衝擊開發相關產業帶來啟示和發展機會。並且研究行業領袖和參展商的公司和產品設計，了解其業務需求、市場趨勢、服務和解決方案，也能透過社交媒體平臺上關注行業領袖和參展商，與其建立聯繫。

同時，藉由學習國際資訊，了解在氣候變遷的影響下，掌握全球因應動向和趨勢，提高自身的國際競爭力和全球視野，並能夠有效地應對國際化的挑戰和機遇。此外，還可以增進跨文化交流和理解，促進國際間的合作和交流。

因應氣候變遷，本署持續推動雨水花園氣候變遷調適韌性設施並有具體成果，自 109 年迄今已建置 16 處多功能智慧型雨水花園，推動小規模保水降溫示範設施，兼具節水、節能、保水、降溫、生態景觀、環境教育等多重意義，總改善積淹水面積 4,560 平方公尺，每年儲水達到 10,754 公噸，並持續監測迄今，經驗證對基地保水降溫具有顯著成效，並於會議上發表我國經驗，分享和宣揚雨水花園微氣候調適韌性設施相關經驗與知識，以促進相關領域的發展和進步，為全球發展做出貢獻。

## 二、過程

### (一) 行程

1. 會議：國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference。
2. 地點：美國奧克拉荷馬市。
3. 期間：112 年 8 月 5 日至 112 年 8 月 11 日，如下表。

日期	行程
112 年 8 月 5 日 (星期六)	啟程
112 年 8 月 6 日 (星期日)	參加「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」Day0
112 年 8 月 7 日 (星期一)	參加「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」Day1
112 年 8 月 8 日 (星期二)	參加「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」Day2
112 年 8 月 9 日 (星期三)	參加「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」Day3
112 年 8 月 10 日 (星期四)	返程
112 年 8 月 11 日 (星期五)	抵達

## (二) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」大會簡述及參與說明

美國土木工程師協會（American Society of Civil Engineers，簡稱 ASCE）成立於 1852 年，為美國歷史最悠久的工程學會，至今已有 150 多年的悠久歷史，代表著 177 個國家超過 144,000 名土木工程專業人士（如圖 1）。特針對低衝擊開發、綠色基礎建設、永續排水系統等因應氣候變遷議題，於 112 年 8 月 5 日至 11 日召開「2023 國際低衝擊開發研討會議」（地點：美國奧克拉荷馬市，如圖 2）。



圖1：2023國際低衝擊開發研討會議

資料來源：國際低衝擊開發研討會 (<https://www.lidconference.org/>)

本次會議由本署調適韌性組李育儒環境技術師偕同「112-113 年度多功能智慧型雨水花園之氣候變遷調適韌性效益提升及推廣計畫」委辦單位-國立臺北科技大學林鎮洋教授及陳起鳳教授出席（如圖 3），目的藉由學習國際資訊，了解在氣候變遷的影響下，掌握全球因應動向和趨勢，提高自身的國際競爭力和全球視野，並能夠有效地應對國際化的挑戰和機遇。



圖2：2023國際低衝擊開發研討會議議程表及配置圖

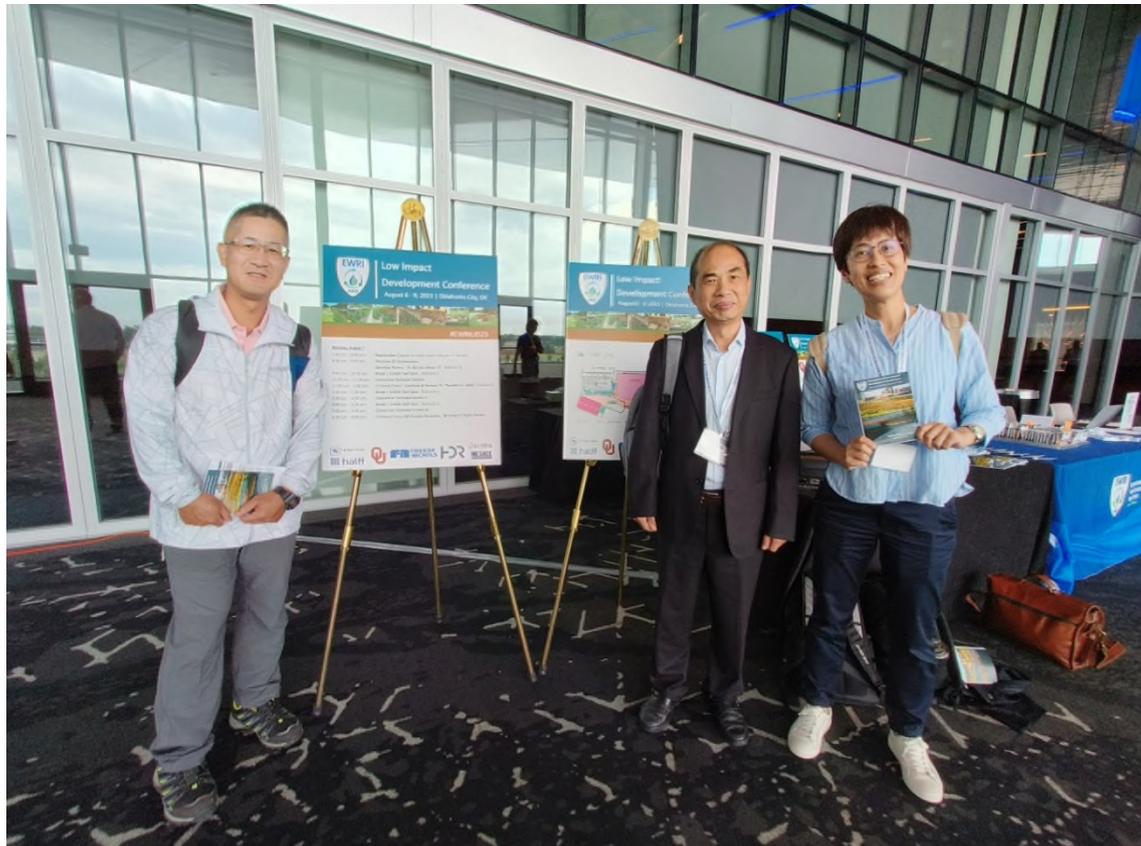


圖3：與國立臺北科技大學林鎮洋及陳起鳳教授於會場合影

### (三) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」主講嘉賓及展攤交流

112 年 8 月 7 日（星期一）上午 9:00 - 上午 9:45，由貝林-摩爾三世（Dr. Berrien Moore III）博士主講「氣候變化中的天氣和地球狀態」，針對大氣中二氧化碳和甲烷濃度的增加帶來了兩個截然不同的挑戰。二氧化碳的來源多，且在大氣中的壽命長；然而，甲烷的來源類型相對較少，但幾乎完全是大氣中化學相互作用的結果，這導致甲烷的壽命相對較短（大約十年）。這些差異決定了政策階段的重要部分，在解決這些增加的背景時，我們還必須納入碳氣候系統和該系統內的反饋，並承認變化發生的速度比之前預期的要快。

112 年 8 月 7 日（星期一）中午 12:30 - 下午 1:00，由泰德-史密斯（Theodore "Ted" R. Smith, Ph.D.）博士主講「綠色健康基礎設施」，針對在快速城市化的世界中優化建築與自然環境之間的關係可能是影響人類健康的最大機會。雖然人們對“綠色基礎設施”作為提供生態系統服務的工具瞭解很多，但對於健康結果的“劑量”關係卻知之甚少。史密斯博士概述路易斯維爾綠色核心項目，這是評估綠化對城市社區健康影響的最大的干預性對照臨床試驗，該項目正在測試這樣的假設：增加綠化將降低空氣污染水平，並降低患心臟病的風險。

112 年 8 月 8 日（星期二）上午 9:00 - 上午 10:00，由羅賓-德揚（Robyn DeYoung, MA）美國環境保護署（EPA）官員主講「加快綠色基礎設施實施的國家視角」，針對實施綠色基礎設施和雨水管理的現有挑戰仍然存在。羅賓討論當前國家為加快實施綠色基礎設施和 LID 實踐所做的努力和未來的機遇。隨著歷史性的大量資金用於氣候適應能力和水利基礎設施改善，支付綠色基礎設施的機會比以往任何時候都多。透過溝通、合作和量化是構建基於自然的項目的關鍵要素，通過示例闡述這些原則如何幫助社區適應極端天氣事件並實現其他多重效益，並強調監管和自願努力，以公平地改善我們的當水基礎設施。（如圖 4）

112 年 8 月 8 日（星期二）中午 12:30 - 下午 1:00，由理查德-菲爾德（Richard Field, MCE, Chi Epsilon Nat'l CE Honor Society, PE NY & N J, D.WRE (by Eminence), BCEE (by Eminence), M.ASCE）傑出人士主講「美國環保局城市流域管理研究計劃的歷史概述」，針對通過在 USEPA、海軍設施工程司令部、NYCDEP、Michael Baker Int'l 和其他各種諮詢公司的 54 年綜合服務，開發並實施了城市水資源保護的最佳實踐分享。

112 年 8 月 9 日（星期三）上午 8:00 - 上午 8:30，由傑夫-金（Jeff King, Ph.D., P.E.）博士主講「利用自然與工程結合擴展」，針對美國陸軍工程兵團（USACE）將自然工程（EWN）描述為自然與工程過程的有意結合，通過協作高效、可持續地提供經濟、環境和社會效益。近年來，美國陸軍工程兵團的 EWN 計劃呈指數級增長，涵蓋了各種組織和活動網絡，這些組織和活動正在推動基於自然的解決方案的使用，本次演講提供有關 EWN 的信息，以及該計劃如何擴展以實現基於自然的解決方案的實施，從而為社區和軍事設施創造更大的複原力。

本次大會參展廠商展攤交流部分，主要針對排水系統、水環境合作、綠色基礎設施、自來水廠、監測工具、監測科技、雨水及衛生水道等多家廠商參與，展攤交流各項技術及相關產品（如圖 5、6、7）。並研究行業領袖和參展商的公司和產品設計，了解其業務需求、市場趨勢、服務和解決方案，也能透過社交媒體平臺上關注行業領袖和參展商，與其建立聯繫。



圖4：羅賓-德揚（Robyn DeYoung, MA）主講照



圖5：參展攤位一角照（透水混凝土及下水道塑膠管等技術及產品）



圖6：參展攤位一角照（透水材料及工法介紹）



圖7：參展攤位一角照（積磚產品及工法介紹）

#### (四) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」參與場次及議題簡述

在全球氣候變遷加劇的影響下，為了掌握雨水花園微氣候調適韌性設施趨勢及發展，本署派員參與會議並發表成果，旨在探討和分享因應氣候變遷而生的低衝擊開發的最新技術、經驗和未來發展方向，並為我國低衝擊開發相關產業帶來啟示和發展機會。以下為本次會議期間的各項參與主題及發表成果內容：

##### 1. 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」第0天

依據議程 Day0 為「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」開放各國一般會議與會者現場報名參加，故本日僅先至會場報到拿取會議相關資料（如圖 8），並參觀已佈設的展示攤位，及先了解會場周遭環境。



圖8：報到及領取相關資料情形照

舉辦地點為美國奧克拉荷馬市會議中心（Oklahoma City Convention Center），位於該市羅賓遜大道沿線的剪刀尾公園以東。該會議中心可俯瞰著佔地 70 英畝的公園外，大樓本身採 LED 節能照明、自然採光節、回收材料興建、使用當地種植的時令食材、裝設省水設備及雨水回收再利用等措施，致力於可持續發展的作為，與這次的大會主題訴求相呼應。（資料來源：<https://okcconventioncenter.com/>）



圖9：會議中心一角照（雨水回收再利用及自然採光節能設施）

## 2. 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」第 1 天

- 112 年 8 月 7 日（星期一）上午 10:30 - 中午 12:00

參加第 1 場次（301A 室），由布萊斯·威爾遜、戈德·第谷（Bryce Wilson, Gord Tycho）主講「溫哥華市綠色雨水基礎設施實施的可行性分析和政策指導（Feasibility Analysis and Policy Guidance for Green Rainwater Infrastructure Implementation in the City of Vancouver）」。針對

溫哥華市面臨著多項雨水管理挑戰，包括水質影響和系統升級費用。為此，該市正在轉向一種更全面和綜合的方法，將雨水視為一種資源，並通過使用綠色雨水基礎設施（green rainwater infrastructure, GRI），例如生物滯留、綠屋頂及再利用等方式收集和處理雨水，模仿自然界水文循環模式。為實現目標，溫哥華市發起了一項研究，了解哪些 GRI 工具最適合不同的建築類型，這些資訊幫助溫哥華市推進對私有財產公平、有效的雨水管理要求，並由技術專家、當地設計師和公眾參與專家組成的顧問團隊與市政府密切合作。評估並簡化當地法規和實踐，建立一套明確定義的假設和程序來調整 GRI 規模，以滿足城市的收集、處理和放流水標準，並制定相關建設和運營成本。該研究的成果為如使用 GRI 來遵守該市新開發和再開發的目標提供了指南、成本、障礙和可能的解決方案，以及與應用相關的有意義的共同效益。這些工具除提供相關的機遇和挑戰之外，該研究還建議政策和流程的變革，以幫助城市和開發社區實現有影響力、具有成本效益、設計適合項目的共同目標。

參加第 2 場次（301C 室），由安德魯·厄爾斯（Andrew Earles）主講「洛磯山脈利用水權收集雨水和逕流（Rainwater and Runoff Harvesting with Water Rights in the Rocky Mountains）」。針對雨水和逕流的收集和再利用是一種可持續的雨水管理實踐，可管理源頭附近不透水表面產生的逕流。在美國和世界各地的許多地方，這種做法可以毫無障礙地實施，提供可用於灌溉或其他目的的水。在科羅拉多州，該州遵循水權管理優先撥款制度（先到先得），申請人必須證明他們不會損害下游更高級的水權。實現這一目標的最常見方法是通過替代供水計劃，並最終制定補充計劃，補充溪流中的流量，以抵消因集水而造成的損耗。本研究以科羅拉多州立大學（CSU）位於丹佛國家西部綜合體（NWC）新校區的水電大樓的機構集水系統為例來描述這一過程。海德魯大廈的集水系統將從建築物屋頂的一部分收集雨水，用於工程實驗室的測試以及低水位原生景觀的補充灌溉。該系統還包括管

道和地下儲水箱，用於從服務於該場地以北市區的雨水排放管線收集城市逕流。

第 3 場次（301C 室），由萊尼亞·托比（Lenya Tobey）主講「走向綠色，減少新英格蘭最著名城市河流的總磷負荷（Going Green to Reduce Total Phosphorous Load in New England’s Most Prominent Urban River）」。查爾斯河從馬薩諸塞州霍普金頓流向波士頓港，全長 80 英里。其流域佔地 310 平方英里，涵蓋 34 個社區，為了遵守馬薩諸塞州市政分流雨水管系統（MS4）許可證帶來了獨特的挑戰。這項開創先例的許可將要求流域各市政府重新設計基礎設施，以控制雨水污染，耗資近 15 億美元。根據 2016 年 MS4 許可證，流域內的社區需要在 8 年內將總磷（TP）負荷減少 20%，在 10 年內減少 25%。嚴格的許可要求促使社區傾向於低衝擊開發（LID）和綠色基礎設施（GI）以實現合規性。LID 技術減少了雨水逕流、改善了水質並增加了地下水補給，例如較小的道路寬度要求斷開和減少不透水覆蓋物。雨水花園、滲透和人工濕地等被融入到現有環境中，以推進該地區的雨水控制策略，並獲得減少洪水影響和熱島效應等效益。本次演講將重點關注 LID 和 GI 措施，以及用於促進流域規模雨水規劃的創新工具，包括基於電子表格的優化工具和最佳管理會計稽核工具、新罕布什爾大學的績效曲線以及新英格蘭東南部計劃的最新改造手冊等。

參加第 4 場次（301A 室），由科林·貝爾（Colin Bell）主講「丹佛的綠色連續設施：用於城市減熱的街邊地理標誌（Denver’s Green Continuum: Streetside GI for Urban Heat Mitigation）」。許多城市都採用綠色基礎設施來控制水質，並引用共同效益作為採取綠色方法的額外理由。丹佛綠色基礎設施更進一步，將城市熱島緩解視為綠色基礎設施的同等目標。丹佛綠色連續體街道指南（“連續體”）是設計新穎的綠色道路基礎設施的指南，該基礎設施既針對雨水和城市熱量，同時又為城市設計師提供了更大的靈活性。此指南將綠色基礎設施分為五個綠色級別。較高的綠色水平比較低的綠色水平有更多的雨水量控

制，但成本、工程量和施工影響較高。較低的綠色水平提供了更健康的樹冠和更大的冷卻能力，以及更少（但不是零）的雨水逕流緩解。本演講將介紹導致綠色基礎設施發展的實際以及氣候驅動因素、構成每個綠色水平的組成部分和控制措施，並定義每個綠色設施的標準、績效和監管影響的分析摘要。

第 5 場次（301A 室），由特麗莎·摩爾（Trisha Moore）主講「河岸走廊作為 LID：保持連接的價值（Riparian corridors as LID: the value of keeping it connected）」。針對低衝擊開發的核心是保護和增強現有生態基礎設施的水文功能和更廣泛的效益。本研究使用 PC-SWMM 水文模型評估了堪薩斯城大都市區（堪薩斯州）流域內的河岸網絡在未來城市建設條件下調節洪水和水質的能力。河岸網絡被表示為與其城市化高地地區相連的連續植被系統，或者是支離破碎且互不相連的系統。緩衝系統在當地和下游 10 公里範圍內提供水文和水質調節能力。例如，對於最大 220 毫米（100 年重現間隔）的暴雨事件，模擬的洪水量、深度和峰值流量相對於斷開緩衝區情景要低 10% 至 40%。同樣，與支離破碎、互不相連的河岸系統相比，連續、相連的河岸廊道的預測營養物和沈積物濃度要低 2 至 5 倍。除了水文和水質功能外，城市河岸走廊提供額外生態系統服務，包括水生棲息地供應、碳封存和授粉服務。

- 112 年 8 月 7 日（星期一）下午 1:30 - 下午 3:00

參加第 1 場次（301D 室），由巴迪亞·海達里·哈拉特梅（Bardia Heidari Haratmeh）主講「在城市範圍內使用分散式綠色雨水基礎設施來減輕局部城市雨水入口洪水的規劃框架：德州達拉斯的案例研究（A planning framework to mitigate localized urban stormwater inlet flooding using distributed Green Stormwater Infrastructure at an urban scale: Case study of Dallas, Texas）」。在達拉斯市，城市水管理已被該市確定為關鍵的環境健康挑戰之一。為了解決這個問題，需要更多有關雨水排放

網絡的位置和投資範圍信息。本研究提供了一個框架，用於識別脆弱的雨水排放口及其貢獻區域，確定其優先順序，了解其識別中的主導因素，評估綠色雨水基礎設施（GSI）在緩解其溢出方面的潛力，並比較其影響和成本灰色基礎設施升級替代方案。使用 SWMM 5.1.13、決策樹和基於體積的 GSI 溢流評估，該框架應用於德州達拉斯市，針對三種設計暴雨和三種 GSI 實踐（生物滯留單元、雨水花園和雨水收集池）。結果顯示，城市中 6%、10% 和 15% 的模擬區域被確定為三種設計暴雨的風險流域。結果還表明，隨著設計暴雨的增加，具有“非常高”溢流嚴重程度等級的機會子流域從 0.8% 增加到 2.8%。最後，GSI 影響評估顯示，即使在“非常高”的嚴重級別下，溢出也得到了顯著緩解。儘管灰色基礎設施升級產生了更高的減排水平，但其每立方米的成本仍高於 GSI。

參加第 2 場次（301C 室），由安迪·埃里克森（Andy Erickson）主講「雨水生物過濾器是否會導致營養物質受損？（Are Stormwater Biofilters Causing Nutrient Impairments?）」。生物過濾器可用於處理城市景觀中的雨水逕流，但雨水專業人士發現，含有堆肥的生物過濾器會從暗渠中釋放磷酸鹽和/或硝酸鹽，而其他介質混合物可能會導致植物生長不良。為了研究養分釋放和植物生長之間的權衡，將包含 13 種不同介質混合物的 30 種室外生物過濾中生態系統與乾淨的水洗沙進行比較。介質組分以不同體積或質量比與沙子混合，包括食物殘渣堆肥、葉堆肥、水苔或蘆葦泥炭、生物炭與葉堆肥混合、廢石灰與葉堆肥混合、鐵屑與葉堆肥混合、水苔泥炭混合葉堆肥，葉堆肥覆蓋在鐵屑上。本研究分享四個雨季模擬逕流事件的最終性能結果，其中包括道路含鹽事件，以模擬明尼蘇達州等寒冷氣候下的春季融雪。根據這項研究結果，相關業者可以設計出更好的生物過濾方法來捕獲磷並支持健康的植被。

第 3 場次（301A 室），由萊恩·馬奎爾（Lane Maguire）主講「生物滯留的深度可預防城市雨水逕流的急毒性（Longevity of Bioretention

Depths for Preventing Acute Toxicity from Urban Stormwater Runoff)」。城市化對水生生態系統構成越來越大的威脅，包括化學負荷的增加。最近引起關注的是城市雨水逕流可能促進微塑膠的傳播，包括輪胎磨損顆粒。先前的研究已經證明生物滯留處理系統在處理逕流方面的有效性，從而減少地表水中的化學負荷並防止對水生生物的急性致死和亞致死影響。在這項研究中，目的是確定生物滯留土壤介質（BSM）在不同滲透深度的有效性和壽命，包括比華盛頓生態部目前要求的深度（18”）淺的深度，以及三種不同 BSM 深度的實驗柱，以模擬大約 30 天內的影響。使用分析化學和銀大麻哈魚幼魚（*Oncorhynchus kisutch*）的健康狀況評估了實驗柱處理逕流的化學和生物有效性。生物滯留處理可有效去除鋅、總多環芳香烴和總懸浮固體（>70%去除率），並且四次暴露中對銀魚具有保護作用。這項研究正在進行中，並將繼續評估生物滯留效果。未來的研究應考慮生物滯留系統去除逕流中 MP 和相關污染物的能力。儘管 MP 本身就是污染物，但它們也可以充當水生生態系統中其他令人關注的污染物的載體，包括抗生素抗性基因（ARG）。如果不加以處理，攜帶抗微生物藥物進入地表水的逕流可能會增加環境細菌的耐藥性，並對人類健康構成風險。

第 4 場次（301A 室），由詹妮弗·約翰遜（Jennifer Johnson）主講「雨水創新應對不確定的氣候未來（Innovations in Stormwater for an Uncertain Climate Future)」。日益頻繁的極端降雨正在壓垮傳統系統，受到下游容量的限制以及排污口尾水的影響。當排水系統不堪重負時，增加的水流可能會超過入口格柵和沙井的高度，導致流入街道。洪水可能會漫過路緣和景觀區域，並通過低層入口和其他開口進入建築物。減輕關鍵基礎設施的洪水風險必須考慮現場、社區和區域範圍內獨特的水文和水力條件。特定事件發生洪水的根本原因是什麼？尺寸過小的格柵或管道？缺乏滲透性表面？需要額外的存儲空間嗎？如何更好地設計這些組件來改變降水模式？工程師、科學家和政府官員正在研究、設計和實施創新的雨水系統來回答這些問題。本演講包括來自

東海岸各城市的研究和案例研究，闡明歷史排水系統為何失效，以及如何在面對氣候變化時改進這些系統的實用方法。實施（和監控）的解決方案包括對灰色和綠色基礎設施的修改，這些基礎設施可以根據每個社區的特點進行定制，以加強雨水收集、處理、儲存和滲透。此演講包含波士頓和華盛頓特區的最新研究、維吉尼亞州、新澤西州、康乃狄克州和馬薩諸塞州等各地案例研究。

- 112 年 8 月 7 日（星期一）下午 3:30 - 下午 5:00

參加第 1 場次（301C 室），由馬克·帕爾默（Mark Palmer）主講「為多孔路面的成功實施掃清道路（Clearing the Path for Successful Porous Pavement Implementation）」。華盛頓大學最近的研究已經確定了與城市逕流與鮭魚死亡相關的關鍵化學物質，初步跡象表明滲透可能成功減輕其影響。多孔路面可能是恢復鮭魚洄游的關鍵工具，但多孔路面的採用因應用不一致、不願改變和對多孔路面的不完全理解而受到阻礙。Puyallup and Tacoma 通過制定多孔路面的標準規範，重點關注路面的耐久性，特別是壓實和混合設計，並與業主和維護人員共享生命週期成本信息，解決了應用問題。此演講回顧了華盛頓州 APWA GSP 採用的規範的製定、Puyallup and Tacoma 內各個項目實施的具體設計和安裝變更，包括使用多孔瀝青和透水混凝土的三個主要幹道，以及比較透水路面與 HMA 安裝的周期成本。生命週期成本將檢查路面/雨水安裝的綜合成本、維護這些系統的成本以及多孔路面的預期維修/更換。通過一致的設計和最近改進的應用，多孔路面可以有效緩解城市逕流，並且與標準路面相比，具有成本效益的生命週期。

第 2 場次（301B 室），由南達納·佩雷拉（Nandana Perera）主講「支持公共 LID 控制的建模，用於雨水改造和水質改善（Modeling in support of communal LID controls for stormwater retrofits and water quality improvements）」。目前人們對評估在公共和私人土地上實施低衝擊開發控制的技術可行性、成本和效益有很大興趣，以實現更好的雨水管

理和水質改善。水文/水力/水質建模在這方面具有巨大的潛力。本文介紹了米西索加 Southdown 區工業/商業地塊附近街區案例。開發的模型以一維形式表示現有的次要排水組件，以二維形式表示主要/陸上排水組件。使用事件平均濃度（EMC）方法用總懸浮固體（TSS）和總磷（TP）來表示水質。該模型是為事件模擬（2、5、10、25、50、100 年和 25 毫米 3 小時芝加哥設計暴雨）以及連續模擬（具有代表性水年）而開發的。為研究區域開發了現有條件和預開發模型場景，以便與 LID 控制進行比較。出於性能評估的目的，研究區域水文被劃分為聚合排水區域。建模結果增加了人們對 LID 的信心。綜合雨水改造研究的總體目標是支持開發一種方法，通過公私伙伴關係推動私有財產上廣泛採用分佈式和分散式雨水管理方法。

第 3 場次（301C 室），由何塞·阿圖爾·特謝拉·巴西（Jose Artur Teixeira Brasil）主講「四種透水路面的水文水質處理性能（Hydrologic and Water Quality Treatment Performance of Four Permeable Pavements Surfaces）」。針對透水鋪面的水文建模可以改善系統功能，提高效率，並提供有彈性和可持續的雨水控制措施。使用修正合理化公式、事件水文歷線方法、水平衡方程等對透水鋪面進行建模，包括已實施不同 C 值和 CN 指數。另外還討論幾何形狀、尺度、坡度和土壤入滲率對系統設計的影響以及對雨水模型的影響。

第 4 場次（301C 室），由本次同去團隊中的北科大土木系陳起鳳教授主講「透水路面冷卻溫度的影響，以台灣台北市為例（Effects of Cooling Temperature By Permeable Pavements, A Case Study In Taipei City, Taiwan）」。針對在氣候變化下，城市地區的城市熱島效應預計將更加顯著。增加透水性路面可能有助於減輕城市熱島效應。透水路面提高了土壤的含水量，增加了潛在的蒸發量，因此使得溫度下降。為了評估透水路面的冷卻能力，該研究監測了台北市中心的一個透水路面場地，並將其溫度與鄰近的瀝青路和不透水路面進行了比較。監測週期為 2021 年 3 月至 2022 年 3 月，每 5 分鐘記錄一次現場監測數據。監

測結果顯示，透水路面年平均氣溫最低，瀝青路面年平均氣溫最高。與不透水路面相比，透水路面溫度低於 3.7°C，透水路面與瀝青路面相差 4.5°C。透水路面與其他路面的最大區別發生在秋季，春季則溫差最小。這種差異可能是因為台北市春季降雨事件頻繁。除了現場觀察外，還應用機器學習方法來評估影響透水路面性能的環境因素。本研究為證明透水路面的降溫效果提供了科學數據，這可能有助於減少城市地區或密集地區的城市熱島影響。

### 3. 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」第 2 天

- 112 年 8 月 8 日（星期二）上午 10:30 - 中午 12:00

參加第 1 場次（301C 室），由維尼修斯·田口（Vinicius Taguchi）主講「北卡羅來納州威爾遜的雨水管理綠色基礎設施（Green Infrastructure for Stormwater Management in Wilson, North Carolina）」。

本次演講重點關注北卡羅來納州威爾遜市的社區。威爾遜是一座中等規模的城市，擁有一個小型城市中心區，周圍環繞著郊區和工業區。威爾遜正在快速發展，並進行智能基礎設施投資，以服務所有現有居民、吸引新居民並使城市更加宜居。在當前的項目中，該團隊正在與威爾遜市合作實施六項新的雨水控制措施，包含：（1 和 2）威爾遜市中心的綠色小巷，（3）在現有濕地中安裝浮島，（4）一個大型、多英畝的雨水濕地，（5）穩定河道，以及（6）在 Hominy Branch 的源頭建築蓄水池來創建線性濕地。霍米尼支流是穿過威爾遜的主要河流，最終接收了該市的大部分雨水逕流。這條溪流被北卡羅來納州列為對底棲大型無脊椎動物受損的溪流，並流入其他營養敏感水域。兩個綠巷項目（1 和 2）和濕地浮島裝置（3）已竣工並正在進行監測，其餘雨水項目（4、5 和 6）正處於設計階段。本演講以兩個綠巷項目和雨水濕地項目的設計以及監測數據為主。

第 2 場次（301C 室），由薩姆·拉霍尼（Sam Lahodny）主講「堪薩斯城的綠色基礎設施績效監測：結果、經驗教訓和後續發展（Green Infrastructure Performance Monitoring in Kansas City: Results, Lessons Learned and Next Steps）」。2012 年以來，Kansas City Water 和智能下水道計劃建設了各種類型和規模的綠色基礎設施項目，以減少合併下水道溢出。2016 年，智能下水道計劃開始監測這些綠色基礎設施裝置的性能，其規模從雨水花園到濕地以及透水路面。自 2016 年以來，對 50 多個綠色基礎設施設施進行了監測。使用雙環滲透計和改進的 Philip-Dunne（MPD）滲透計監測土壤滲透率、監測土壤濕度，並進行地下水水位監測。使用美國材料與試驗協會（ASTM）透水路面協議、ASTM C1701 和 ASTM C1781 對透水混凝土、多孔瀝青和不同類型的透水鋪面進行監測。了解綠色基礎設施的性能使智能下水道計劃能夠有數據支持、更新綠色基礎設施設計標準、實施施工後監測要求、通知維護活動以及更新系統模型以模擬綠色基礎設施。本演講介紹多年綠色基礎設施監測計劃的調查結果，討論經驗教訓，提供培訓案例，並介紹包括五年監測計劃在內的後續步驟。

第 3 場次（301D 室），由馬西奧·霍夫海因茨·賈科莫尼（Marcio Hofheinz Giacomoni）主講「全尺寸 LID 測試台：評估生物滯留和砂濾池的性能（A Full-Scale LID Testbed: Assessing the Performance of Bioretention and Sand Filter Basins）」。針對使用全尺寸低衝擊開發（LID）測試台來評估三種不同 LID 設計的性能（重複、有襯里和無襯裡）。LID 試驗台由六個平行單元組成，包括兩個生物滯留槽，填充有兩種不同的生物滯留土壤混合物：（1）標準生物滯留介質和（2）使用石灰石砂的創新混合物，以及一個裝有石灰岩砂。有襯里和無襯裡電池的性能差異探討了直接滲透對雨水質量和數量的影響，並量化了無襯裡系統中可以實現的潛在補給。通過連續監測每個單元的進出流量、水深和土壤含水量，並在入口和 6 個出口採集流動樣本，對 LID 試驗台的水文和水質性能進行了為期 3.5 年的監測。現場監測分為兩個主要

階段，其中第二個監測階段（22 個月後）包括高架出水口和內部蓄水池，以檢查飽和區存在時出水水質和水量的變化。結果表明，未襯里和襯裡細胞之間的出水污染物濃度沒有顯著差異，而內部蓄水提高了大多數測試污染物的處理效率。關於過濾介質，使用石灰石砂或在砂濾池中單獨使用石灰石砂可以增強污染物的去除效果。

第 4 場次（301B 室），由凱瑟琳·博寧-烏爾曼（Kathryn Boening-Ulman）主講「綠色基礎設施和‘城市喀斯特’現象：確定綠色基礎設施與現有地下基礎設施之間的相互作用（Green Infrastructure and the ‘Urban Karst’ phenomena: Identifying the interactions between green infrastructure and existing underground infrastructure)」。人口的快速增長導致城市化地區的類似增長，其特徵是高度連接的不透水表面。在不透水的表面之下是一個由管道、礫石填充的溝渠和管道組成的網絡，將公用設施（即天然氣、電力和電纜）和水（即飲用水、廢物和風暴）從中央設施輸送到各家各戶，然後再返回。滲透的雨水與這種複雜的地下系統之間的相互作用被稱為“城市喀斯特”（城市中水蝕石灰岩現象），類似於在具有高度可溶性岩石（例如石灰石）的地質中發現的自然形成的隧道和地下通道。綠色基礎設施（GI）雨水控制措施（SCM）旨在保留和滲出雨水以補充地下水位。在現有開發項目中安裝 GI SCM 經常需要擾動路基，有可能創建替代的、無意的且可能不受歡迎的路徑。為了更好地了解這些水路及其對周圍基礎設施的潛在影響，可以利用長期監測和染料追蹤研究等調查方法。這些方法用於收集本文提出的案例研究，其中包括在兩個州的三個地理標誌地點觀察到的“城市喀斯特”。提出這些案例研究是為了更好地向設計界介紹“城市喀斯特”，並開始研究這種現象可能對 SCM 和周圍公用事業產生的影響。探討可實施的設計標準建議，以盡量減少“城市喀斯特”效應。

- 112 年 8 月 8 日（星期二）下午 1:30 - 下午 3:00

參加第 1 場次（301B 室），由德里克·約翰遜（Derek Johnson）主

講「奧克拉荷馬州奧克拉荷馬市紀念公園的生物滲透改造 (Bio Infiltration Retrofit at Memorial Park in Oklahoma City, Oklahoma)」。奧克拉荷馬市歷史悠久的紀念公園佔地 16 英畝，建於 1902 年，並於 1920 年進行了重新改造，旨在紀念“所有戰爭和未來戰爭中的士兵”。蜿蜒的混凝土小路帶有 1941 年工程進步管理局的印章。紀念公園娛樂中心建於 1954 年，1995 年成為俄克拉荷馬縣男孩女孩俱樂部的所在地。2007 年，奧克拉荷馬市選民批准了一項價值 190 萬美元的振興計劃，資助網球場、籃球場、包含遊樂場設備，併升級到公園北側的小型停車場。新停車場的建設採用了透水鋪面和生物滲透技術，以更好地管理雨水逕流的質量和數量。施工結束後，工作人員對現場進行了監測，以確保新設施能夠有效排出積存的逕流。工作人員觀察發現，停車場的逕流過多導致停車場南側的觀賞花園被沖刷。工作人員進行改造設計，並於 2021 年獲得了 AARP 社區挑戰補助金的資助，該補助金部分資助了對現有觀賞花園進行生物滲透功能的升級。城市工作人員的勞動力和私人捐款提供了未通過贈款資助的剩餘項目工作。本演講重點介紹公園的獨特功能和歷史、2007 年資助的改進，並描述 2021 年完成的生物滲透升級。

第 2 場次 (301B 室)，由秦茜 (Qin Qian) 主講「在德克薩斯州博蒙特和亞瑟港聯合部署透水混凝土和雨水花園 (Conjunctive deployment of pervious concrete and rain garden in Beaumont and Port Arthur, Texas)」。德克薩斯州東南部沿海地區歷史上容易發生洪水，並且在當前的氣候條件下變得更糟。眾所周知，規模適當、建造合理的綠色雨水基礎設施 (GSI) 可以成為實施逕流源控制和增強社區可持續性的一種經濟有效、有彈性的方法。該研究的目的是探索透水鋪面與雨水花園的結合使用，作為提高兩個城市社區的彈性和宜居性的機制。在博蒙特的拉馬爾大學和亞瑟港的蒙特羅斯公園選擇地點來實施透水混凝土和雨水花園。為了更好地了解獨特的收縮膨脹土特性，進行了土壤鑽孔和現場土壤測試。監測平台設計用於收集系統進水、先前

混凝土的出水、飽和區和非飽和區的水樣。本研究審查實施的障礙、場地獨特的土壤特徵以及評估德克薩斯州東南部 GSI 的初步表現。

第 3 場次（301C 室），由阿奇拉·阿穆爾（Achira Amur）主講「18 年來雨水花園的水平衡（The Balance of Water in a Rain Garden over 18 Years）」。維拉諾瓦大學於 2001 年對現有交通島進行了改造，自 2003 年以來一直對生物滲透雨水花園進行監測，水文數據為 5 分鐘。這個廣泛的數據集可以深入分析雨水花園的水文路徑及其管理逕流的最終能力。利用該數據集，採用了一種新穎的方法來評估雨水花園的水平衡，並估計發生的水文循環中不同元素的貢獻。使用物理方程和建模數據，建立了雨水花園內所有進水、儲存水和廢水的平衡。初步分析顯示，雨水花園捕獲了 72.2% 的逕流，從而對整個降雨流域 84.9% 的逕流進行控制。該數據有助於量化綠色雨水基礎設施（GSI）系統中發生的滲透和蒸散等內部機制的貢獻，這些機制通常僅使用物理估計方程來完成。該分析不僅可以了解雨水花園的功能，還可以估計評估 GSI 系統功能所需的數據量。此外，還強調了對 GSI 系統進行廣泛監測以真實反映所發生的降雨量的重要性，以及它們管理各種暴雨產生的逕流的能力。

第 4 場次（301B 室），由明迪·希爾斯（Mindy Hills）主講「生物滯留土壤介質的輸出及其對底層原生土壤的影響（Bioretention Soil Media Export and Impacts on Underlying Native Soils）」。生物滯留系統通常設計用於提供設計暴雨的完全或部分滲透。生物滯留土壤介質（BSM）預計會經歷一個初始沖洗期，其中會釋放移動介質成分，但研究表明，不同供應商的 BSM 批量出口可能存在很大差異。BSM 特性取決於許多因素，包括原始材料的變化、混合和存儲實踐以及安裝方法。為了解決長期 BSM 沖洗造成的大量排放可能堵塞底層原生土壤，從而限制滲透率、體積和污染物減少的擔憂，進行了一項實驗室規模研究，以污水質量評估來評估 BSM 排放量。來自眾多供應商的高流量和低流量介質的測試柱，利用多種模擬暴雨，遵循每個水力負

載率（HLR）的規定水位線和階梯式流量節奏。重複模擬加上懸浮沉積物濃度樣品收集和分析可以觀察 BSM 輸出的變化。當整個模擬過程中的出水質量始終低於低閾值濁度時，測試停止，表明沖洗已完成。此研究展示各供應商和設計 HLR 的 BSM 批量導出結果。提供用於評估 BSM 批量導出的建議測試設計和方法。向從業人員提供關於在考慮低流量和高速率 BSM 在滲透原生土壤上的安裝和長期性能時如何使用這些數據的建議。設計者必須考慮 BSM 輸出的作用和底層原生土壤的水力能力可持續性，以實現長期滲透、污染物減少和許可證合規性。

- 112 年 8 月 8 日（星期二）下午 3:30 - 下午 5:00

參加第 1 場次(301A 室)，由瑪麗亞姆·撒哈拉伊(Maryam Sahraei) 主講「基於社區的水資源規劃工具包 (In theToolkit for Community-Based Water Resources Planning)」。水資源規劃需考慮平衡當地和下游影響(例如洪水和水質)。以社區為基礎的水資源規劃方法對於實現每個社區的可持續發展至關重要。評估和識別南達科他州東部社區的水資源風險有助於了解建築環境對水資源的影響，制定水資源目標改善和保護水資源，並採取行動綜合管理土地和水資源以實現社區目標。目前，雨水管理法規主要針對人口超過 10,000 的城市。人口不足 10,000 的社區很可能也會因不透水覆蓋而影響和受到雨水和水管理的影響，但缺乏技術、金融和社會資本，以有效管理不透水地表的水。此研究對南達科他州各地的社區進行了分析，以評估不透水覆蓋率如何隨人口、人口密度和土地總面積而變化。除了研究這些特徵之外，還進行了一系列詳細訪談，以便更深入地了解社區的建築環境。這些結果將用於評估人口不足 10,000 的社區對水管理能力的投資需求。更好地了解小城鎮不透水覆蓋的普遍程度將更好地為政策、投資和工具開發提供資訊，以減少當地和下游風險。

第 2 場次 (301A 室)，由索米婭·薩卡 (Saumya Sarkar) 主講「德

克薩斯州中北部政府委員會綜合雨水管理計劃：概述和近期發展（North Central Texas Council of Governments integrated Stormwater Management Program: Overview and Recent Enhancements）。針對德克薩斯州中北部政府委員會（NCTCOG）綜合雨水管理（iSWM）計劃是 60 多個地方政府、iSWM 小組委員會、地區公共工程委員會和顧問團隊之間的合作項目，旨在協助市縣儘早解決雨水影響。使用綜合開發流程、場地設計實踐和施工標準來減少下游影響。iSWM 計劃由四個文件和工具組成 iSWM 標準手冊、iSWM 技術手冊、iSWM 工具和 iSWM 計劃指南。Halff Associates, Inc. 一直與 NCTCOG 密切合作，完成更新、提供培訓、技術援助並協助實施 iSWM 場地開發設計手冊和 iSWM 施工設計手冊。iSWM 計劃的最新改進包括場地開發控制的重組和重新評估、設計的全面指導、透水路面施工和維護的培訓、生物滯留設計的詳細指導以及 NOAA Atlas 14 的採用。在此演講中，提供 iSWM 計劃的總體概述並介紹過去 4 年實施的關鍵更新。

第 3 場次（301C 室），由朱麗安娜·弗里齊（Giuliana Frizzi）主講「薄層綠屋頂組件內滯留層的水文影響（Hydrologic Impacts of Detention Layers within Extensive Vegetated Roof Assemblies）。第一代薄層綠屋頂系統僅包括植被、生長介質和排水材料。即使這種簡單的設計對於最初不是為綠色基礎設施設計的屋頂來說也可能太重，並且生長介質可能無法提供足夠的雨水滯留來滿足所需的洪水緩解目標。因此，新的設計旨在提高輕質製造產品的保留和滯留能力。本研究評估了四種通用綠屋頂組件（VRA）的水文影響，這些組件使用超輕質和無土材料（羊毛、礦棉和組合水庫織物系統）在自然降雨條件下的整個生長季節過程中的水文影響。在安大略省多倫多市，2022 年 7 月至 9 月連續測量試驗台的排放量，並與降雨量和石屋頂的排放量進行比較，以觀察雨水滯留和滯留的變化。監測期總降雨量 177.6 毫米，一般屋頂保留 93.8 毫米（53%）。綠色屋頂則改善了保留能力，保留了額外的 41.3-69.3 毫米。性能最好的系統（水庫-織物組合）保留了 92%

的降雨量。所有綠屋頂都提供了一定的滯留並減少了峰值流量。根據 VRA 的設計，所提供的滯留範圍差別很大，特別是對於中型和大型降雨事件。平均而言，結合儲水與織物的屋頂使峰值流量減少了 98%，而羊毛則使峰值流量減少了 94%。這項工作表明滯留層在不同程度上改善了綠色屋頂系統的水文性能。

第 4 場次（301C 室），由此次同去的團隊成員，國立臺北科技大學陳起鳳（Chi-Feng Chen）教授主講「臺灣雨水花園示範計畫與其成效表現（Rain Garden Pilot Policy In Taiwan And Their Performance）」。針對行政院環境保護署（現為環境部）從 2018 年啟動的區域型氣候變遷調適設施示範推廣計畫，到 2020 年多功能智慧型雨水花園示範建置委託技術服務計畫，將雨水花園推廣到其他城市共計 7 處（至 2022 年共完成 16 處）的選址過程、設計規則和成果表現。此發表為本團隊計畫投稿文章，詳細內容列於後續發表內容與簡報（詳附錄）。

#### 4. 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」第 3 天。

- 112 年 8 月 9 日（星期三）上午 8:45 - 上午 10:15

參加第 1 場次（301A 室），由鐘鯤輝（Gunhui Chung）主講「住宅區用水模式分析的物聯網方法（IoT approach for water consumption pattern analysis in residential area）」。針對城市居民用水量與人口密度、城市化程度、生活水平呈正相關。因此，韓國首爾、釜山、世宗等大城市的用水量有所增加。為了實現穩定、高效的供水，耗水量預測對於供水設施的設計、施工和運營非常重要。韓國常見的住宅類型是 1000 戶以上的大型公寓。水費分為個人用水和公共用水，並向家庭徵收。個人用途是在家庭內部用於生活，而公共用途是清潔和園藝。在本研究中，位於世宗市的一間大型公寓安裝了計時水錶，並分析了家庭工作日和周末的用水模式。此外，還會測量公寓內的公共用水量。

為了減少公共用水，安裝了低衝擊開發（LID）設施並評估了 LID 設施的效果。一天中的用水高峰出現在準備上班和回家後。不過，週末期間，直到接近中午才出現最大用水量。利用測量數據，預測用水量並提出供水計劃。

第 2 場次（301B 室），由凱·伯納德（Kay Bernard）主講「綠色基礎設施實踐對流域範圍內雨水質量的影響：俄亥俄州哥倫布市的一項為期 6 年的監測研究（The Effects of Green Infrastructure Practices on Stormwater Quality at a Watershed Scale: A 6-Year Monitoring Study in Columbus, Ohio）」。城市地區的雨水逕流輸送高營養物、沉積物和金屬負荷。這些污染物從雨水管排放到附近水域，對水生生態系統的健康、多樣性和穩定性產生不利影響。綠色基礎設施（GI）是一種整體雨水管理範例，其目標為減少逕流和相關污染物負荷。已有大量研究調查單一設施規模的有效性，但尚未對流域範圍內的 GI 裝置的長期水質和水量性能進行大規模研究。2016 年，哥倫布市實施哥倫布藍圖項目，該項目對選定的社區進行了 GI 和其他基礎設施改造（例如斷開落水管、安裝污水泵和生活污水側襯），以控制生活污水溢出。2016 年至 2022 年，在 GI 安裝之前、期間和之後，通過雨量計、流量計和自動採樣器網絡監測了三個處理流域和一個控制流域的水質和水量表現。使用前後、控制-影響配對分水嶺方法評估數據。數據表明，在安裝所有雨水改造後，採用 GI 可以減少某些重金屬、氮、磷和總懸浮固體的濃度和負荷。初步結果表明，一旦 GI 改造上線，雨水質量就會得到顯著改善。然而，其他三項改造導致了 GI 的雨水量增加，導致污染物去除量減少，但仍然比藍圖計劃實施之前要好。

第 3 場次（301B 室），由安德魯·蒂帕克（Andrew Tirpak）主講「利用綠色基礎設施改造大型商店不透水的地表水文（Mitigating impervious surface hydrology at a large commercial store using green infrastructure retrofits）」。這項研究調查了兩種雨水控制措施（SCM）的水文影響，這些措施收集美國俄亥俄州雷諾茲堡高度不透水、高度連

通的商業停車場的逕流。經過 12 個月的監測後，該場地改造了生物滯留池和透水路面，以表徵現有停車場的水文特徵。SCM 施工後又繼續進行了 20 個月的監測。生物滯留池顯著減少了集水區的逕流深度（減少了 83%）和峰值流量（減少了 86%）。城市喀斯特特徵（即，封閉相鄰下水道和附近路緣排水管的礫石溝）可能提供了優先通道，導致底層土壤滲透性較差，但仍有大量滲出水。相反，安裝透水路面後，沒有觀察到停車場水文發生顯著變化。在研究期間，路面的中位表面滲透率下降了 96%，這表明系統極度堵塞，可能因為極高的負載比（27.6:1）、缺乏日常維護以及不良的積雪管理活動造成的。研究結果表明，當這些系統的尺寸、安裝和維護正確時，SCM 在高度不滲透、高度連接的商業集水區和逕流緩解中的有效性是可以預期的。

第 4 場次（302A 室），由蒂莫西·黑爾（J. Timothy Hare）主講「城市海岸保護系統內的綜合雨水管理（Integrated Stormwater Management within an Urban Coastal Protection System）」。諾福克市從住房和城市發展部獲得了 1.15 億美元的撥款，用於解決該流域暴潮和高降雨量造成的洪水問題。設計方法包括在海岸線防禦內建立一個綜合雨水管理系統。此外，水管理活動增加社區連通性、增加新的和改善的自然棲息地以及增強對未來洪水的抵禦能力來改善社區。已建成的項目預計將於 2023 年初完工，將包括 10,000 英尺長的護堤和海岸保護，以保護社區免受 100 年海岸潮汐事件的影響，同時考慮到氣候變化。綠色基礎設施（生物滯留和滲透性路面）和基於自然的解決方案（生態海岸線），滿足水質要求以及在諾福克最古老的海濱社區之一創建緩解洪水的彈性可持續解決方案。內部排水系統的改進將包括用 17,000 線性英尺的新暴潮線和兩個雨水抽水站替換現有的灰色基礎設施，以提高容量來應對 10 年 24 小時的暴雨。本次演講將項目的功能和住宅限制納入其中，為社區提供良好的實踐和經驗教訓，以供社區在未來氣候變遷下變得更有彈性。

- 112 年 8 月 9 日（星期三）上午 10:30 - 上午 12:00

參加第 1 場次（301D 室），由傑森·賴特（Jason Wright）主講「北卡羅來納州高速公路環境下地下礫石濕地的設計和施工（Design and Construction of a Subsurface Gravel Wetland in the North Carolina Highway Environment）」。地下礫石濕地是北卡羅來納州新興的雨水控制措施。雖然地下礫石濕地是在 20 世紀 90 年代開發的，作為一種廢水處理技術，但直到 2000 年代末，新罕布爾州才將其用作雨水管理裝置。從那時起，他們作為經批准的 SCM 接受範圍已擴大到美國東部，包括馬里蘭州、新澤西州、田納西州、西維吉尼亞州和喬治亞州。目前，北卡羅來納州僅實施了一些地下礫石濕地，但人們對其使用以及監測其性能以評估其納入北卡羅來納州雨水設計手冊的潛力越來越感興趣。作為該部門 NPDES 改造計劃的一部分，Tetra Tech 協助北卡羅來納州交通部水利部門為該州第三個地下礫石濕地提供設計和施工支持。該濕地旨在攔截、處理和儲存來自 85 號州際公路和 1 號門路交匯處的雨水逕流，然後再排入瀑布湖。Falls Lake 被分類為 WS-IV 和 NSW，因此，減少營養是設計的特別重點。此演講重點介紹高速公路環境、施工挑戰和經驗教訓的一些獨特因素，這些因素可用於未來的實施。

第 2 場次（301A 室），由瑪麗·哈雷（Mary Halley）主講「將 LID 納入地方政府：成功策略（Integrating LID into Local Governments: Strategies for Success）」。許多州在其 MS4 許可證中都對雨水低衝擊開發（LID）做法提出了要求。有些許可證要求 LID 實踐，而其他許可證則只是鼓勵這樣做。一些許可證更加含糊，通過使用“模擬自然條件水文學”或“減少逕流量”等短語來暗示 LID。無論許可語言如何，將 LID 納入地方政府許可合規計劃都不是一項簡單的任務。LID 強調通過土壤和植物減少逕流和去除污染物，這改變了任何類型的土地開發的規劃、設計、建設和維護方式。因此，它改變了地方政府監管土地規劃、設計、建設和維護的方式。此外，利益相關者需要提高認識、接受教育，在某些情況下還需要就其與 LID 相關的角色或責任進行培

訓。這對於土地開發生命週期的每個階段都是如此。本次演講讓觀眾了解 LID 如何成功融入地方政府。主講人 Mary Halley 擁有十多年將 LID 技術融入美國各地市政雨水和土地開發項目的經驗。她介紹土地開發生命週期的各個階段，確定大多數社區面臨的 LID 的主要障礙和機會，並深入了解不同地方政府成功解決這些問題的方式。

第 3 場次( 301A 室 )，由弗朗西斯科·錢法拉尼( Francesco Cianfarani )主講「俄克拉荷馬城的低影響填充：將雨水管理與低層住房解決方案相結合的漸進方法 ( Low impact infill for Oklahoma City: an incremental approach for integrating stormwater management to low-rise housing solutions )」。前所未有的氣候不穩定和國內移民造成的預期城市增長凸顯了將氣候變化戰略納入城市實踐的迫切需要。隨著美國城市的綜合規劃越來越注重韌性，城市填充文化需要最大限度地利用綠色基礎設施和現場雨水管理。特別是，鑑於高強度暴雨事件更加頻繁，最大限度地減少城市河岸地區人類棲息地的開發正在成為越來越多的關注焦點。在這種情況下，此研究提出了一套指導方針，以評估和促進俄克拉荷馬城毗鄰俄克拉荷馬河水道的住宅區的填充開發方式。在我們的研究中，重建了河流與城市之間的歷史關係，涉及基礎設施、水管理、生物多樣性和人類活動，同時考慮到環境正義。展示了過去二十年來該地區土地利用和人口統計的演變，以及對河流周圍目前的空置和廢棄土地進行了詳細調查。空缺地圖的疊加是根據與土地覆蓋和環境敏感特徵（例如水流、洪氾區以及排水基礎設施）相關的數據集進行的。通過交叉評估這些數據，可了解該地區空置土地用於水敏感城市實踐的潛力。最後，提供了一套基於現場的指南，處理私人地塊空間和現有街景，逐步將填充式低層住房解決方案與綠色基礎設施整合起來。

- 112 年 8 月 9 日（星期三）下午 1:00 - 下午 6:00

研討會最後一天下午為大會安排的付費以及免費導覽，本次參加

的免費導覽為會議舉辦地點奧克拉荷馬市會議中心以及附近的剪刀尾公園行程。兩處地點都是基於城市重新改造，納入綠色基礎建設的概念設計的，因此有雨水控制設施、廢棄物回收再利用、環境教育等元素。



圖10：剪刀尾公園一角照（雨水及廢棄物回收再利用設施）

(五) 「國際低衝擊開發研討會 2023 International Low Impact Development Conference」發表及分享具體成果

- 112 年 8 月 8 日 (星期二) 下午 3:30 - 下午 5:00 (301C 室)

本次大會發表題目「臺灣雨水花園示範計畫與其成效表現 (Rain Garden Pilot Policy In Taiwan And Their Performance)」，由陳起鳳 (Chi-Feng Chen) 教授代表主講。針對臺灣行政院環境保護署 (現為環境部) 從 2018 年啟動的區域型氣候變遷調適設施示範推廣計畫，到 2020 年多功能智慧型雨水花園示範建置委託技術服務計畫，將雨水花園推廣到其他城市共計 7 處 (至 2022 年共完成 16 處) 的選址過程、設計規則和成果表現。

雨水花園是廣泛應用於低衝擊開發 (LID)。在臺灣，環境保護署於 2018 年在臺北市啟動了一個雨水花園示範計畫，示範型雨水花園表現出令人滿意的減少逕流、雨水回收和調節溫度的效果，兩年的資料顯示，近乎 100% 的逕流可以被儲存，儲存的雨水可以手動抽出用於灌溉花園，雨水花園和附近人行道的表面溫度平均相差 5°C，證明了雨水花園對水和溫度調節的益處。

有了成功的案例，環保署在 2020 年向其他城市推廣，另外完成了 6 個雨水花園，本文展示了 7 個 (至 2022 年共完成 16 處) 雨水花園的選址過程和表現，每個雨水花園都遵循相同的設計規則，例如植物和材料的要求、尺寸和排水面積與雨水花園面積的比例，所有雨水花園都配有地下儲水槽，用於雨水回收，現場監測還包括物聯網 (IoT) 即時的數據，如溫度和水位等，可以從雨水花園保水降溫監控平台網站上看到，這 7 個雨水花園位於不同城市的不同學校，已經納入教材，並作為實體環境教育場所，雨水花園最初是為了低衝擊開發和氣候適應而設計和貢獻的，但它們的表現超出了預期。



圖11：發表及分享具體成果簡報照（具體成果）



圖12：發表及分享具體成果簡報照（設計規則）

### 三、心得及建議

- (一) **分享我國雨水花園經驗和研究成果，宣揚氣候變遷調適作為。**本署為推廣調適韌性設施，2018~2022 年建置 16 處多功能智慧型雨水花園，以水文循環途徑接近大自然生態樣貌，除了創造出豐富的生態空間，調節微氣候功能也能打造更舒適環境溫度，更協助降低排水量以及改善水質，具有節水、滯洪、降溫、生態景觀、環境教育等多項效益的設施，且每一處場址皆配置 IoT 即時監測系統，再搭配後端「保水降溫監控系統平台」，提供多功能智慧型雨水花園實際數據，展示雨水花園降溫及保水的成效，可調節地面降溫 2 度以上，並遍布於全台 8 縣市（臺北市、桃園市、新竹市、新竹縣、臺中市、嘉義市、臺南市、高雄市）。
- (二) **掌握學習低衝擊開發和綠色基礎建設等最新技術和實踐機會。**透過「綠色雨水基礎設施（green rainwater infrastructure, GRI）」開發與運用，面對氣候變遷所帶來的影響下仍有些作為可以因應，例如針對社區開發或再開發案，可提供一套明確的 GRI 指南、手冊、成本、障礙和可能的解決方案等工具，並通過製定滲透的標準規範、安裝綜合成本、維護及維運成本、耐久性等設計改進及應用，並具有成本效益的生命週期。另外針對較小的道路寬度要求斷開和減少不透水覆蓋物，藉由結合雨水花園、滲透和人工濕地等被融入到現有環境中，進一步推展社區調適韌性設施，以獲得減少洪水影響和減輕熱島效應，去適應與適應不斷變化的世界。
- (三) **進一步推動低衝擊開發相關領域的研究和應用及挑戰和機遇。**綜合應用雨水花園、多孔瀝清、透水混凝土、透水鋪面、可有效緩解城市逕流，此外 GRI 的洪水風險必須考慮現場、社區和區域範圍內獨特的水文和水力條件進行規劃，透過公有區域上 GRI 示範，推動當地私有財產廣泛採用及分佈式和分散式雨水管理方法，其規模從雨水花園、透水路面、濕地及下水道等 GRI 進行設計及改善，亦可透過透水鋪面與雨水花園的應用，採取補助停車場、網球場、籃球場、公園及遊樂等設備（改善或升級）的結合使用，提高社區面對氣候變遷的韌性設施和宜居性的機制，逐步以填充式的 GRI 整合起來，以供社區在未來氣候變遷下變得更有彈性。

## 四、附錄

(一) 研討會議程表

(二) 發表議題簡報

# 2023 Low Impact Development Conference

## Sunday, August 6

8:00 a.m. - 12:00 p.m.	Short Course: Green Infrastructure and Low Impact Development - Planning, Design, Construction and Maintenance (ticketed event) - Room 201
12:00 - 6:15 p.m.	Registration open
1:00 - 3:00 p.m.	Short Course: Applying ESRI's Field Data Collection to Inspections (ticketed event) - Room 201
1:00 - 4:00 p.m.	Technical Tour: Wheeler District & Memorial Park Tour (ticketed event)
3:00 - 6:00 p.m.	Short Course: Auditing Local Codes to Enable Low Impact Development and Green Stormwater Infrastructure (ticketed event) - Room 202
3:00 - 6:00 p.m.	Short Course: Community Resilience and Mitigation Planning and Funding (ticketed event) - Room 205 A/B
6:30 - 8:30 p.m.	Welcome Reception (ticketed event)

## Monday, August 7

7:00 a.m. - 4:00 p.m. Registration (Closed for lunch from 12:00 pm – 1:30 pm)

8:30 a.m. - 9:00 a.m. Welcome & Introductions

9:00 - 9:45 a.m. Opening Plenary & Keynote (Ballroom)

9:45 a.m. - 10:30 a.m. Networking Break | Exhibit Hall Open

10:30 a.m. - 12:00 p.m.

**1.1 Policies & Regulations**

**1.2 LID Modeling**

**1.3 Watershed Scale Performance of LID**

**1.4 GSI Siting and Watershed Planning I**

**1.5 Plants**

Room 301 A

Room 301 B

Room 301 C

Room 301 D

Room 302 A

*Feasibility Analysis and Policy Guidance for Green Rainwater Infrastructure Implementation in the City of Vancouver*  
Bryce Wilson, Gord Tycho

*Getting Community Support for Large-Scale Urban Flood Mitigation Improvements – the Blounts Creek Watershed Story*  
Mark Van Auken, Alicia Lanier, Scott Brookhard

*Quantifying the Role of Different Green Stormwater Infrastructure When Working as a System*  
Bridget Wadzuk, Mahmud Saminur Rahman, Mithila Parvin

*Building a Comprehensive Green Infrastructure (GI) Maintenance Program for Over a Thousand Assets from the Ground Up*  
Laura Bendernagel, Jo-Elle Burgard

*Vegetation dynamics in highway detention ponds and swales in Central Texas*  
Jeffrey Hutchinson, Vikram Kapoor, Samer Dessouky

*Case Study of Comprehensive Environmental Regulations in the District of Columbia*  
Allison Lee

*Coupled effects of climate change and land use change on stormwater drainage systems and flooding management*  
Chao Ye, Qiong Zhang, Yu Zhang

*Riparian corridors as LID: the value of keeping it connected*  
Trisha Moore, Stacy Hutchinson, Laura Krueger

*Improving Urban Resilience: A Strategic Approach for the Implementation of Low Impact Development*  
Seneshaw Tsegaye, Thomas Missimer, Serge Thomas, Ahmed Elshall

*Stresses on the Vegetation in Green Stormwater Infrastructure*  
Wei Zhang

*A New Development: The NYC Stormwater Manual*  
Tyler Carson, Melissa Enoch

*Co-generating flood resilience through integrated modeling*  
Franco Montalto, Fatemeh Nasrollahi, Haseeb Payab, Mita Kazi, Phillip Orton, Jazmin Ricks

*Going Green to Reduce Total Phosphorous Load in New England's Most Prominent Urban River*  
Lenya Tobey, Ross Tsantoulis

*Retrofit Manual for long term LID implementation and crediting in New England*  
James Houle, Nate Pacheco

*Measuring Effectiveness of Turf-Replacement BMPs to Minimize Dry and Wet Weather Runoff*  
Elizabeth Fassmen-Beck, Edward Tiernan, Kelsey Cherland

	<i>Denver's Green Continuum: Streetside GI for Urban Heat Mitigation</i> Colin Bell, Brian Wethington, Sarah Anderson	<i>A Life Cycle Analysis of Onsite Wastewater Treatment and Collection Systems in the Alabama Black Belt</i> Rachel Chai, Kevin White, Kaushik Venkiteshwaran, Sean Walker	<i>Effects of Land Use on Thermal Enrichment of Urban Stormwater and Mitigation of Runoff Temperature by Watershed Scale Green Infrastructure</i> Ryan Winston, Ian Simpson, Jay Dorsey	<i>Using Watershed Science to Build Consensus and Maximize the Multi-Benefits from L.A. County's Safe Clean Water Program</i> Thom Epps, Chad Helmle, Brad Wardynski	<i>Ability of Four Common Mature Native Tree Species in the Pacific Northwest to Offset Stormwater Volumes</i> Benjamin Leonard, Anand Jayakaran, Dylan Fischer
	<i>Rainwater and Runoff Harvesting with Water Rights in the Rocky Mountains</i> Andrew Earles, Kristen Moseley, Barbara Chongtoua, Jocelyn Hittle, Daniel Condren, Chris Olson				<i>Estimating stormwater infiltration and canopy interception for street tree pits in Manhattan, New York</i> Nanand Shetty
	<i>A Lot of a Little = More Than a Little of a Lot!</i> Jesse Clark, Chris Loftus, Paul Thomas				
<b>12:00 - 1:00 p.m.</b>	<b>Luncheon &amp; Keynote (Ballroom)</b>				
<b>1:00 p.m. - 1:30 p.m.</b>	<b>Exhibit Hall Open</b>				
<b>1:30 - 3:00 p.m.</b>	<b>2.1 Redefining LID</b> Room 301 A	<b>2.2 Hydrologics &amp; Hydraulics of LID</b> Room 301 B	<b>2.3 Bioretention Water Quality</b> Room 301 C	<b>2.4 GSI Siting and Watershed Planning II</b> Room 301 D	<b>2.5 Novel Pollutants</b> Room 302 A
	<i>Ethics and the Requirement of Competence</i> Rebecca Anne Bowman	<i>Design and Placement of Green Stormwater Infrastructures and Assessment of Associated Runoff Peak and Volume Reduction</i> Mahsa Samadi Darafshani, Jessica Eisma, Jessica Seersma	<i>Evaluating the Long-Term Performance of High-Rate Biofiltration</i> Mindy Hills, Vaikko Allen	<i>A planning framework to mitigate localized urban stormwater inlet flooding using distributed Green Stormwater Infrastructure at an urban scale: Case study of Dallas, Texas</i> Bardia Heidari Haratmeh, Victoria Prideaux, Kathy Jack, Fouad Jaber	<i>Salt: The Opioid of Low Impact Developments</i> Wei Zhang
	<i>LID begins with SWP3</i> Kevin Hurley	<i>Evaluation of Low Impact Development Stormwater Control Systems for Runoff Peak Flow Reduction</i> Andrea Carolina Tavera Paredes, Jason Vogel	<i>Are Stormwater Biofilters Causing Nutrient Impairments?</i> Andy Erickson, Katie Kramarczuk, Jessica Kozarek	<i>Controlling the Source: Identifying Impactful, Cost-Effective Projects using Overflow Reduction Efficiencies and Opportunity and Constraints Analyses</i> Andrew Potts, Tim Prevost, Leah Rominger	<i>Influence of Stormwater Management Ponds on Chloride Transport to Headwater Streams</i> Hafsa Momin, Jennifer Drake, Claire Oswald

	<i>Stormwater Media Filtration for the Urban Environment: A Technical Report</i> Craig Fairbaugh	<i>A Creative Solution for Green Infrastructure Implementation in an Urban Watershed</i> Kelsey Kern, Emma Page	<i>Longevity of Bioretention Depths for Preventing Acute Toxicity from Urban Stormwater Runoff</i> Lane Maguire, Jay Davis, Jenifer McIntyre, Courtney Gardner	<i>Simple, Nature-Based, Stormwater Infrastructure Retrofits in an Appalachian Watershed: A Field Based Assessment of Sediment Yield Before and After</i> Joshua Robinson, Philip Ellis	<i>Treatment of Tire Particles and Associated Leachable Contaminants Using Permeable Pavements</i> Chelsea Mitchell, Anand Kayakaran
	<i>Innovations in Stormwater for an Uncertain Climate Future</i> Jennifer Johnson	<i>Seattle's Multi-objective Planning Tool for Drainage and Wastewater Decision Making</i> Alice Lancaster, Shanti Colwell	<i>Investigating Phosphorus Retention in Mature Bioretention Cells in the Midwestern US</i> Andrew Tirpak, Ryan Winston, Jay Dorsey, Joey Smith, Robert Furen, Godecke-Tobias Blecken	<i>Building Resilience at the Watershed Scale</i> Cassidy Yates, Indrani Ghosh, Andrew Walker, Julie Wood	<i>Is pavement wear a source of microplastics in stormwater runoff and green infrastructure?</i> Kelsey Smyth, Jennifer Drake, Tim Van Seters, Shuyao Tan, Elodie Passeport
	<i>A Framework to Develop Stormwater Capture Incentive Programs for Water Supply and Other Co-Benefits in Southern California</i> Thom Epps, Brad Wardynski		<i>Nutrient Leaching from Bioretention Media as a Function of Organic Matter Type and Volume</i> Kay Bernard, Ryan Winston, Jay Dorsey		<i>Bioretention cells remove microplastics in the 25 – 106 micron size fraction</i> Kelsey Smyth, Jennifer Drake, Tim Van Seters, Johnny Gasperi, Bruno Tassin, Richard Dris, Chelsea Rochman, Shuyao Tan, Elodie Passeport
<b>3:00 - 3:30 p.m.</b>	<b>Networking Break   Exhibit Hall Open</b>				
<b>3:30 - 5:00 p.m.</b>	<b>3.1 Innovative LID Outreach and Educational Programming</b> Room 301 A	<b>3.2 LID Hydrologics &amp; Hydraulics and Water Quality Modeling</b> Room 301 B	<b>3.3 Permeable Pavement Performance</b> Room 301 C	<b>3.4 Design Case Studies</b> Room 301 D	<b>3.5 Visionary, Unconventional, Innovative Built &amp; Non-built Projects</b> Room 302 A
	<i>Mass Urbanization and the Decline of LID technology (10000 BC to 1840)</i> Tonja Koob Marking, Austen Dooley	<i>Modeling the Hydrologic Impact of Watershed-Scale Green Stormwater Infrastructure</i> Caleb Mitchell, William Hunt	<i>Clearing the Path for Successful Porous Pavement Implementation</i> Mark Palmer	<i>Improving Stormwater and Appearances for both NCDOT and a Local Town in One Project</i> Daniel Wiebke, Natalie Bohorquez, Ryan Mullins	<i>Stream Restoration and Stabilization Improvements Implemented with Floodplain Reclamation Guidance Created for Developers along Furneaux Creek in Carrollton, TX</i> Rodrigo Vizcaino

	<p><i>Mass Urbanization and Re-Emergence of LID Technology (1840-present)</i> Tonja Koob Marking, Austen Dooley</p>	<p><i>LIDS Control and Management of Stormwater in the Federal District-Brazil</i> Maria Elisa Leite Costa, Sérgio Koide, Daniela Jukeira Carvalho, Márcio Bittar Bigonha</p>	<p><i>Solving Urban MS4 Requirements in the Right-of-Way with PPCP</i> Gregg Novick</p>	<p><i>A case study in South of Italy to estimate the effectiveness of GSI for quality life improvement in an urban context</i> Armando Di Nardo, Giovanni Francesco Santonastaso, Michele Di Natale, Roberto Bosco, Savino Giacobbe, Carlo Donadio, Giuseppe Moccia, Renata Valente</p>	<p><i>Optimizing Low Impact Development and Other Best Management Practice Implementation for Reducing Nutrient and Sediment Loads into the Hog Creek and Elm Creek Watersheds in Central Oklahoma</i> Jason Vogel, Andrea Carolina Tavera Paredes, Sarah Yepez, Season Crabtree, Grant Graves, Derek Johnson</p>
	<p><i>High-Rate Biofiltration: High-Rate Solution or High-Rate Confusion</i> Lisa Simms, Lauren Foster</p>	<p><i>Modeling in support of communal LID controls for stormwater retrofits and water quality improvements</i> Nandana Perera, Phil James, Rohan Hakimi</p>	<p><i>Hydrologic Modeling of Permeable Paver Systems</i> Paul Cureton</p>	<p><i>Rethinking Urban CIPs: Teamwork Makes the Stream Work</i> Will Huff, Kaylyn Hudson</p>	<p><i>Adopt-a-Downspout: Implementing Elevated Highway Runoff Treatment using Community-Driven Innovative Stormwater Treatment</i> Dylan Ahearn, Aaron Clark</p>
	<p><i>Reimagining the Schoolyard as a Stormwater Practice and Incentive Programs that will Help</i> P. Trinh Doan, Lawrence Omoregbe</p>	<p><i>Assessing Performance of an Aging Green Roof under Climate Change</i> Marissa Webber, David Rounce, Constantine Samaras</p>	<p><i>Hydrologic and Water Quality Treatment Performance of Four Permeable Pavements Surfaces</i> Jose Artur Teixeira Brasil, Athanassios Papagiannakis, Marcio Hofheinz Giacomoni, Drew William Johnson, Marcus Nobrega Gomes Junior, Eduardo Mario Mendiondo</p>	<p><i>Where Water Worlds Collide: Implementing Green Infrastructure at Water Treatment Facilities</i> Ashley Kinsey</p>	<p><i>Francisco Park Stormwater Reutilization Project</i> Jordan Ollanik, Cody Anderson</p>
	<p><i>Building Capacity for Community-Driven Project Delivery: Minority Business Participation and Workforce Development of the Clean Water Partnership in Prince George's County, MD</i> Bello Mahmud, Camille Jenkins, James Hunter</p>	<p><i>R4: Regulatory Runoff Reduction in the Right-of-way</i> Colin Bell, Sarah Anderson, Jeffrey Williams, Bradford Cox</p>	<p><i>Effects of Cooling Temperature By Permeable Pavements, A Case Study In Taipei City, Taiwan</i> Chi-Feng Chen, You-Ting Lin, Shyh-Fang Kang, Jen-Yang Lin</p>		
	<p><i>Triple Bottom Line of Stormwater Management</i> Jason Bailey</p>	<p><i>Characterizing Nutrient Loads from Urban Pervious Surfaces</i> Amber Ellis, William Hunt, Jasmine Gibson, Sarah Waickowski</p>	<p><i>Permeable Pavement Maintenance: Synthesizing Knowledge for Practical Guidance</i> Elizabeth Fassman-Beck, Ryan Winston</p>		

6:00 - 9:00 p.m.

Off Premise Reception @ Farmer's Public Market (ticketed event)

<b>Tuesday, August 8</b>					
<b>8:30 - 9:00 a.m.</b>	<b>Opening Announcements</b>				
<b>9:00 - 10:00 a.m.</b>	<b>Morning Plenary &amp; Keynote (Ballroom)</b>				
<b>10:00 - 10:30 a.m.</b>	<b>Networking Break   Exhibit Hall Open</b>				
<b>10:30 a.m. - 12:00 p.m.</b>	<b>4.1 Reflections on LID</b>	<b>4.2 Hydrologic &amp; Hydraulic Modeling and Multibenefit Optimization</b>	<b>4.3 LID Monitoring Assessment</b>	<b>4.4 Bioretention &amp; Filtration Design &amp; Performance</b>	<b>4.5 Eco- and Geo-Hydrologic LID Assessment &amp; Modeling</b>
	<b>Room 301 A</b>	<b>Room 301 B</b>	<b>Room 301 C</b>	<b>Room 301 D</b>	<b>Room 302 A</b>
	<i>Designing LID Systems: What do you need to know and why</i> Steven Trinkhaus	<i>Water Quality Benefits Evaluation Toolkit: An Integrated Framework for Connecting Cost-Conscious Management Actions to Environmental Outcomes</i> Olivia Wright, John Lenth	<i>Green Infrastructure for Stormwater Management in Wilson, North Carolina</i> Vinicius Taguchi, William Hunt	<i>Let's go for a dive into Design, Construction and O&amp;M of High Performance Modular Biofiltration Systems</i> Scott Gorneau	<i>How well does neighbourhood-level LID mimic pre-development hydrology?</i> Jennifer Drake, Yin Yin, Darko Joksimovic
	<i>Fifteen Years of Success and Lessons Learned in Low Impact Development in Oklahoma</i> Jason Vogel	<i>Comparing modeling techniques for online bioretention performance assessment to mitigate post-development flow rates and increased erosion potential</i> Troy Dorman, Bryce Carlile	<i>Green Infrastructure Performance Monitoring in Kansas City: Results, Lessons Learned and Next Steps</i> Sam Lahodny, Madison Gibler, Andy Sauer	<i>Nitrogen Removal in Bioretention Systems with Hydraulic Controls</i> Daniel Ullom, Anand Jayakaran, Breandon Boyd, Carly Thompson	<i>Investigating the Role of Vegetation in Soil Saturated Hydraulic Conductivity</i> Jacob True Furrh, Amelia Peebles, Nicholas Diaz, Andrew Juan
	<i>Comparison of methods for postconstruction testing for confirmation of infiltration capacity in SCMs</i> Amanda Hess, Robert Traver	<i>Hydrologic performance of three undersized bioretention cells at marinas in Northern Michigan</i> Kathleen Fast, Christine Chrissman, Roger MacGillivray, Ellary Marano, Jay Dorsey, Ryan Winston	<i>How Effective Various Performance-Based Green Infrastructure Technologies Have Been at Managing Stormwater Runoff; A Summary of Results from Eight Years of GI Project Performance Monitoring in San Francisco</i> Jack Brown, Kristen Matsamura, Rob Dusenbury, Will Logsdon, Sarah Bloom	<i>A Full-Scale LID Testbed: Assessing the Performance of Bioretention and Sand Filter Basins</i> Marcio Hofheinz Giacomoni, Abtin Shahrokh Hamedani	<i>Hydrologic Benefits of Urban Trees in Three Landscape Settings</i> Deborah Carco
	<i>LID in Connecticut – Are designs improving?</i> Steven Trinkhaus	<i>Green Infrastructure and the 'Urban Karst' phenomena: Identifying the interactions between green infrastructure and existing underground infrastructure</i> Kathryn Boening-Ulman, Ryan Winston, Jay Martin	<i>Pooled Monitoring - a novel approach that pools funding to support research answering key restoration questions vs site/project specific monitoring in the Chesapeake Bay</i> Sadie Drescher	<i>Bioretention and high rate biofiltration water quality performance analysis using a moving window bootstrap method</i> Vaikko Allen, Gretchen Tellessen	<i>Influences of vegetation dynamics uptake on nitrogen removal by using an ecohydrological bioretention system model</i> Yushiqi Yushiqi, Huapeng Qin

	<i>The 2023 GSI Designer Survey: Results and Lessons Learned</i> Robert Woodman	<i>Modeling Smart Stormwater Controls with EPA SWMM</i> Viktor Hlas	<i>Field scale investigation of three floating treatment wetland designs to improve water quality</i> Vinicius Taguchi, Molly Landon, William Hunt		
<b>12:00 - 1:00 p.m.</b>	<b>Luncheon (ticketed event)</b>				
<b>1:00 - 1:30 p.m.</b>	<b>Exhibit Hall Open</b>				
<b>1:30 - 3:00 p.m.</b>	<b>5.1 Reframing the LID Conversation</b> Room 301 A	<b>5.2 Bioretention Hydraulics and Hydrology</b> Room 301 B	<b>5.3 Session 5.3: LID Empirical Studies</b> Room 301 C	<b>5.4 Design Innovations</b> Room 301 D	<b>5.5 LID Microbiome &amp; Biodiversity</b> Room 302 A
	<i>Reframing green roofs as standard practice for urban stormwater management</i> Joshua Robinson, Kathryn Ancaya	<i>Bio Infiltration Retrofit at Memorial Park in Oklahoma City, Oklahoma</i> Derek Johnson, Rachel Ware	<i>Mission Impossible: Permeable Pavement Maintenance</i> Anthony Kendrick	<i>Retrofitting Of A Rainfall Simulator To Evaluate Hydrologic Output Of Suds</i> Jamil Arone, Oriana Torres, Ada Liz Arancibia, Julio Martin Kuroiwa	<i>Characterization and Functions of Microbial Communities in Low Impact Development (LID) Technologies</i> Nash Reyes, Franz Geronimo, Heidi Guerra, Hyeseon Choi, Minsu Jeon, Lee-Huyng Kim
	<i>Incorporating Green Stormwater Infrastructure into Hazard Mitigation Planning: Denton County, TX Case Study</i> Fouad Jaber, David Reazin	<i>Conjunctive deployment of pervious concrete and rain garden in Beaumont and Port Arthur, Texas</i> Qin Qian, Liv Haselbach, Thinesh Selvaratnam	<i>Understanding Seasonal Variation Through Soil Moisture At A Bioswale Using Soil Moisture Profile Conceptual Framework</i> Matina Shakya, Robert Traver, Bridget Wadzuk, Amanda Hess	<i>Green Walls with Pervious Concrete</i> Anne Werner	<i>Measuring soil fauna in stormwater green infrastructure</i> Thomas O'Connor
	<i>RainCity Partnerships: Scaling Community-Driven Green Infrastructure Retrofits in Seattle</i> Margot Walker, Shelly Basketfield, Pam Emerson	<i>Advances in Green Infrastructure Designs Using High-Flow Biofiltration Technology for Stormwater Quality Treatment</i> Mark Miller	<i>The Balance of Water in a Rain Garden over 18 Years</i> Achira Amur, Matthew McGauley, Matina Shakya, Bridget Wadzuk	<i>Optimizing biofiltration underdrain orifice size for removal of neonicotinoids, metals, and nutrients from stormwater runoff</i> Jason Vogel, Grant Graves, Kyle Mattingly, Stephen Nikolai, Nathaniel Wright, Kato Dee, Caitlin Hodges	<i>The potential for containment of Bacillus anthracis spores by bioretention cells and high flow media filters: Results of simulated runoff events with tracer spores</i> Kathryn Boening-Ulman, Anne Mikelonis, Katherine Ratliff, J. Lee Heckman, Worth Calfee, Ryan Winston
		<i>Hydrologic Performance of Shallow-Media Bioretention Cells</i> Amber Ellis, William Hunt, Carmen Tormey		<i>Industrial Waste Byproducts as a Treatment For Bioretention Effluent: A Benchtop Proof of Concept</i> Kyle Mattingly, Jason Vogel, Kato Dee, Caitlin Hodges, Grant Graves	<i>Legionella Prevalence and Risk in Rainwater Harvesting Systems: A Comparison to Other Water Sources and Systems</i> Kathy Gee, Sarah Sojka

		<i>Bioretention Soil Media Export and Impacts on Underlying Native Soils</i> Mindy Hills, Craig Fairbaugh			<i>Evaluation of the Multifunctional Benefits of Low Impact Development Technologies in Urban Areas</i> Md Tashdedul Haque, Nash Reyes, Minsu Jeon, Heidi Guerra, Hyseon Choi, Lee-Hyung Kim
<b>3:00 - 3:30 p.m.</b>	<b>Networking Break   Exhibit Hall Open</b>				
<b>3:30 - 5:00 p.m.</b>	<b>6.1 Integrated Planning Processes</b> Room 301 A	<b>6.2 Subsurface Solutions</b> Room 301 B	<b>6.3 Pacific Rim, Canadam and International Applications</b> Room 301 C	<b>6.4 LID Design Guidelines</b> Room 301 D	<b>6.5 Trees &amp; Pavements</b> Room 302 A
	<i>In the Toolkit for Community-Based Water Resources Planning</i> Maryam Sahraei, John McMaine, Jeremiah Bergstrom, Candace May	<i>Resilient Urban Stormwater Runoff Control</i> Mark Joersz	<i>Hydrologic Impacts of Detention Layers within Extensive Vegetated Roof Assemblies</i> Giuliana Frizzi, Jennifer Drake	<i>SOILutions for challenges and uncertainty with LID</i> Kieran Skida, Ricardo Aguirre	<i>Using Suspended Pavement Systems to Improve Water and Air Quality in Ultra-Urban Landscapes</i> Sarah Waickowski, William Hunt
	<i>North Central Texas Council of Governments integrated Stormwater Management Program: Overview and Recent Enhancements</i> Saumya Sarkar, Casey Cannon, Benjamin Pylant	<i>Dredging for Existing Storm Sewer System: A short-term approach to mitigate flooding in Bangkok</i> Apin Worawiwat, Chavalit Chaleeraktragoon	<i>Rain Garden Pilot Policy In Taiwan And Their Performance</i> Chi-Feng Chen, Jen-Yang Lin, Liang-Hua Ko, Yu-Yung Wen	<i>Sizing for Success</i> Andy Sauer	<i>Suspended Pavements: An opportunity for Storm Water Management</i> Albert Key
	<i>An Integrated Framework for Automatic Flood Mitigation At the Watershed Scale</i> Linlong Bian, Vivek Verma, Zeda Yin, Arturo Leon	<i>Evaluating sediment capture efficiency of urban stormwater infrastructure curb inlets using combined physical and computational modeling</i> Wisdom Akatu, Virginia Smith, Kristin Sample-Lord, Bridget Wadzuk & Amanda Hess	<i>Optimization of filter media configuration to maximize performance and design of infiltration LID structures in South Korea</i> Heidi Guerra, Nash Reyes, Hyeseon Choi, Minsu Jeon, Lee-Hyung		<i>B.g. Spore Capture and Release in Green Infrastructure: Field Scale Experiments with Clogged then Restored Conventionally Drained Permeable Pavers</i> Caleb Mitchell, William Hunt, Anne Mickelonis, J. Lee Heckman, Ryan Winston, Worth Calfee, Katherine Ratliff, Sungmin Youn, Shawn Kennedy, Kathrvin Boeninda-
	<i>Integrating Green Assets into a Traditional Gray Asset Management Framework</i> Dawn Nall, Heather Himmelberger, Hayley Hajic	<i>Filter Fabric Mass Load Capacity and Long-Term Performance</i> Craig Fairbaugh	<i>Development of Deep Learning Models for Evaluating the Performance Low Impact Development Systems</i> Minsu Jeon, Hyeseon Choi, Nash Reyes, Lee-Hyung Kim		<i>Trees &amp; Water Sensitive Urban Design</i> Kevin Truan, Shane Carpani

			<p><i>Study on the Status and Sustainability of Constructed Wetlands in South Korea</i> Hyeseon Choi, Minsu Jeon, Nash Reyes, Lee-Hyung Kim</p>	<p><i>Paper to Planted: Full Lifecycle Perspectives to Facilitate Successful Green Infrastructure Implementation</i> Alysondria Eason, Matthew Jones</p>
<b>Wednesday, August 9</b>				
<b>8:45 - 10:15 a.m.</b>	<b>8.1 Integrated Water Systems Room 301 A</b>	<b>8.2 Design &amp; Perception of LID Room 301 B</b>	<b>8.3 Technical Workshop: Nature Based Solutions Room 302 A</b>	
	<p><i>IoT approach for water consumption pattern analysis in residential area</i> Gunhui Chung</p>	<p><i>Coastal Resiliency and Shoreline Restoration: Design and Post-Construction Review of Living Shoreline Projects</i> Benjamin Nash</p>	<p>Part 1: <i>Technical Workshop: Nature Based Solutions</i> Brian Bledsoe, Robert Nairn &amp; Scott Struck</p>	
	<p><i>Double Duty: How Atlanta's Rodney Cook Sr. Park Is Renewing a Neighborhood While Improving Water Quality</i> Kimberly Patak, Tricia Hatley</p>	<p><i>Integrated Stormwater Management within an Urban Coastal Protection System</i> J. Timothy Hare, John Millsbaugh</p>		
	<p><i>Daylighting Tibbetts Brook – Restoring a Waterway in New York City</i> Dahlia Thompson, Kristin Ricigliano, Pinar Balci, Sandeep Mehrotra</p>	<p><i>Location, Location, Location</i> Hunter Freeman</p>		
	<p><i>BMP Maintenance Requirements to Ensure Protection of Edwards Aquifer Water Quality</i> Felicia Ellis, Drew Johnson, Marcio Hofheinz Giacomoni</p>	<p><i>The Effects of Green Infrastructure Practices on Stormwater Quality at a Watershed Scale: A 6-Year Monitoring Study in Columbus, Ohio</i> Kay Bernard, Kathryn Boening-Ulman, Joey Smith, Andrew Tirpak, David Wituzynski, Jay Martin, Ryan Winston</p>		
		<p><i>Mitigating impervious surface hydrology at a large commercial store using green infrastructure retrofits</i> Andrew Tirpak, Ryan Winston</p>		

		<i>Evaluation of Watershed Scale Hydrological Responses to Retrofitted Green Infrastructure Networks</i> Ryan Winston, Kathryn Boening-Ulman, Kay Bernard, Joey Smith, Andrew Tirpak, Jay Martin			
<b>10:15 - 10:30 a.m.</b>	<b>Networking Break</b>				
<b>10:30 a.m. - 12:00 p.m.</b>	<b>9.1 LID in the Central US</b>	<b>9.2: Streams &amp; Wetlands</b>	<b>9.3 Technical Workshop: Nature Based Solutions</b>		
	Room 301 A	Room 301 D	Room 302 A		
	<i>Refining Green Infrastructure Design Standards - Kansas City, Missouri's Updated Green Stormwater Infrastructure Manual</i> Lauren Moore	<i>Design and Construction of a Subsurface Gravel Wetland in the North Carolina Highway Environment</i> Jason Wright, Ryan Mullins	Part 2: <i>Technical Workshop: Nature Based Solutions</i> Brian Bledsoe, Robert Nairm & Scott Struck		
	<i>Edmond Oklahoma's LID Roadmap</i> Mary Halley, Jorban Peebles	<i>Quantifying Flood Reduction of Nature-Based Channel Modifications in Houston, TX</i> Amelia Peebles, Philip Bedient			
	<i>Integrating LID into Local Governments: Strategies for Success</i> Mary Halley	<i>Applying a Remotely Controlled and Self-operated Gate on Flood Mitigation at the Watershed Scale</i> Linlong Bian, Vivek Verma, Zeda Yin, Arturo Leon, William Campbell			
	<i>Integrating Nature Based Infrastructure in Texas Regional Flood Planning for co-benefits</i> Troy Dorman	<i>Quantifying volume reduction in accidentally infiltrating SCMs: a constructed stormwater wetland and a wet pond in Superior, WI</i> Kathleen Fast, Hannah Ramage, Jay Dorsey, Ryan Winston			
	<i>Low impact infill for Oklahoma City: an incremental approach for integrating stormwater management to low-rise housing solutions</i> Francesco Cianfarani, Mohamed Abdelkarim				
<b>1:00 - 4:00 p.m.</b>	<b>Technical Tour: Scissortail Park &amp; Oklahoma City Convention Center Tour</b>				
<b>1:00 - 6:00 p.m.</b>	<b>Technical Tour: The National Weather Center (ticketed event)</b>				



2023 International Low Impact Development Conference

# Rain Garden Pilot Plan in Taiwan and Their Performance

Chi-Feng Chen, Liang-Hua Ko, Yu-Yung Wen, Jen-Yang Lin

Water Environment Research Center, Taipei Tech., Taiwan  
EPA, Taiwan



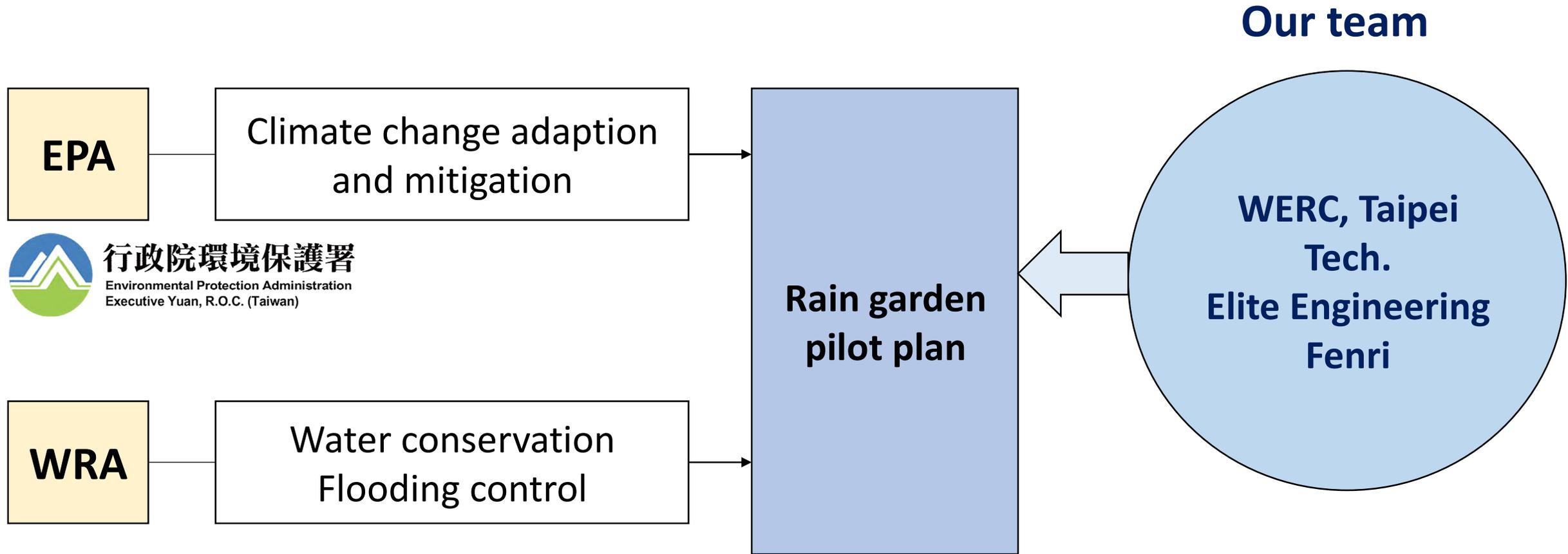
行政院環境保護署

Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

Oklahoma City, USA  
2023/08/06-09



# Introduction



Rain garden projects

2019-2020  
2  
Rain gardens  
in Taipei City

2021-2022  
14  
Rain gardens  
in other cities

These rain gardens were built in schools and parks.

## 行政院環保署多功能智慧型雨水花園地圖



109 110 111

共建置 16 處



Typical rain gardens/bio-retentions

# Taiwanese pilot rain gardens



Underground storage tank

# Basic design principles

- **Rainwater conservation and reuse**

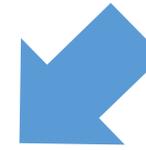
- Turn to permeable pavement
- Collect roofs and surface runoff
- Underground storage tank
- Stored water as irrigation water
- $A_{\text{watershed}}/A_{\text{raingarden}}$  equals 4-10
- Cooperate with the existing facilities

- **Plants**

- Local species
- Low maintenance
- Nectar plants

- **Monitoring**

- Temperature
- Water level/ flow
- Rainfall
- IoT technology
- Solar energy



# 2019-2020 Rain gardens in Taipei City

Before



Beitou  
Elementary  
School

After



Beitou  
MRT  
square



3月 2009 查看最新日期



2009

12月 2018 查看最新日期



2018

2019 rain garden



2023/08/01

# 2021 Rain gardens in Taichung, Chiayi, Tainan, and Kaohsiung city.

Before



台中市大智國小



台中市烏日國中



嘉義市崇文國小



台南市歸南國小



高雄市中正國小



高雄市大同國小



# 2021 Rain gardens in Taichung, Chiayi, Tainan, and Kaohsiung city.

After



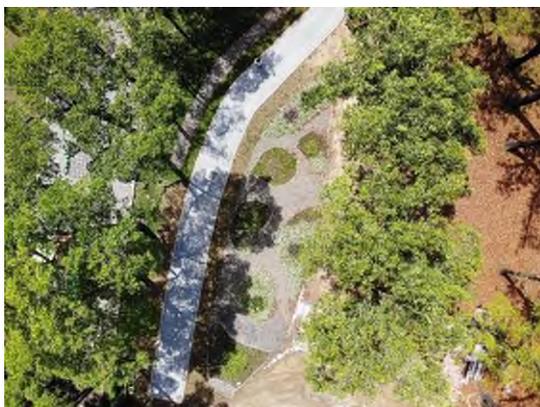
台中市大智國小



台中市烏日國中



嘉義市崇文國小



台南市歸南國小



高雄市中正國小



高雄市大同國小



# 2022 Rain gardens in Taoyuan and Hsinchu

Before



桃園市新街國小



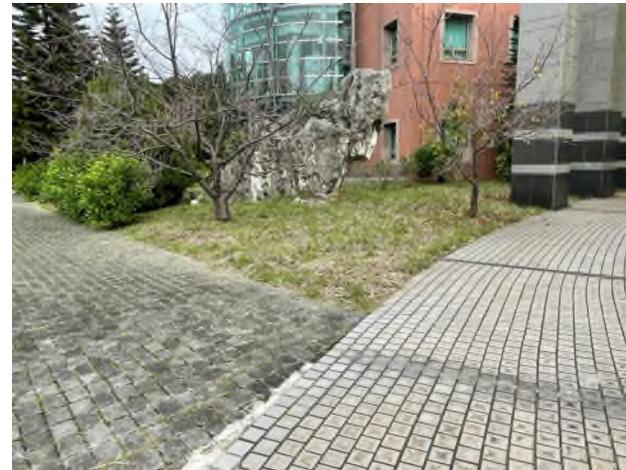
桃園市忠福國小



新竹北平華德福實驗學校



新竹市南寮國小



桃園市環檢所



# 2022 Rain gardens in Taoyuan and Hsinchu

After



桃園市新街國小



桃園市忠福國小



新竹北平華德福實驗學校



新竹市南寮國小

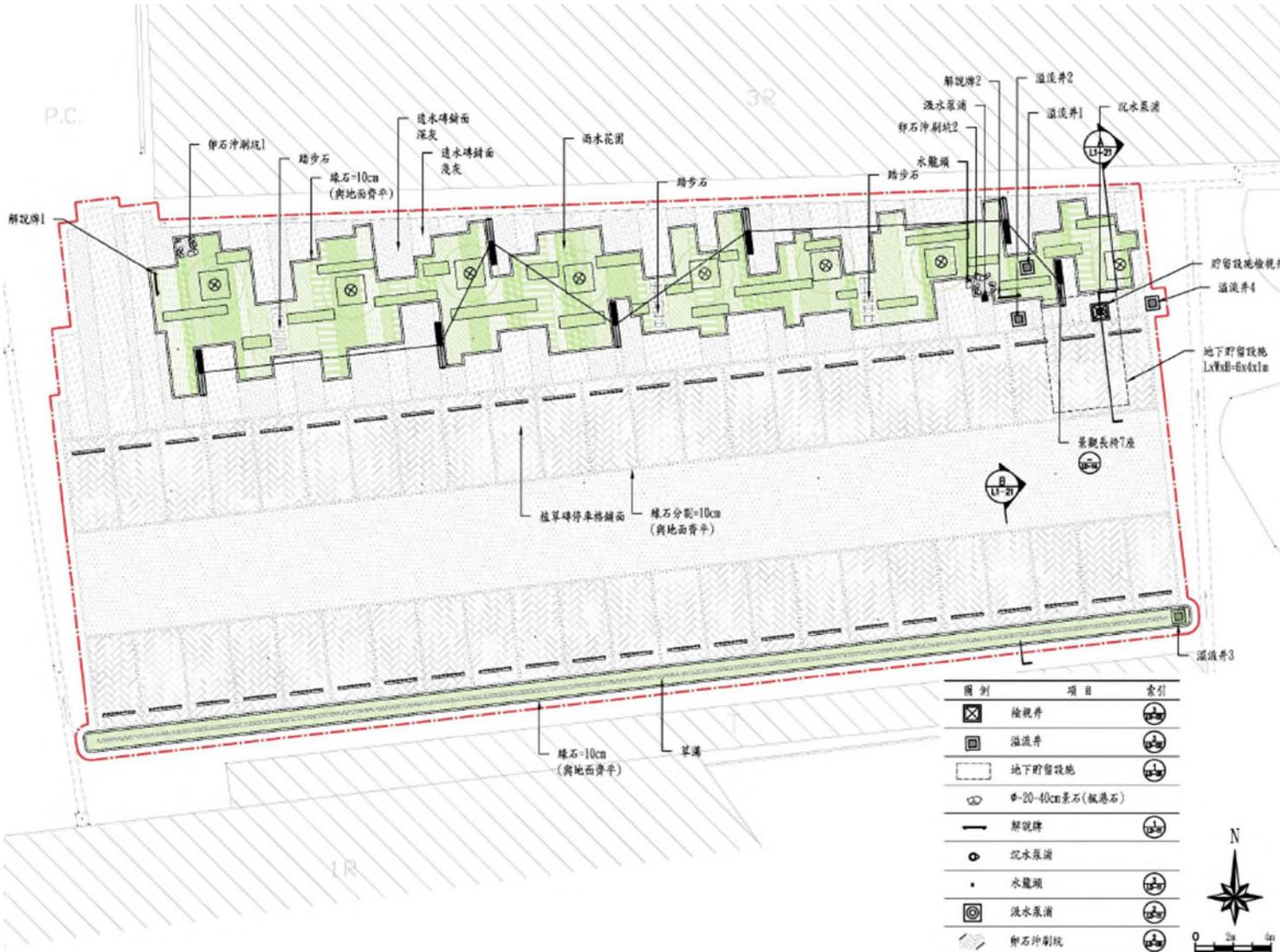


桃園市環檢所

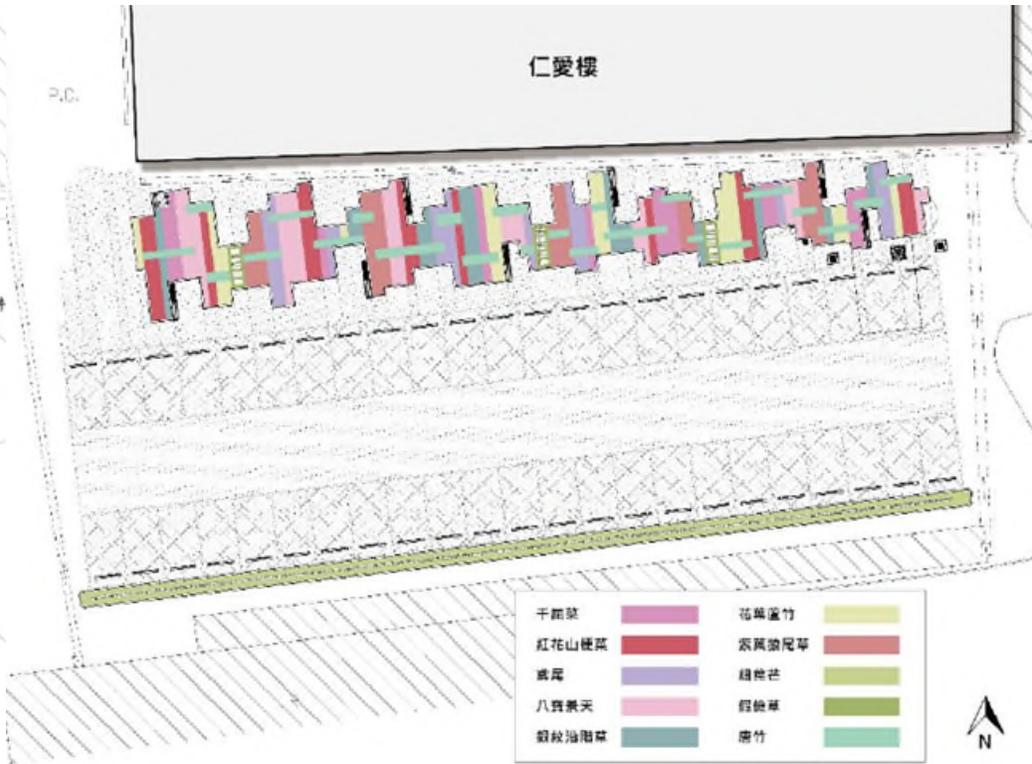
# Hsinjie elementary school in Taoyuan City

Before: an impervious parking lot





圖例	項目	索引
⊗	檢視井	①
⊕	溢流井	②
▭	地下貯留設施	③
○	φ-20-40cm景石(板滬石)	④
—	解說牌	⑤
●	沉水氣浦	⑥
•	水龍頭	⑦
⊙	溢水氣浦	⑧
⊘	卵石冲刷坑	⑨



千鶴菜	花葉蘆竹	紫萸錦尾草
紅花山梗菜	紫萸錦尾草	繡線草
蕨屬	繡線草	假輪草
八寶景天	假輪草	唐竹
假輪草	唐竹	

# After: a pervious parking lot with rain garden



# 2022 Raingardens in Taoyuan and Hsinchu



Before



新竹市一品公園

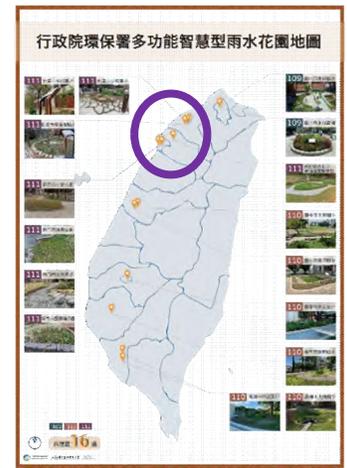


新竹市蟹仔埔公園



新竹市康樂公園

# 2022 Raingardens in Taoyuan and Hsinchu



After



新竹市一品公園



新竹市蟹仔埔公園



新竹市康樂公園

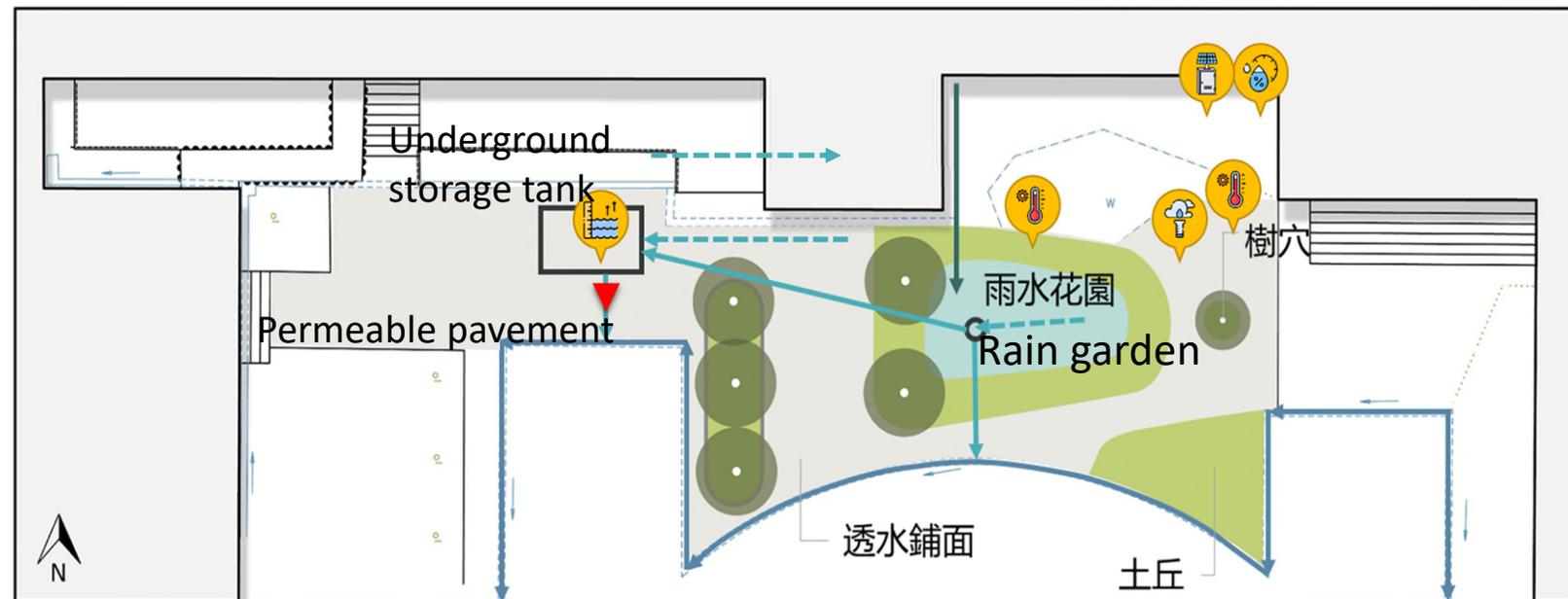
The 2022 rain gardens were completed in February, 2023.

# Onsite monitoring sensors

- 2 temperature meters
- 1 water level meter
- 1 humidity meter
- 1 rain gauge
- 1 triangular weir



▲ 量水三角堰



Dazhi Elementary School in Taichung

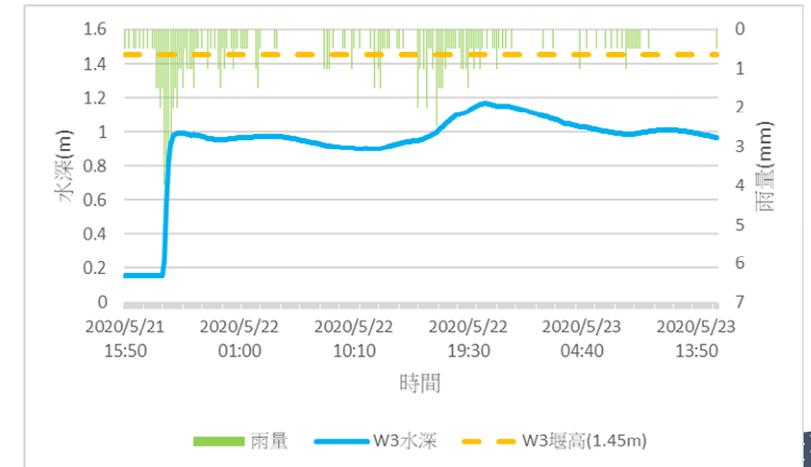
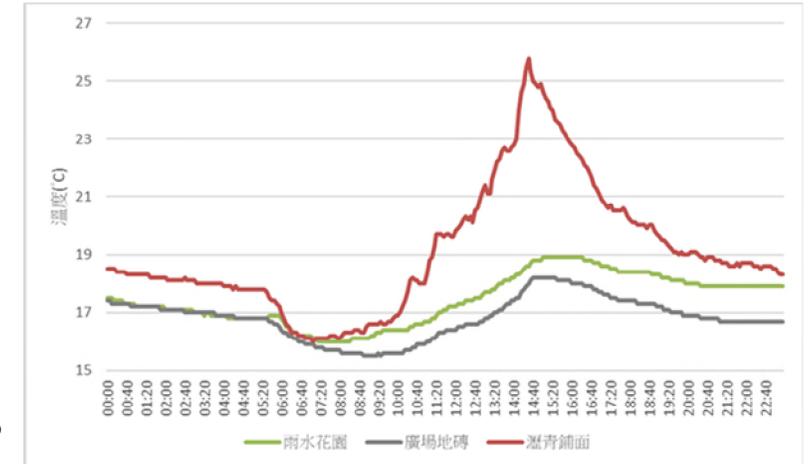
# Performance of Beitou rain gardens in Taipei

- **Observations:**

- **40 mm** of rainfall can be stored in the rain garden of Beitou elementary school.
- **20 mm** of rainfall can be stored in the rain garden of Beitou MAT square.
- **5 °C reduced** in rain gardens compared to impervious pavements and 15 °C compared to asphalt roads.

- **Simulations:**

- Helped to **reduce 6% of total runoff in the local drainage area** (under the design storm, 5 return years, 78.8 mm/hr)



# More information

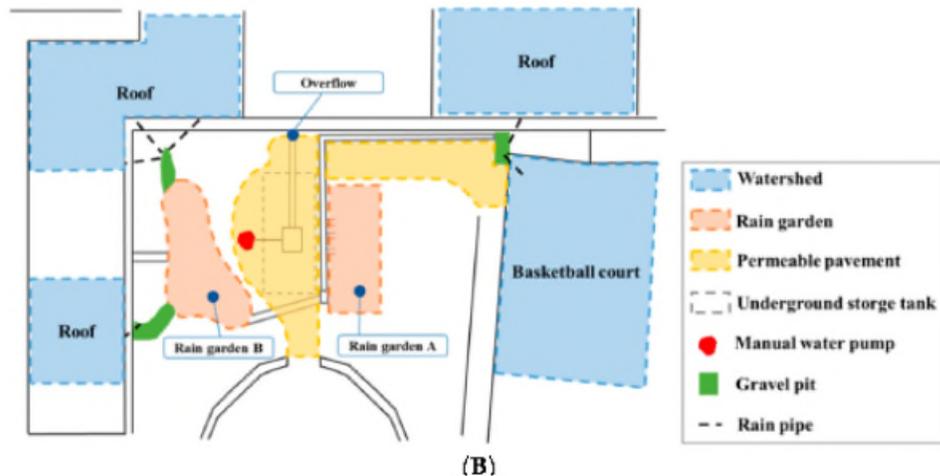
Citation: Chen, C.-F.; Lin, J.-W.; Lin, J.-Y. Hydrological Cycle Performance at a Permeable Pavement Site and a Raingarden Site in a Subtropical Region. *Land* 2022, 11, 951. <https://doi.org/10.3390/land11060951>



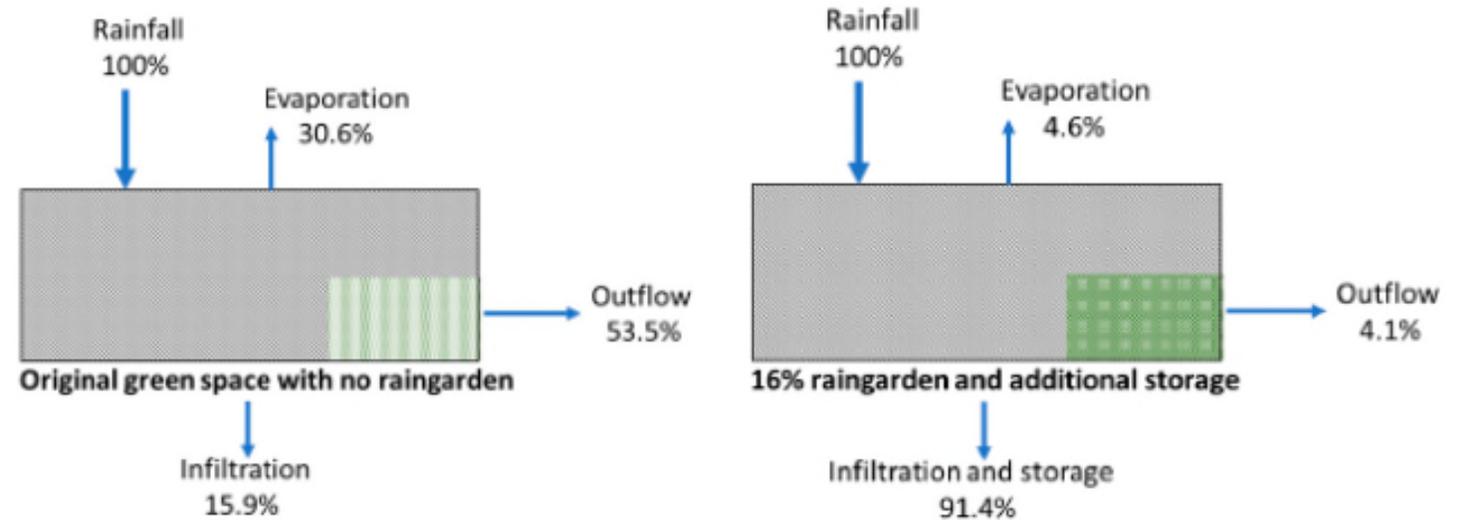
Article

## Hydrological Cycle Performance at a Permeable Pavement Site and a Raingarden Site in a Subtropical Region

Chi-Feng Chen , Jhe-Wei Lin and Jen-Yang Lin



Beitou elementary school

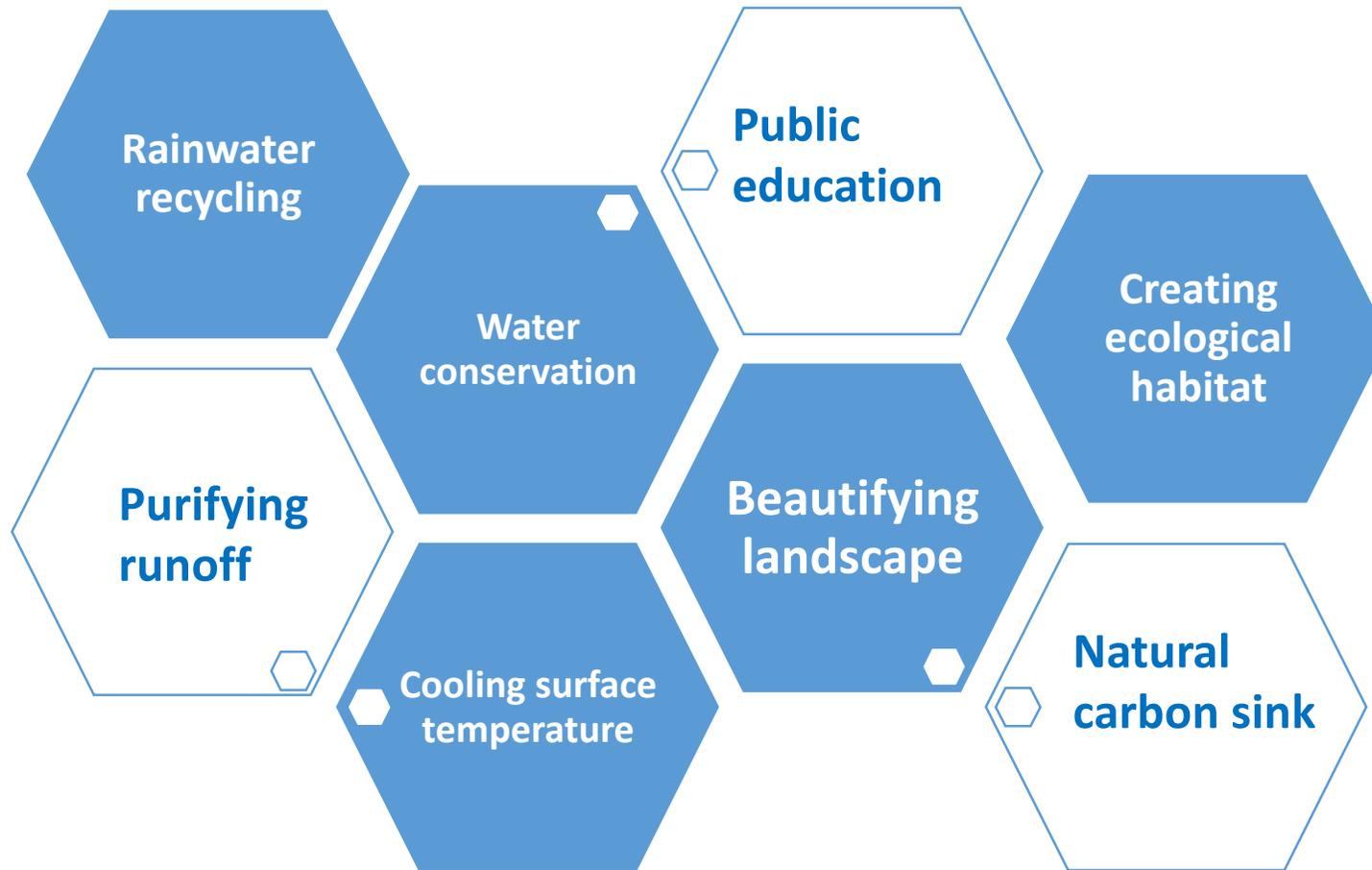


Annual hydrological cycle without and with raingarden

# Performance summary

Sites		Monitoring period	Average temp. reduction (°C)	Maximum temp. reduction (°C)	Water conservation rate (%)	Water storage (m <sup>3</sup> )
Taipei City	北投國小	2022/1~ 2023/6	0.8	11.5	100	847.54
	北投廣場		-1.2 (vs. impervious)	8.3	98.6	745.15
			1.2 (vs. asphalt)	21.5		
Taoyuan City	新街國小	2023/3~ 2023/6	0.8	6.7	82.93	388.83
	忠福國小		1.9	10.8	100	123.60
	環保署環檢所		1.9	7.8	100	414.01
Hsinchu County	北平華德福實驗 學校		1.5	4.4	100	243.42
Hsinchu City	一品公園		3.2	12.8	100	689.23
	康樂公園		2.4	12.5	100	220.86
	蟹仔埔公園	2.9	12.8	100	291.41	
	南寮國小	3.4	16.3	-	-	
Taichung City	大智國小	2022/4~ 2023/6	2.3	10.7	89.7	516.44
	烏日國中		2.9	22.9	100	988.64
Chiayi County	崇文國小		4.7	11.7	97	486.99
Tainan City	歸南國小		1.5	8.3	100	738.08
Kaohsiung City	大同國小		2.8	19.8	99.9	1,088.91
	中正國小				96.2	557.56
Total			2-4°C	10-20°C		8,335.67

# Little rain garden brings huge environmental benefits.



Thank you for your attention.

Email: [cfchen@ntut.edu.tw](mailto:cfchen@ntut.edu.tw)

# Taiwanese pilot rain gardens

