

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別:研習及考察)

經濟部 102 年度台德技術合作訓練計畫  
— 「建立高效的供水管理系統」

服務機關：經濟部台灣自來水股份有限公司

姓名職稱：李丁來處長

派赴國家：德國（漢堡）

出國期間：102 年 3 月 2 日至 102 年 3 月 10 日

報告日期：102 年 8 月 19 日

## 摘要

潔淨飲水已是有限甚至稀有資源，人口成長、經濟發展、人口都市化，增添都市供水系統之壓力，如何確保量足、質優、可負擔的自來水，成為政治家及自來水專業人員需克服之問題。根據世界銀行 2006 年之估計，開發中國家之無費水(Non-Revenue Water, NRW)率平均約 40-50%，每年損失水量約 270 億 m<sup>3</sup>，損失水費約 60 億美金。國內自來水系統之操作維護，需要發展新的，以未來為導向之高效供水技術、策略及方法，以提升水資源的有效使用，本次研習主要係參訪德國降低供水損失策略聯盟單位，探討該聯盟如何透過產、官、學合作，推動供水系統的有效管理，降低供水損失，以供政府未來施政及自來水事業單位擬定經營策略之參考。

研習結果深覺高效的供水管理系統之建立，應包括：瞭解供水損失(降低供水損失重要性、基本定義與用語、實質損失及帳面損失、關鍵影響因素)、開展高效供水管理系統策略(對現狀進行分析、IWA 水平衡表、績效指標、決定最合適量測方法、訂定降低供水損失計畫目標)、供水管理資訊系統(GIS、土地資訊、管網列冊編號、水力模型、管網故障資料庫、用戶資訊系統)、降低供水損失方法及技術設備(分區計量管網、水壓管理、主動漏水控制、供水設備資產管理、漏水修復)、策略溝通及人材培育訓練(爭取高階管理者及員工支持、用戶溝通、媒體、政府監管單位溝通、人材培訓)。

而在全球化競爭下，要建立台灣水務產業長期的競爭力，須掌握知識經濟特質，提升自來水產品與服務創新能力及價值。政府也應積極建立水務產業聯盟，推動技術研究及產學合作，使學術機構研發能量與產業發展，建立更直接、縝密關係，透過產、官、學合作，推動水務系統的有效管理及提升水務產業競爭力。

國內自來水事業在面臨長期水價未能合理調漲之現實環境下，宜參考漢堡水務經驗，善用內部資源，引進民營企業競爭機制，建立植基本業核心能力之多角化經營策略，可研討成立各類核心業務子公司，以公私合增加營收、激勵內部人力資源潛能，協助母公司解決現有國營體制下難以提供之服務，降低公營體制下之用人費，進而提升對外競爭力，使自來水事業經營更有彈性及效率，有助建立高效供水管網管理系統，確保用水穩定及安全。

# 目 錄

摘要

目錄

摘 要 .....	i
壹、研習目的 .....	1
貳、研習行程 .....	2
參、研習過程 .....	4
一、參訪參訪漢堡水務之自來水管網及該集團 100% 控股子公司- 漢堡水務顧問公司 .....	4
二、參加降低供水損失-方法及策略發展訓練課程 .....	33
三、參加降低供水損失-方法及策略發展訓練課程之戶外觀摩 .....	43
四、參觀漢堡水務中/東部地下水淨水場及漢堡水博物館 .....	62
肆、研習心得與建議 .....	83
伍、致 謝 .....	87

## 圖 目 錄

圖 1 漢堡市地理位置及全景.....	6
圖 2 漢堡水務之自來水及污水管理服務範圍 .....	7
圖 3 1842 年德國漢堡市發生大火造成龐大損失.....	7
圖 4 德國漢堡市自來水系統創建者 .....	8
圖 5 1848 年德國漢堡市首座中央式自來水供應系統.....	8
圖 6 漢堡水務集團組織架構及其 CIS LOGO .....	10
圖 7 漢堡水務 2011 年營業資料概況 .....	13
圖 8 漢堡水務服務設備技術資料及營業範圍概況.....	14
圖 9-1 漢堡水務位於漢堡港附近之廢水處理場及蛋形消化槽 .....	16
圖 9-2 漢堡水務位於漢堡港附近之廢水處理場蛋形消化槽 .....	17
圖 9-3 漢堡水務運用廢水處理場蛋形消化槽所產生生質能所組成之 天然氣車隊 .....	17
圖 10-1 漢堡水務運用廢水處理所產生質能於集團自足能源之規劃 .....	18
圖 10-2 漢堡水務運用廢水處理所產生質能於集團 CO2 中和(零排放) 之規劃.....	18
圖 11-1 漢堡水務運用廢水所含熱能及暖氣系統產生電能之示意..	19
圖 11-2 漢堡水務運用淨水程序所含熱能產生電能之示意 .....	19
圖 11-3 漢堡水務運用污水處理所含生質能之示意 .....	20

圖 11-4 漢堡水務運用污水處理所含生質能之示意 .....	20
圖 12 漢堡水循環(HAMBURG WATER CYCLE®) 示意 .....	21
圖 13 漢堡水循環(HAMBURG WATER CYCLE®) 整體系統 CO <sub>2</sub> 零 排放及氮循環碳示意 .....	22
圖 14 漢堡水務顧問公司經營範圍 .....	23
圖 15 漢堡水務於道路開挖施工現場告示牌 .....	27
圖 16 漢堡水務於道路開挖施工現場告示牌基座 .....	28
圖 17-1 漢堡水務消防栓埋設口徑及位置標示 .....	29
圖 17-2 漢堡水務制水閥埋設口徑及位置標示 .....	30
圖 18 漢堡水務施工擋土設施及安全護欄 .....	31
圖 19 漢堡水務公司國際業務概況 .....	32
圖 20 降低供水損失課程內容 .....	40
圖 21 降低供水損失課程上課概況及團體照 .....	42
圖 22 漢堡市之自來水水源演變過程 .....	43
圖 23 漢堡市自來水供水分區概況 .....	45
圖 24 漢堡水務實習工廠概況 .....	48
圖 25 漢堡水務暨德國之自來水供水損失與歐洲主要城市情形比較 .....	49
圖 26 漢堡水務歷年來供水損失概況 .....	50
圖 27 漢堡水務供水主要管材 GGGZMPE .....	51

圖 28	漢堡水務中心區域(CENTRE DISTRICT-上圖)及全區(下圖)自來水管破管次數演進過程 .....	52
圖 29	漢堡水務管線修漏作業循環 .....	53
圖 30	漢堡水務 GIS 及分區管網劃設圖資概況 .....	54
圖 31	漢堡水務購置搶修專用車 .....	55
圖 32	漢堡水務人員示範從發現漏水至用管夾修漏之過程 .....	56
圖 33	漢堡水務購置新型維修服務專用車配置車用電腦掌握漏水訊息.....	57
圖 34	漢堡水務供水設備維修中心 .....	58
圖 35	漢堡水務供水硬度概況 .....	63
圖 36	漢堡水務供水水質概況 .....	64
圖 37	漢堡水務中/東部(MITTE / OST)淨水場地理位置及處理流程	65
圖 38	漢堡水務中/東部(MITTE / OST)淨水場廠內設施概況 .....	66
圖 39	漢堡水博物館館內展示設施概況 .....	74

## 表 目 錄

表 一 研習行程 .....	2
表 二 德國部分城市水價概況.....	5
表 三 漢堡水務目前所用管線材質 .....	51

## 附 件

附件 出國報告審核表.....	88
附錄一 .....	89
附錄二.....	90

## 壹、研習目的

潔淨飲水已是有限甚至稀有資源，人口成長、經濟發展、人口遷徙及都市化，增添都市供水系統之壓力，如何確保量足、質優、可負擔的自來水，成為政治家及自來水專業人員需克服之問題。對於開發中及轉型中之國家而言，送配水系統管網之供水損失相當龐大，這些供水損失包括真實水漏損及帳面水漏損，合計稱為「無費水量(Non-Revenue Water,NRW)」，根據世界銀行 2006 年之估計，開發中國家之無費水率平均約 40-50%，每年損失水量約 270 億 m<sup>3</sup>，損失水費約 60 億美金。

有感於自來水供應系統之操作及維護，需要發展新的，以未來為導向之降低供水損失技術、策略及方法，以提升稀有水資源的有效使用，尤其是對於導入現代化漏水管理及監測技術、閥控制系統重要性之認識，德國於 2009 年成立降低供水損失之策略聯盟，目前成員包括德國國際合作公司、VAG 公司、德國漏水檢測公司 Sewerin、漢堡水務、瑞士應用科學及藝術大學、德國卡爾斯魯厄技術學院。此策略聯盟已研發建立降低供水損失指南及訓練課程資料，有助於提升政府部門及自來水事業操作人員，對於規劃、執行降低供水損失策略及方法之能力。如使用及執行這些所發展之降低供水損失指南、訓練課程資料暨對於現行供水損失所遭遇問題應如何克服之建議，將有助於建立一個更可永續的供水管網管理系統，降低供水損失及確保飲水安全。再者，該指南亦有助於供水管網更預防性之操作和維護，長期而言，係較汰換管線更為經濟之策略。

本次研習主要係參訪德國降低供水損失策略聯盟單位:漢堡水務及其子公司漢堡水務顧問公司，探討該聯盟如何透過產、官、學合作，推動供水系統的有效管理，降低供水損失，以供政府未來施政及自來水事業單位擬定經營策略之參考。並參加降低供水損失策略聯盟，於 2013 年 3 月 5 日~7 日，所舉辦之三天「降低供水損失方法及策略發展」課程(主要課程包括模組 1:以水平衡表瞭解供水損失，模組 2: 供水損失資訊系統及水利模式，模組 3:供水損失方法及儀器)，供自來水事業單位培育降低供水損失專業人才之參考。

## 貳、研習行程

研習行程如表一 所示。

表 一 研習行程

訓練進修日期 及 時 間 (Visiting Time)	訓練進修地 點(Location)	擬訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 ( Topics for Discussion )
3 月 2-3 日	臺北→德國 法蘭克福→ 漢堡  Taipei→ Frankfurt→ Hamburg	往程	
3 月 4 日	漢堡水務  HAMBURG WASSER  Billhorner Deich 2  20539 Hamburg	漢堡水務公司  HAMBURG WASSER  Mr Matthias Guelzow 及 Mr Peter Blawat，漢堡水務顧問公司 CONSULAQUA Hamburg GmbH  Ms Eva-Lena Meyer	參訪漢堡水務之自來水管網實務情形及該集團100%控股子公司-漢堡水務顧問公司，探討該集團母、子公司如何相互合作，推動水務業務之營運發展。  Site visit the distribution network of HAMBURG WASSER and discussion about the business partnership between HAMBURG WASSER and its 100% subsidiary- CONSULAQUA
3 月 5-7 日	漢堡水務  HAMBURG WASSER  Billhorner Deich 2  20539 Hamburg	降低供水損失-方法及策略發展訓練課程  Strategic Alliance Training Course: Water Loss Reduction - Methods and strategy development	模組 1 瞭解供水損失  Module 1 Understanding water losses  模組 2 資訊系統及水力模型  Module 2 Information systems and hydraulic modeling  模組 3 供水損失控制方法及儀器  Module 3 Methods & instruments  模組 4 自來水事業整合方

			法 Module 4 Integrated Water Utility Approach
3月8日	漢堡水務 中/東部地下水淨水場 Mitte/Ost Geschichte Wasserförderung Aufbereitung 及漢堡水博物館 WasserForum	1.漢堡水務中/東部地下水淨水場 Mitte/Ost Geschichte Wasserförderung Aufbereitung 2. 漢堡水博物館 WasserForum	1.參訪漢堡水務位於中/東部全自動操作之現代化地下水場 Visit Mitte/Ost Geschichte Wasserförderung Aufbereitung 2.參訪漢堡水博物館,瞭解漢堡供水演進歷史 Visit the WasserForum about the history of water supply system of Hamburg City
3月9-10日	漢堡→法蘭克福→臺北 Hamburg→Frankfurt →Taipei	返程	

## 參、研習過程

### 一、參訪漢堡水務之自來水管網及該集團100%控股子公司-漢堡水務顧問公司

#### (一) 德國水務經營體制概況

傳統上，歐洲各國一直把提供都市公用事業服務視為政府的重要職責，早在古羅馬時代古城廢墟上就可以看到當時頗具規模的城市廣場和市政管道。現代具有濃厚福利色彩的歐洲國家，中央和地方政府更是直接興辦了大量公用事業，公部門經營的比重很高，時至今日，德國的不少城市公用事業仍然是地方政府公有公營。

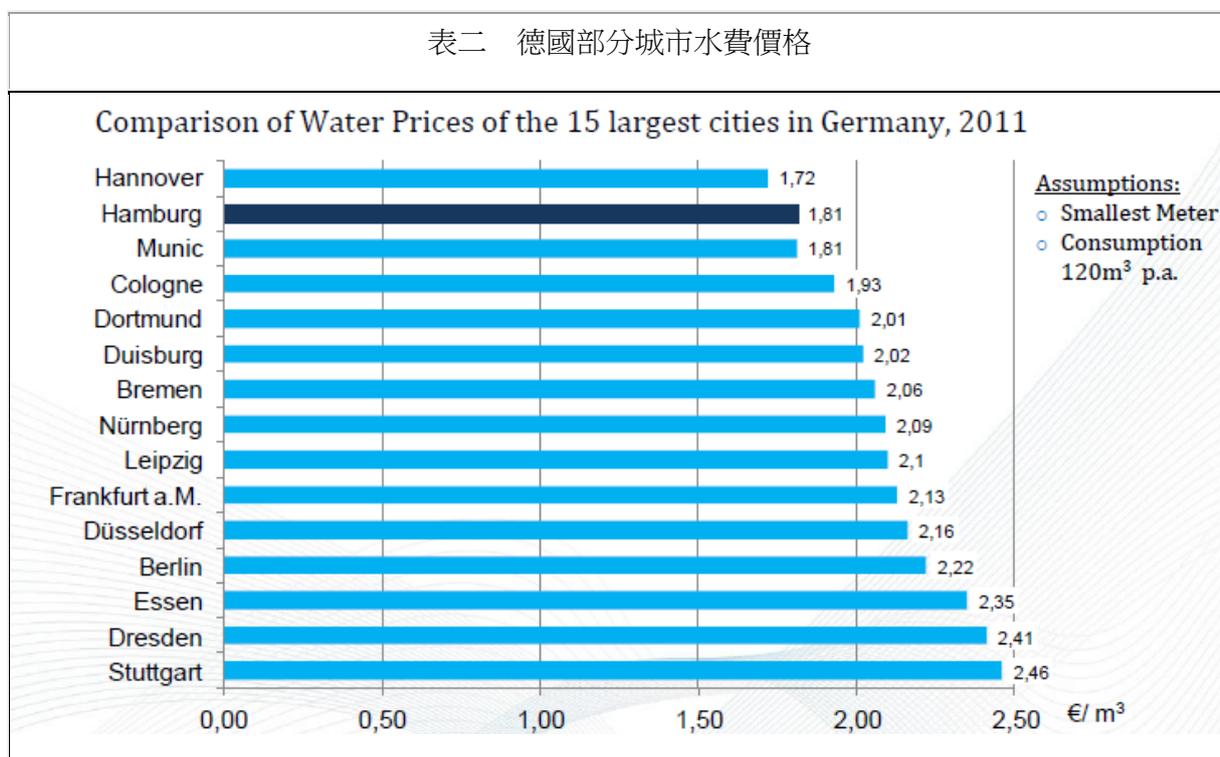
為改善歐洲一些傳統公用事業的官僚作風以及不顧成本收益的低效率傾向，20 世紀 30 年代，德國就開始促進競爭的公用事業改革。但直到 70 年代，隨著世界性放鬆政府管制潮流興起，為提高效率和緩解政府財政壓力，歐洲城市公用事業市場化改革才有實質性進展。最著名的是英國柴契爾夫人執政期間，對英國不同行業的公共事業進行了大刀闊斧的民營化改革。90 年代時，隨著歐盟經濟一體化進程的加快，在日益加大的互相開放市場的壓力下，加上要降低公用事業運營成本的動力，德國和北歐國家的城市公用事業市場化變革才進入加速階段，但總體而言，其私有化比重並不高。目前德國城市公用事業仍以公有為主導。如依所有權和市場比重區分，德國城市供水及污水處理完全由市政府所有的 693 家經營，占 51%。

由於德國自來水水價(詳表二)高達 1.72-2.46 歐元/m<sup>3</sup>，水務服務的豐厚盈利為水處理技術開發提供了資金保障，避免了污水處理無人問津、城市污水處理長期落後於城市經濟發展的尷尬局面。

漢堡水務之水處理廠設施操作完全自動化。例如污水處理程程：將大顆粒或者固體物的污水送到攔汙裝置進行粗篩，粗篩後的污水進行污泥沉澱，沉澱後的污泥再進行濃縮、厭氣消化、脫水乾燥以及焚燒。去除污泥後的水則進行生化處理，經化學檢驗合格後排入易北河。其中沉澱和濃縮後的污泥被轉送到“蛋形消化槽”(如圖二)中儲存，這些污泥在厭氧條件下產生沼氣，可用來發電。經過處理後的污泥經過離心機脫水並乾燥後，被送到污泥焚燒爐裡焚燒。焚燒後產生的爐灰經過溶化可製成建築材料。焚燒爐的尾氣淨化後還可產生石膏，用於工業。

在法律上，德國執行的是1996年第六次修訂的《水資源法》。該法對水資源管理和保護十分詳盡，對城鎮和企業的取水、水處理、用水和廢水排放標準都有明確規定。例如，該法規定污水在排入河道前必須經過三級處理，即物理沉澱、生物處理和消毒三道程式。1998年時，德國的污水處理率就達到了97%。在德國，政府根據不同地區的水資源狀況、水處理成本和居民消耗水量等因素，規定不同的自來水價格，徵收生態稅和污水排放費，以達到節約用水、減少廢水排放的目的。此外，政府還對私營污水處理企業實行稅收減免政策，鼓勵企業投資污水處理。

表二 德國部分城市水費價格



## (二) 漢堡水務集團發展沿革

漢堡市位於德國北部平原(如圖 1)為德國第二大城市，漢堡水務集團是德國排名第一的公有(Publicly owned)水務集團，隸屬漢堡市政府 100%所有，負責漢堡市以及周邊地區約 20 座城市，共約 666000 戶、200 萬人口的自來水及漢堡市暨周邊地區約 30 座城市之污水管理、15 個社區之長期技術及商業服務契約業務，其服務區域如圖 2 所示，並將觸角往國際拓展，迄今已有三十多年國際經驗。

其發展過程起源可追溯至 1842 年漢堡市發生大火(如圖 3)，造成龐大損失，使

市政府意識到自來水系統之重要性，故漢堡市政府委由當時在漢堡市辦理都市規劃之英國工程師 William Lindley(如圖 4)進行該市自來水系統規設。1848 年完成首座中央式飲用水供應系統 (如圖 5)，為漢堡市未來發展奠下重要基礎，William Lindley 率其兒子們為歐洲超過三十個城市設計了自來水及下水道系統。



圖 1 漢堡市地理位置及全景

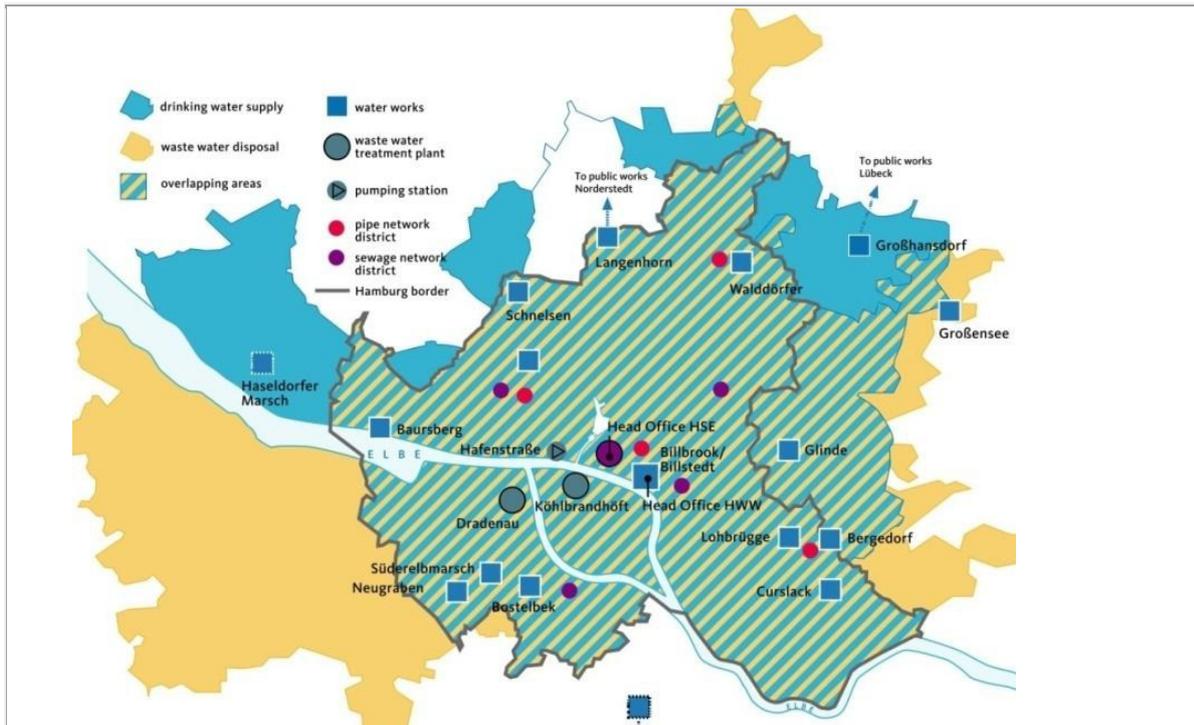


圖 2 漢堡水務之自來水及污水管理服務範圍



圖 3 1842 年德國漢堡市發生大火造成龐大損失  
(使市政府意識到自來水系統之重要性，為該市自來水系統之濫觴)



圖 4 德國漢堡市自來水系統創建者-英國工程師 William Lindley (1808 - 1900 )



圖 5 1848 年德國漢堡市首座中央式自來水供應系統

1892年漢堡市發生霍亂疫情，造成8600人死亡，1893年位於易北河(Elbe)之首座過濾水場(Kalshofe)啟用操作，1912年首座都市廢水處理場(Bergedorf)啟用操作，1924年漢堡市政府成立漢堡自來水有限公司，1964年漢堡市決定其自來水需完全來自地下水。1980年為將其經營本身自來水及為鄰近城市提供自來水技術服務之經驗，進行商業化輸出，故成立漢堡水務工程顧問公司(CONSULAQUA Hamburg GmbH)。

1995年漢堡市成立漢堡城市排水公司(Hamburger Stadtentwässerung AöR)，2006年將漢堡自來水公司與漢堡市排水公司合併成立漢堡水務(HAMBURG WASSER)，由於廢水處理產生之污泥可生成沼氣可當能源使用，故於2009年成立漢堡能源公司(HAMBURG ENERGIE)，以開拓營收。

漢堡市政府持有100%漢堡排水(Hamburger Stadtentwässerung AöR，HSE)及100%漢堡自來水公司(Hamburger Wasserwerke GmbH，HWW)股權，於2006年合併成立漢堡水務(HAMBURG WASSER)，漢堡水務目前100%持股所設立子公司有：

- 漢堡水務工程顧問公司(CONSULAQUA Hamburg GmbH):專司水務工程技術顧問服務。
- 漢堡能源公司(HAMBURG ENERGIE)：經營各項能源服務。
- ServCount公司:經營供水和污水服務抄錶收費等帳務處理，房地產公司和德意志聯邦共和國在該地區的其他公司的會計任務的各類賬戶處理服務。
- ServTEC公司:提供創新的技術和廣泛的有關污水處理系統和光纖網絡提供的電信服務，如污水處理系統的清潔和檢查、修復小型泵站、廢水結構的改造、消除局部損壞、所有直徑管道翻新工程、裝修房子連接、安裝光纖、光波導租金。

漢堡市政府與漢堡水務持股關係及漢堡水務組織架構如圖6所示。

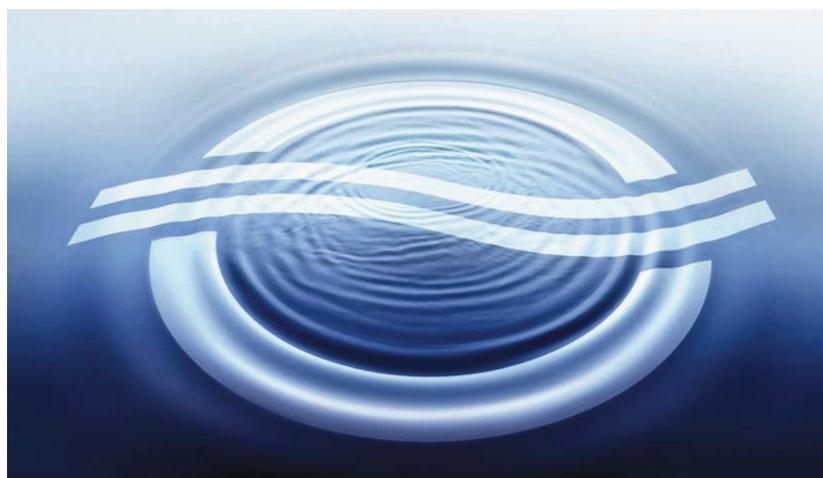
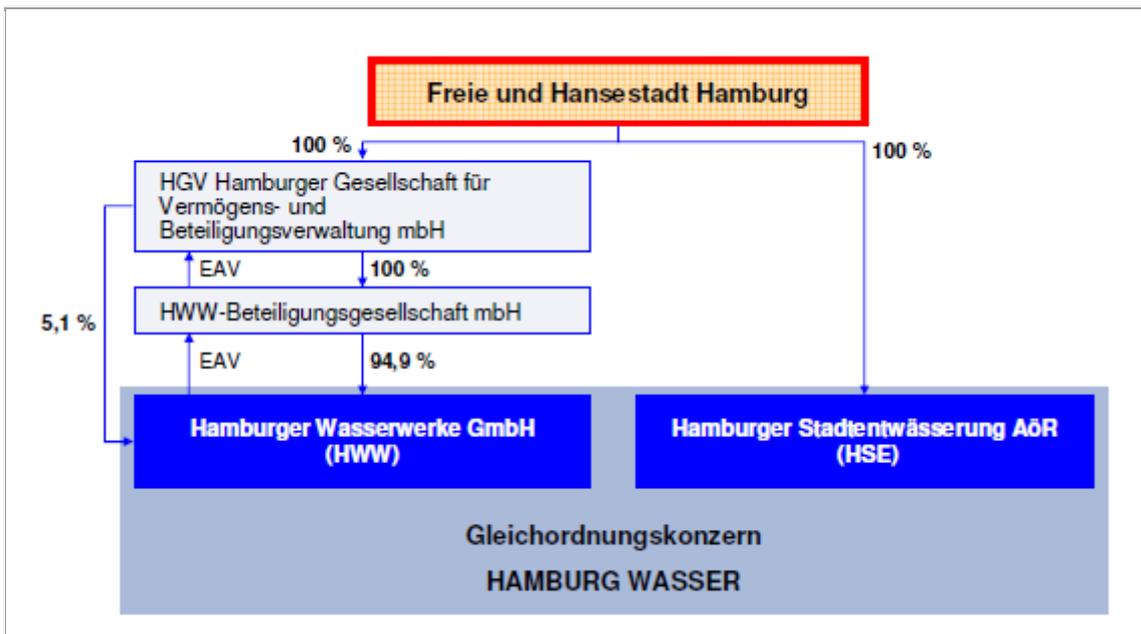


圖 6 漢堡水務集團組織架構及其 CIS Logo

### (三)漢堡水務營業概況

漢堡水務 2012 年自來水、污水個別營收及兩者合併營收資料概況，如圖 7 所示，顯示其合併營收達 5179 百萬歐元(約新台幣 206.4 億元)，自來水部分 217.6 百萬歐元(約新台幣 86.7 億元)，污水部分 306.3 百萬歐元(約新台幣 121.94 億元)，固定資產為 3700.3 百萬歐元(約新台幣 1474.5 億元)，股東權益 1549 百萬歐元(約新台幣 617.26 億元)，總資產 3797.7 百萬歐元(約新台幣 1513.3 億元)，經營活動產生的現金流量 163.4 百萬歐元(約新台幣 65.11 億元)，年度投資金額 142.3 百萬歐元(約新台幣 56.7 億元)，年度盈餘 0.64 億歐元(約新台幣 25.4 億元)，員工人數達 2,110 人(不包括臨時工，實習生和長期請假)，自來水部分 1061 人，污水部分 1049 人，學習生人數 101 人(德國教育體系特色，公民營企業得招收技術學校學生作為實習生) 自來水部分 70 人，污水部分 31 人。

#### *Hamburger Wasserwerke GmbH*

<b>FINANZEN</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Wasserpreis	1,56	1,53	EUR/m <sup>3</sup>
monatlicher Grundpreis je Wasserzähler Qn 2,5 m <sup>3</sup> /h	4,75	4,65	EUR
Umsatzerlöse	217,6	214,2	Mio. EUR
Eigenkapital inkl. Sonderposten	156,5	156,4	Mio. EUR
Anlagevermögen	510,3	487,4	Mio. EUR
Bilanzsumme	573,9	551,5	Mio. EUR
Cashflow aus laufender Geschäftstätigkeit	49,7	40,6	Mio. EUR
Investitionen	50,4	53,3	Mio. EUR
<b>MITARBEITER</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Stichtag <sup>1)</sup>	1.061	1.058	Anzahl
plus Auszubildende	70	80	Anzahl
<b>WASSERVERSORGUNG</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Wasserwerke	16	16	Anzahl
Rohrnetzlänge	5.358	5.412	km
Wasserzähler	1.099.746	1.090.546	Anzahl
Einwohner im Versorgungsgebiet (HH und Umland)	2,08	2,07	Mio. Einw.
Verbrauch pro Einwohner/Tag (o. Ind. und Gewerbe)	105	106	Liter
Wasserabgabe	107.585	108.116	Tcbm

<sup>1)</sup> exkl. befristet Beschäftigte, Auszubildende und Langzeitbeurlaubte

<sup>2)</sup> ohne Nebengeschäft ab 2012 und rückwirkend für 2011

## Hamburger Stadtentwässerung AöR

FINANZEN	2012	2011	
Sielbenutzungsgebühr <sup>1)</sup>		2,75	EUR/m <sup>3</sup>
mit Niederschlagswasseranteil		2,30	EUR/m <sup>3</sup>
ohne Niederschlagswasseranteil	2,09		EUR/m <sup>3</sup>
Schmutzwassergebühr	0,73		EUR/m <sup>3</sup>
Niederschlagswassergebühr			
Umsatzerlöse	306,3	307,0	Mio. EUR
Eigenkapital inkl. Sonderposten	1.392,5	1.350,6	Mio. EUR
Anlagevermögen	3.190,0	3.166,8	Mio. EUR
Bilanzsumme	3.240,5	3.232,8	Mio. EUR
Cashflow aus laufender Geschäftstätigkeit	113,7	116,3	Mio. EUR
Investitionen	91,9	99,1	Mio. EUR
<b>MITARBEITER</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Stichtag <sup>2)</sup>	1.049	1.071	Anzahl
plus Auszubildende	31	34	Anzahl
<b>ABWASSERENTSORGUNG</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Klärwerke	4	4	Anzahl
Pumpwerke	299	281	Anzahl
Sielnetzlänge	5.881	5.727	km
Hausanschlüsse	217.120	211.948	Anzahl
Einwohner im Entsorgungsgebiet (HH und Umland)	1,97	1,96	Mio. Einw.
Schmutzfracht in Einwohnerwerten	2,4	2,5	Mio. EW
Abwassermenge nach Frischwasserbezug	98.590	97.729	Tcbm
behandelte Abwassermenge auf dem Klärwerk <sup>3)</sup>	140.128	149.767	Tcbm

<sup>1)</sup> ab 01.05.2012 gilt die gesplittete Gebühr

<sup>2)</sup> exkl. befristet Beschäftigte, Auszubildende und Langzeitbeurlaubte

<sup>3)</sup> inkl. nicht gebührenrelevanter Regenwassermengen

## HAMBURG WASSER

FINANZEN	2012	2011	
Umsatzerlöse	517,9	515,7	Mio. EUR
Eigenkapital inkl. Sonderposten	1.549,0	1.507,0	Mio. EUR
Anlagevermögen	3.700,3	3.654,2	Mio. EUR
Bilanzsumme	3.797,7	3.759,3	Mio. EUR
Cashflow aus laufender Geschäftstätigkeit	163,4	156,9	Mio. EUR
Investitionen	142,3	152,4	Mio. EUR
<b>MITARBEITER</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	
Stichtag <sup>1)</sup>	2.110	2.129	Anzahl
plus Auszubildende (inkl. NAKD-Studierende)	101	114	Anzahl

HWW, HSE konsolidiert

<sup>1)</sup> exkl. befristet Beschäftigte, Auszubildende und Langzeitbeurlaubte

圖 7 漢堡水務 2012 年自來水營收、污水營收及合併營收資料概況

#### (四) 漢堡水務服務設備概況

漢堡水務 2012 年營運設施資料概況，如圖 7 所示，顯示其水源完全來自地下水井，營運管理之地下水井有 480 口，淨水場為 16 座，總供水生產能力為 60 萬 CMD(立方公尺/天)，年生產水量為 1.13 億立方公尺(約 31 萬 CMD)，蓄水池有 44 座，總蓄水量 322,000 立方公尺，供水管線長度為 5,412 公里，自來水服務接管戶數 664,308 戶，用戶水錶數 1,099,746 戶，每人每日用水量約 105 公升，由於預防管理及維護管理措施良好，供水損

失率約 4%。污水處理廠為 4 座，年處理污水量為 1.5 億立方公尺(約 41 萬 CMD)，污水管線長度為 5,727 公里，污水服務接管戶數 211,948 戶，總服務人口約 200 萬人總服務區域除漢堡市外，尚包括周邊約 30 個城鎮，共約 2000 平方公里。

營業範圍包括水資源管理(Water resource management)、淨水生產(Water production)、自來水配送(Water distribution)、污水收集(Sewage collection)、廢水管理(Wastewater Management)等。

water production	Mio. m <sup>3</sup> /y	113
water usage / capita day	l/cd	107
treated waste water	Mio. m <sup>3</sup>	150
length water network	km	5,412
water loss in water network	%	< 4,0
length sewer network	km	5,727

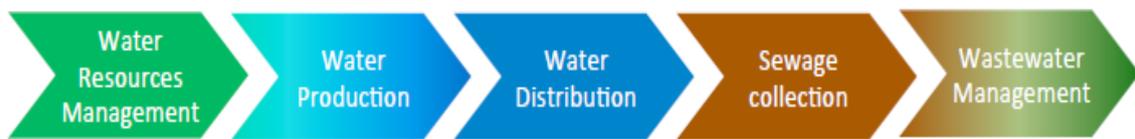


圖 8 漢堡水務服務設備技術資料及營業範圍概況

#### (五) 漢堡水務未來發展目標

1. 優化現有系統設備之效率及能源使用，使之最佳化
2. 風險評估及策略發展
  - (1) 氣候變遷(climate change)
  - (2) 水量之使用及水源可用性

(3)能源價格及使用

(4)人口結構的變化(demographic change)

(5)有限資源 (例如磷，氮)

(6)新技術之發展及應用

### 3.鼓勵新技術之發展(Promotion of innovative new developments)

(1)自來水供應

(2)廢水處置

(3)有機廢物之處置

(4)能源供應

4.進行模型試驗，以驗證新技術之實用性。

5.將技術轉移給開發中及新興國家。

因此為因應全球暖化所引致之氣候變遷，對於全部仰賴地下水，並以抽水機動力抽水之漢堡水務而言，研擬了幾項重要發展策略:1.在 2018 年以前達到能源自給自足 (Energy-self-sufficient)。2.水務設施全面採取 CO<sub>2</sub> 零排放概念(Zero-CO<sub>2</sub>-Concepts)。3.採用新概念-降低用水量(New concepts to reduce water consumption)。4.提倡分散式洪水管理概念(decentralized stormwater management)。

#### 1.在 2018 年以前達到能源自給自足(Energy-self-sufficient)

由於漢堡水務除經營自來水業務外，也包括污水處理業務，故善用污水中所內含之有機物質之生質能，並將之轉化成為提供其各項水務設施操作所需之能量來源，成為重要策略，事實上，在 2011 年藉由自行操作營運之廢水處理設施所產生之生質能源(利用蛋形消化槽所收集，如圖 9)，漢堡水務之廢水處理設施所需能源就已達到碳中和(carbon-neutral)之自給自足成效，然隨著集團業務成長，預定在 2018 年達到全集團碳中和目標，預估 2018 年 CO<sub>2</sub> 排放 < 1000 噸/年，相較 1990 年為 100,000 噸/年，2009 年為 52,000 噸/年。其能源自給自足及 CO<sub>2</sub> 排放減量規劃期程詳圖 10 所示。



圖 9-1 漢堡水務位於漢堡港附近之廢水處理場及蛋形消化槽



圖 9-2 漢堡水務位於漢堡港附近之廢水處理場蛋形消化槽



圖 9-3 漢堡水務運用廢水處理場蛋形消化槽所產生生質能所組成之天然氣車隊

## Energy balance WWTP and Water Works

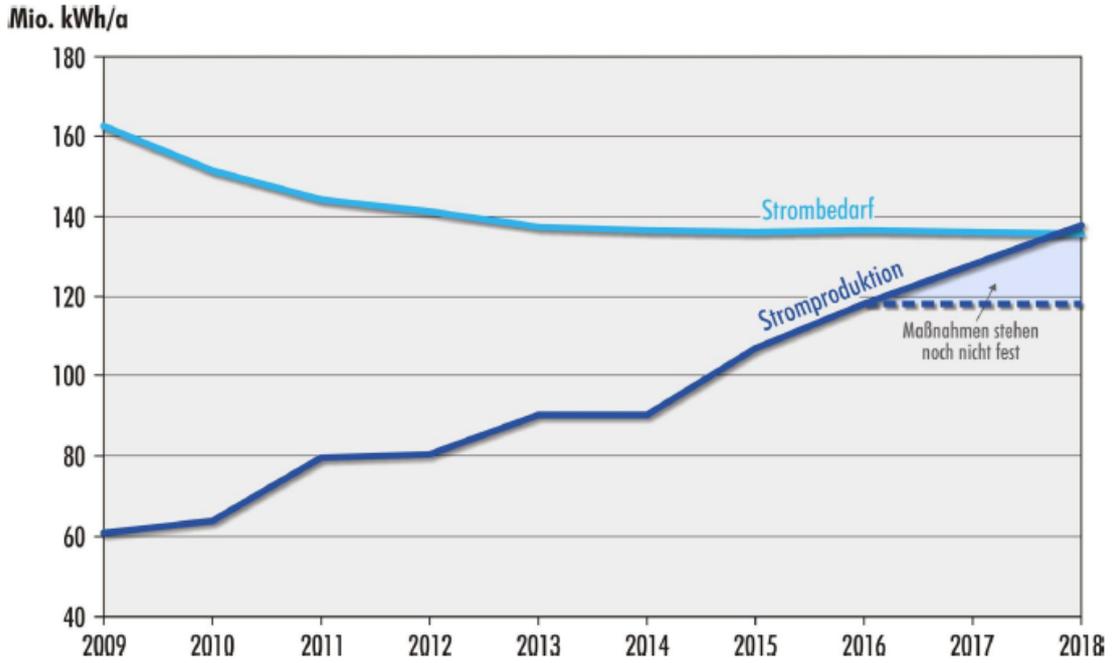


圖 10-1 漢堡水務運用廢水處理所產生質能於集團自足能源之規劃

## CO<sub>2</sub>-Emissions (electricity, heat, automotive)

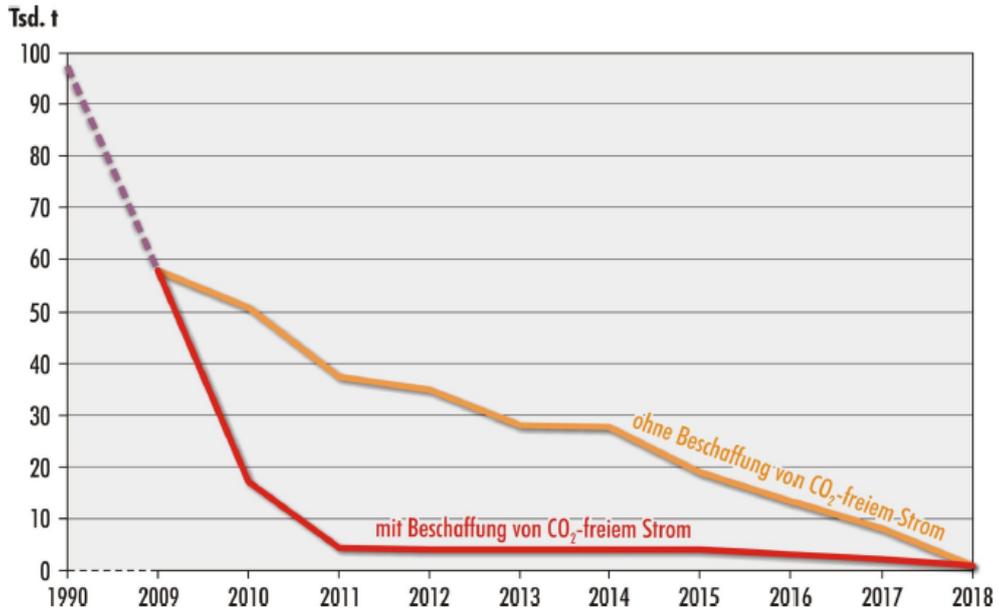


圖 10-2 漢堡水務運用廢水處理所產生質能於集團 CO<sub>2</sub> 中和(零排放)之規劃

## 2.水務設施全面採取 CO<sub>2</sub> 零排放概念(Zero-CO<sub>2</sub>-Concepts)

利用熱泵、室內暖氣系統、土壤環境地熱形成熱交換作用，將污水中之熱能吸收進而產生熱能，預估年減少 CO<sub>2</sub> 排放量為 700 噸，從污水中之熱能吸收進而產生電能達 200 萬度(詳如圖 11-1 之示意)。

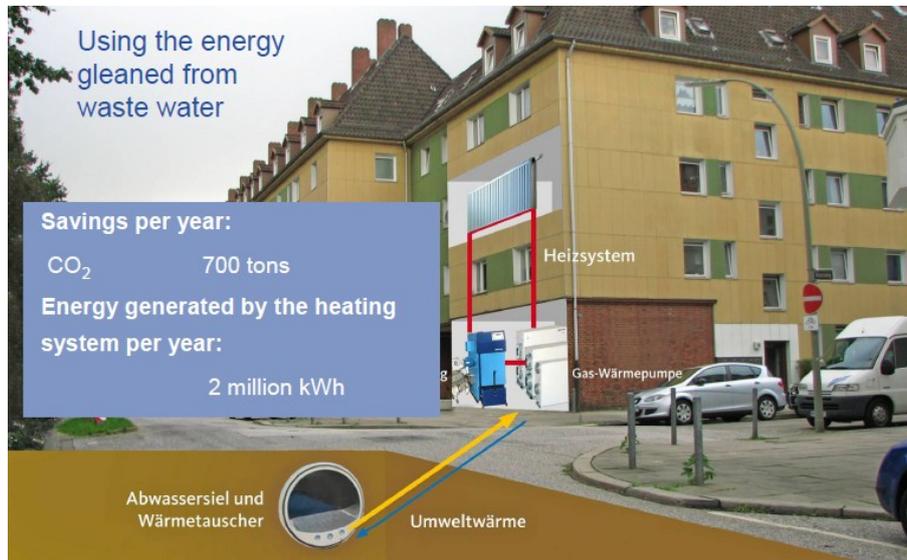


圖 11-1 漢堡水務運用廢水所含熱能及暖氣系統產生電能之示意

利用淨水過程所產生之餘熱加以吸收，運用於外部建築物所需暖氣，並更換掉耗能之燃油系統，預估年減少 CO<sub>2</sub> 排放量為 400 噸，所吸收進而產生電能達 200 萬度(詳如圖 11-2 之示意)。

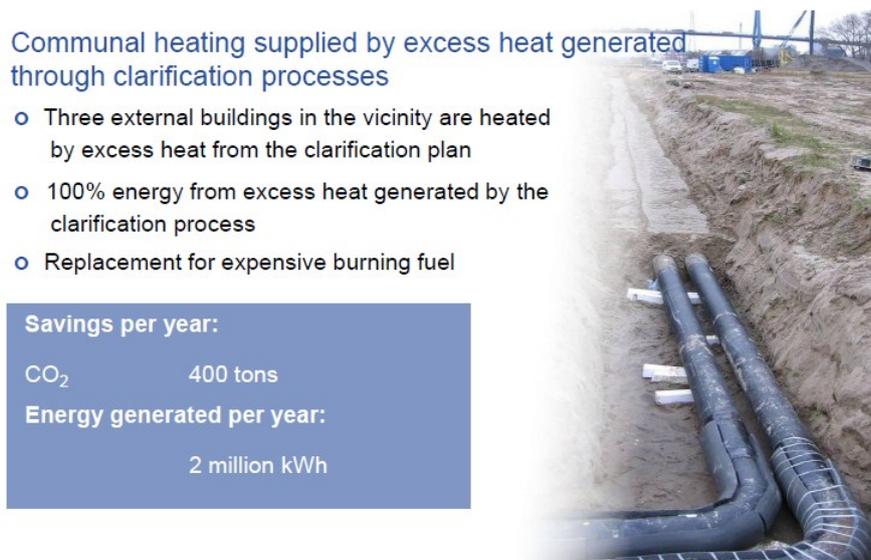


圖 11-2 漢堡水務運用淨水程式所含熱能產生電能之示意

漢堡水務將污水處理所產生之生質氣(Biogas)加以純化成甲烷氣(Bio-methen)，並加入公共供氣系統，可供一般天然氣供應系統使用，包括漢堡水務自有之天然氣交通工具。預估年減少 CO2 排放量為 3200 噸，所吸收進而產生電能達 1600 萬度(詳如圖 11-3 之示意)。



圖 11-3 漢堡水務運用污水處理所含生質能之示意

漢堡水務亦將所取得溫度較低之水源，利用熱交換原理，分別運用於冷卻系統及需加熱之淨水程式用水，大大節省了 CO2 之排放，詳如圖 11-4。

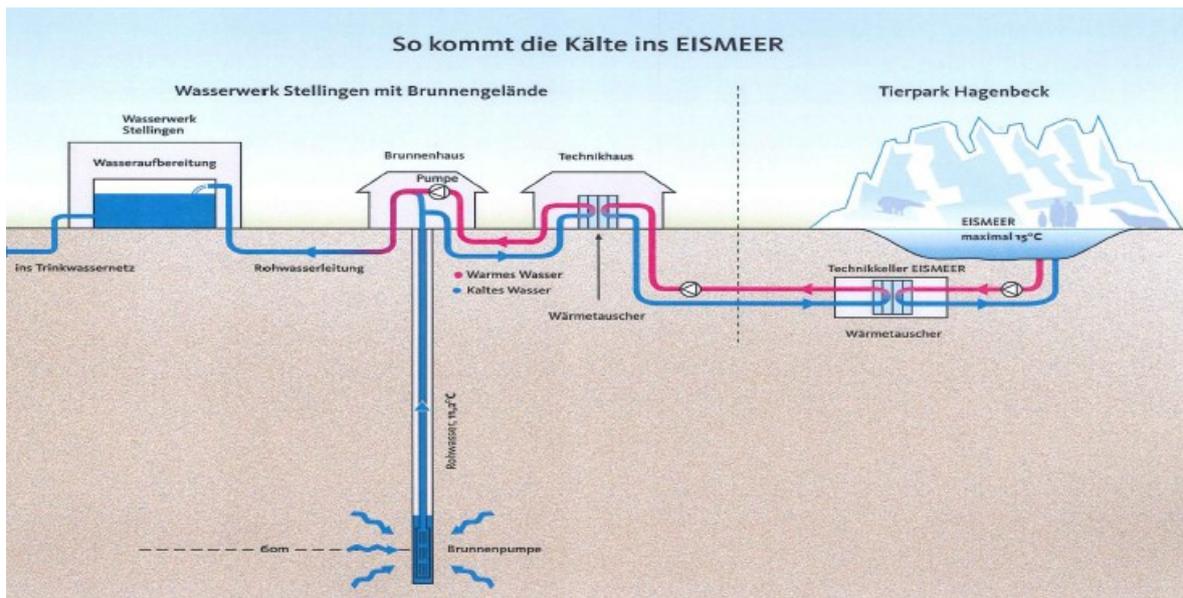


圖 11-4 漢堡水務運用污水處理所含生質能之示意

### 3.採用新概念-降低用水量及分散式洪水管理

環保生態一向是德國人相當重視之生活信念，尤其漢堡之水源全部來自地下水，除重視地下水之水質及水量監視外，更進一步希望降低取水量，以減少能源之損耗，故研發出「漢堡水循環(HAMBURG WATER Cycle®)」之新概念，其構想是將廢水來源中之洪水(Storm water)、灰水(Greywater)及污水(Blackwater 或稱黑水，例如糞便排泄物等)，因應其水質之差異，採「源頭分離」原則，分別在現場(on site)進行處理，並將其所蘊含之能源盡量利用，其處理概念及水質概況如圖 12 所示。

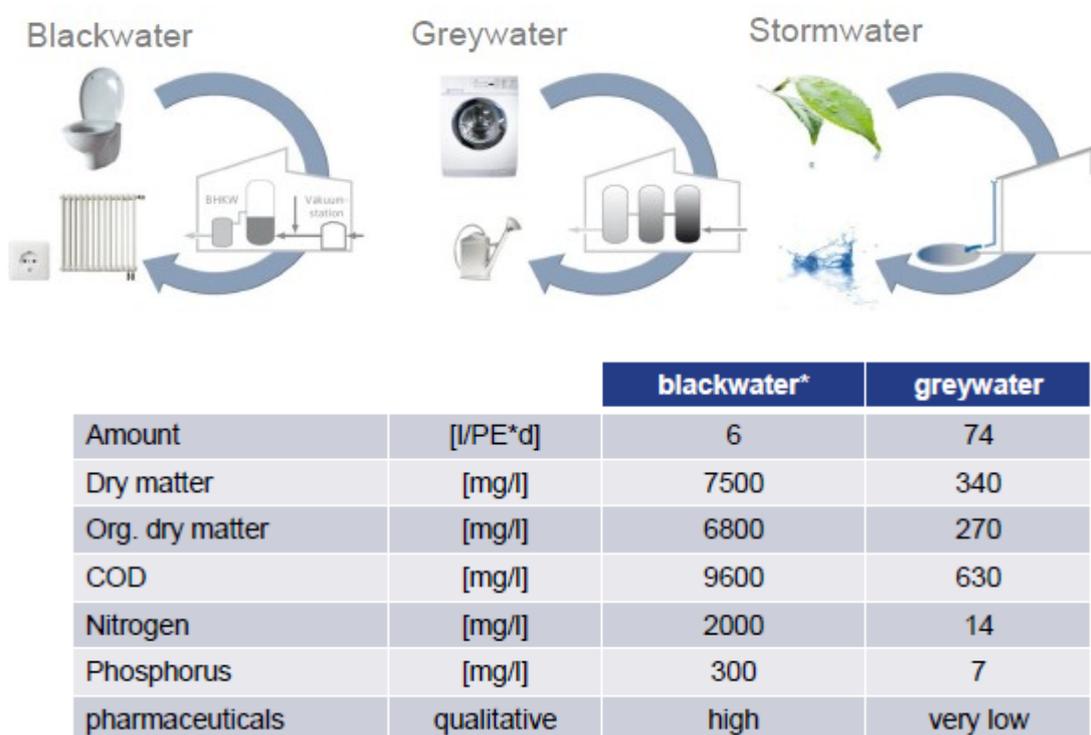


圖 12 漢堡水循環(HAMBURG WATER Cycle®)示意

此概念並將洪水管理及雨水收集(Rainwater harvest)視為都市規劃之元素之一，在水質特性之處理方面，將所收集灰水進行處理(利用滴濾技術/薄膜技術)，以便於現場進行回收再利用，至於黑水則利用真空技術(例如飛機或高鐵上之真空處理系統)收集，然後進行厭氣消化，所產生生質能源，可供前述設備處理所需及家庭活動使用，如再搭配再生能源(如太陽能)，則所產生能源上可供鄰近其他家戶使用，達到 CO<sub>2</sub> 零排放及氮完全循環利用(Nitrogen)之目標，其整體系統處理概念如圖 13 所示。

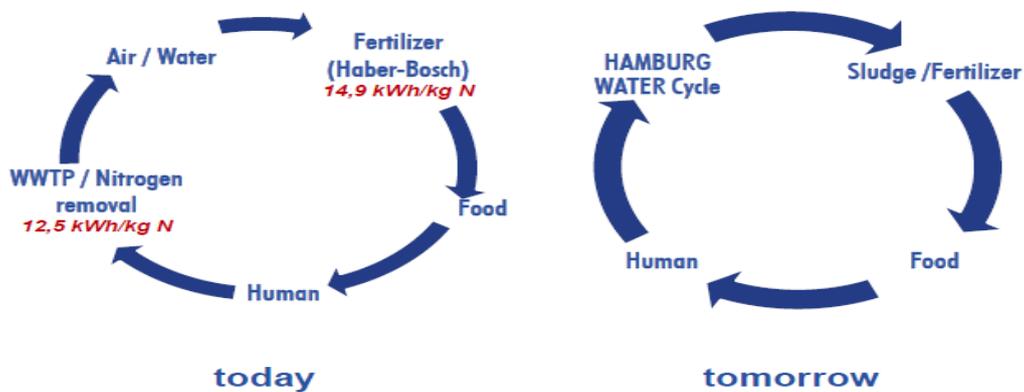
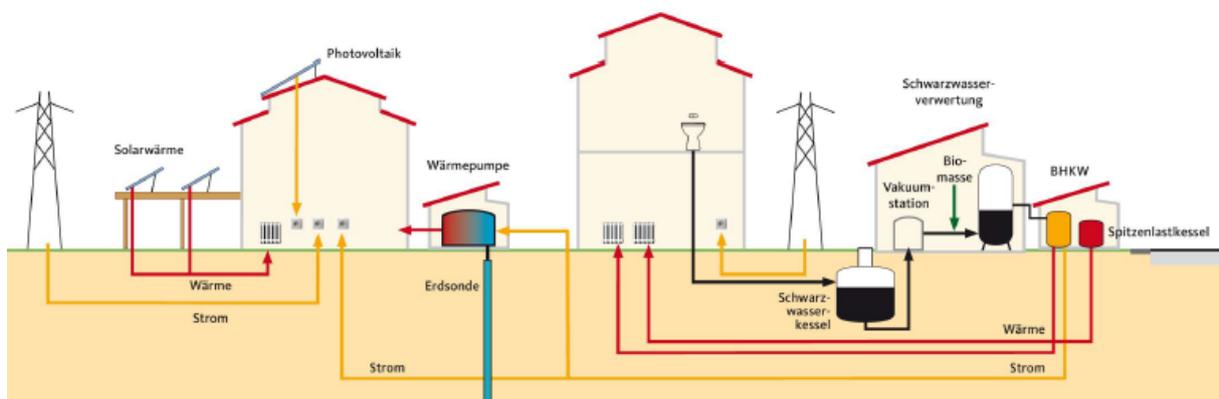
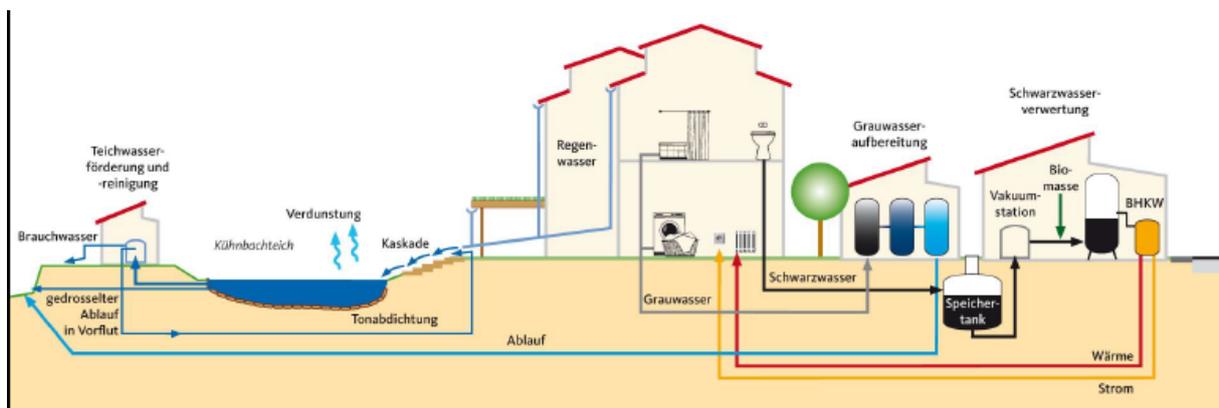
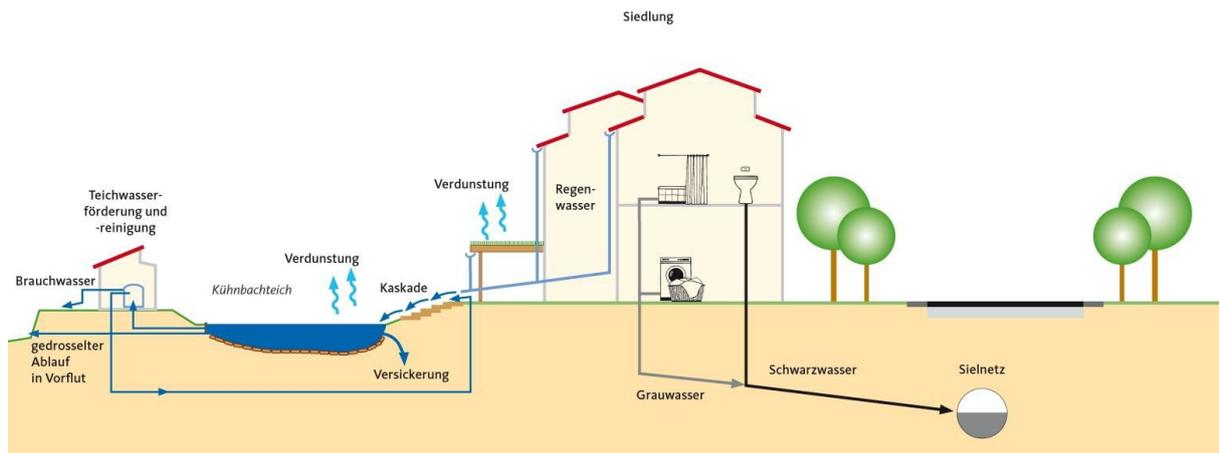


圖 13 漢堡水循環(HAMBURG WATER Cycle®) 整體系統 CO<sub>2</sub> 零排放及氮循環碳示意

## (六) 漢堡水務顧問公司

### 1. 緣起

漢堡水務公司為將其業務聚焦於提供漢堡都會區完善之自來水供水系統操作及管理業務，故於 1980 年成立漢堡水務顧問公司(CONSULAQUA Hamburg GmbH)，提供漢堡水務所需顧問及操作支援服務，並將漢堡自來水公司多年來，於漢堡市及其地鄰近城鎮區域所累積之城市供水系統和公共浴池的技術和商業管理經驗，進行商業化運用。身為漢堡水務公司 100%持股之子公司，漢堡水務顧問公司可充分利用漢堡水務公司內長期養成之專業人員的知識，以及漢堡水務公司的多重資源。此種漢堡水務顧問公司和漢堡水務公司緊密結合之關係，使漢堡水務集團可利用其經營複雜的自來水供應和廢水管理系統，及在德國暨世界各地執行多項計畫，因應全球客戶和合作夥伴的特殊要求所開發之最新技術，所獲得之長期經驗，為全球許多客戶提供可持續和負擔得起的解決方案。

然而，由於過去幾十年人口的快速成長及全球氣候變遷，導致世界許多地區發生淡水資源短缺問題日益嚴重，飲用水及污水處理設施等資源之嚴重不足，不僅對公眾健康產生重大威脅，也衝擊經濟和社會之發展。因此水資源之永續管理，也與對公眾、農業、貿易、工業提供安全及有效率之飲用水及污水處理設施，同樣重要，故漢堡水務顧問公司之營業範圍也逐漸擴及對於全球提供水務服務，主要包括水資源管理、自來水供應、廢污水管理及水務設施操作管理，如圖 14 所示。



圖 14 漢堡水務顧問公司經營範圍

(由左至右依序是水資源管理、自來水供應、廢污水管理及水務設施操作管理)

### 2. 經營策略

從長期的經驗中可知，技術能力、長時間的專業經驗和先進的計劃管理技能，乃是水務顧問公司能夠以一流的質量，合理的成本和及時實現客戶要求目標之重要成功因素。因此漢堡水務顧問公司之經營策略係以「計畫導向(project oriented)」為整體組織程式之基本原則。

為了確保服務品質及業務發展需求，漢堡水務顧問公司成立了四個部門：水資源管理、自來水供應、廢污水管理、操作及管理。因應每項計畫之特殊性，也與具特殊專業及當地策略聯盟夥伴公司合作，並與各地知名大學、顧問公司、專業協會、其他德國公司建立堅強之合作關係，因此可掌握到各地最新及實用之科學、研究、發展等技術情況，適時導入應用於各項計畫中，為客戶提供最佳服務。

### 3.員工及資源

漢堡水務顧問公司的核心團隊約有超過 40 位之永久僱用的工程師和科學家。此外，可以隨時由漢堡水務公司支援工作人員和設施，包括約 200 名土木、機械、化學和電機工程師，供水管網和水廠部門之操作人員及營業部門之經濟學家及企管專業人員。

再者，為進行水質控制及模型廠操作，也設有一個實驗室，配置了所有必要的設備及 30 名工作人員。

漢堡水務顧問公司也因應業務需求，適時引進最先進的技術設備，包括最新的辦公、電子、IT 等設備。

### 4.業務範圍

#### (1) 水資源管理(Water Resources Management):

- a: 地下水及地面水資源管理(Management of Ground and Surface Water Resources)。
- b: 土壤及地下水污染評估(Assessment of Soil and Groundwater Contamination)。
- c: 地下水處理廠更新(Groundwater Rehabilitation Plants)。
- d: 河川流域管理(River Basin Management)。
- f: 地理資訊系統(Geographical Information Systems)。

(2) 自來水供應(Water Supply)

- a: 地下水井及表面水取水構造(Groundwater Wells and Surface Water Abstraction Structures) ◦
- b: 淨水處理場及蓄水池( Water Treatment Plants and Storage Tanks) ◦
- c: 送水管及配水管網( Water Transmission Mains and Distribution Networks) ◦
- d: 工業用水供應( Industrial Water Supply) ◦
- e: 地理資訊系統(Geographical Information Systems) ◦

(3) 廢水管理( Wastewater Management)

- a: 污水及雨水管網( Sewer and Stormwater Networks) ◦
- b: 廢水處理場(Wastewater Treatment Plants) ◦
- c: 水再用( Water Reuse) ◦
- d: 地理資訊系統(Geographical Information Systems) ◦

(4) 操作管理(Operation and Management)

- a: 管網操作及管理(Operation and Maintenance of Networks)
- b: 降低供水損失(Water Loss Reduction)
- c: 污水管網情況評估(Sewer Networks Condition Assessment)
- d: 水處理場及加壓站操作維護(Operation and Maintenance of Plants and Pumping Stations)
- e: 耗能稽核(Energy Audits)
- f: 營業程式(Business Processes)
- g: 顧客關係管理(Customer Relationship Management)
- h: 財務、會計及收費制度(Finance and Accounting, Tariff Systems)
- i: 管理資訊系統(Management Information Systems)

j: 行銷及公共關係(Marketing and Public Relations)

5. 服務範圍(Scope of Services)

a: 可行性分析研究及市場分析 (Pre-Feasibility Studies and Market Analysis)

b: 計畫開發 (Project Development)

c: 計劃管理與協調(Project Management and Coordination)

d: 規劃、工程及顧問服務(Planning, Engineering and Consulting Services)

e: 水利及環境服務(Hydrogeological and Environmental Services)

f: 操作及維護(Operation and Maintenance)

g: 管理及行政 (Management and Administration)

h: 能力建構 (Capacity Building)

## (七)漢堡水務之水務管網管理概況

漢堡水務之自來水及污水管理服務範圍如前述圖 2 所示，漢堡水務服務設備概況如圖 8 所示，不再贅述，本部分僅說明於漢堡水務附近所參訪其水務設施管理概況。

### 1. 水務管網設施施工告示

在漢堡水務公司所在地附近，正進行下水道工程施工，工地現場之道路入口附近，高立者施工告示牌述明「Wir riechen den Ärger bevor Sie ihn riechen」，大意是「我們聞到的氣味前的麻煩」，其施工期限是「2012 年 7 月-2013 年 5 月」(如圖 15 所示)，且施工圍籬並未採取封閉式，而是以隔離網，可讓民眾瞭解施工情形，爭取民眾對於道路開挖造成交通不便之支持，減少民眾抱怨。



圖 15 漢堡水務於道路開挖施工現場告示牌

## 2.水務管網設施施工告示牌基座

在漢堡水務公司施工工地現場，發現許多施工告示牌基座，其基座有各種形狀樣式(如圖 16 所示)，材質係質密之橡膠製品，可供各種不同告示牌使用，甚值得國內工程界參考。



圖 16 漢堡水務於道路開挖施工現場告示牌基座

### 3.水務管網設施標示牌

在漢堡水務公司附近，發現在市區內遍佈著許多類似門牌位置之水務設施標示牌，經漢堡水務人員解說，始知原來是早期漢堡市政府對於市內公用設施進行管理時所設計之水務設施(例如消防栓、制水閥、排氣閥)埋設位置標示牌，(如圖 17 所示)，依據不同用途有不同顏色管理，例如消防栓(全部是地下式)是紅色，制水閥是藍色，標示牌上所顯示隻數字，係口徑大小及與標示牌附近道路相對位置，可值得國內水務界參考。



圖 17-1 漢堡水務消防栓埋設口徑及位置標示

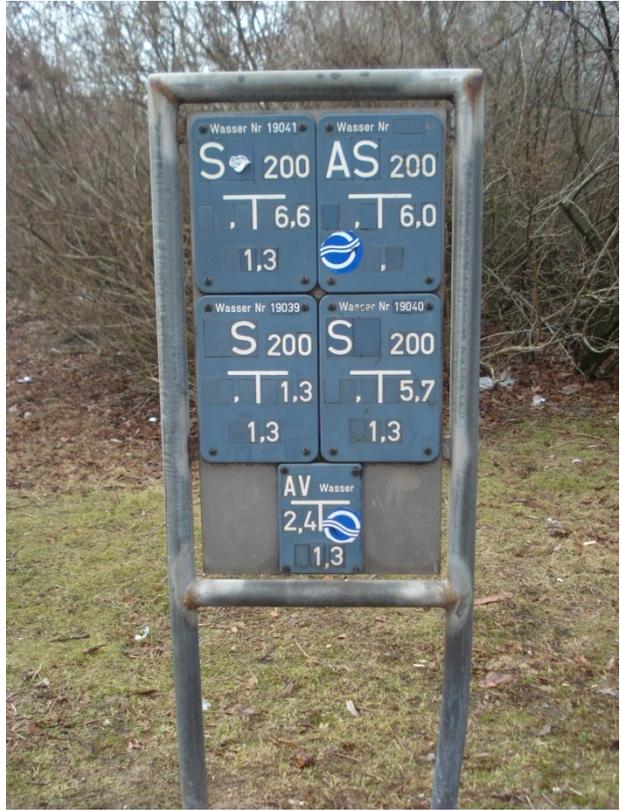


圖 17-2 漢堡水務制水閥埋設口徑及位置標示

#### 4.水務設施施工擋土設施及安全護欄

現場進行開挖施工之擋土設施，不僅完善，且對於有人員跌落危險處，更用護欄隔離，確保人員安全，如圖 18 所示，頗值國內參考。



圖 18 漢堡水務施工擋土設施及安全護欄

### (八) 漢堡水務公司之國際業務概況

漢堡水務公司以往較著重在德國境內之業務，近年來開始走向國際，主要業務地區歐洲(如俄羅斯)、中東、非洲、亞洲、澳洲及拉丁美洲，如圖 19 所示。

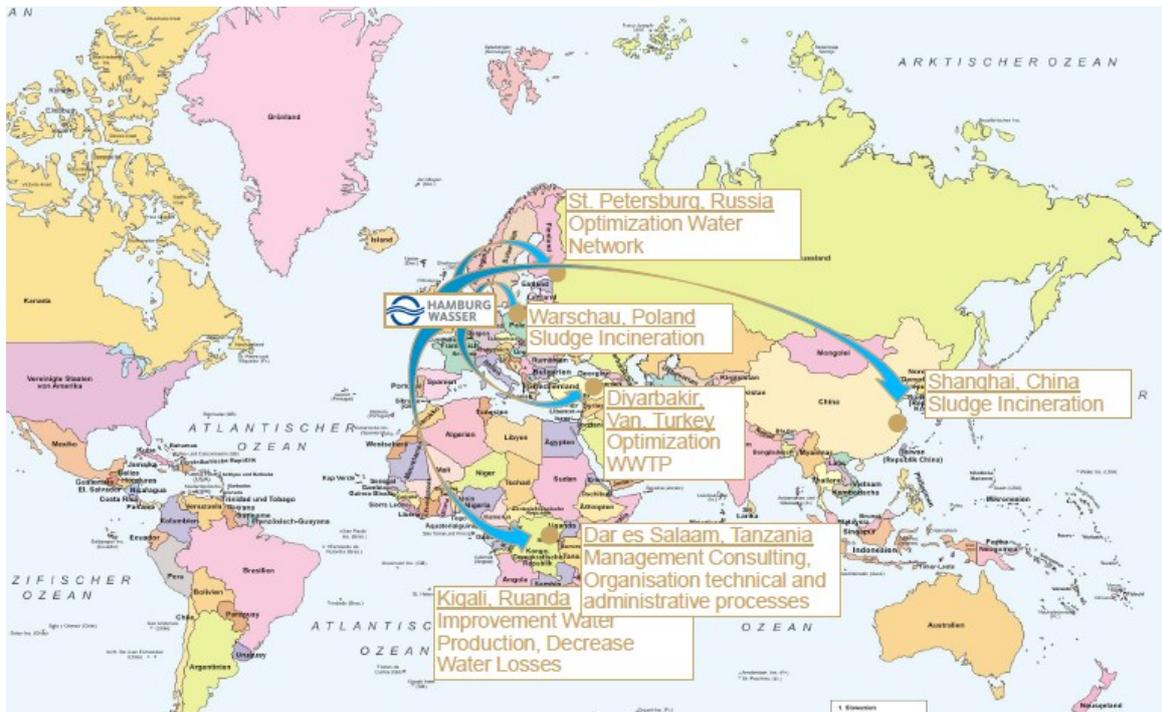


圖 19 漢堡水務公司國際業務概況

## 二、參加降低供水損失-方法及策略發展訓練課程

潔淨飲水已是有限甚至稀有資源，人口成長、經濟發展、人口遷徙及都市化，增添都市供水系統之壓力，如何確保量足、質優、可負擔的自來水，成為政治家及自來水專業人員需克服之問題。對於開發中及轉型中之國家而言，送配水系統管網之供水損失相當龐大，這些供水損失包括真實水漏損及帳面水漏損，合計稱為「無收益水量 non-revenue water (NRW)」，根據世界銀行 2006 年之估計，開發中國家之無收益水率平均約 40-50%，每年損失水量約 270 億 m<sup>3</sup>，損失水費約 60 億美金。

有感於自來水供應系統之操作及維護，需要發展新的，以未來為導向之降低供水損失技術、策略及方法，以提升稀有水資源的有效使用，尤其是對於導入現代化漏水管理及監測技術、閥控制系統重要性之認識，德國於 2009 年成立「降低供水損失之策略聯盟」(Strategic alliance for water loss reduction)，並於 2012 年演進到另一階段之發展，目前成員包括：

- 德國國際合作公司(German International Cooperation, GIZ，)：GIZ 是一個國際合作的企業，著重於遍佈全球之可持續發展業務，為德國聯邦政府所擁有，GIZ 協助德國政府實現其政策發展目標。GIZ 致力於複雜的改革和變化過程，其合作的目的是在可持續發展的基礎上，改善人們的生活條件。
- VAG 公司(VAG - Armaturen GmbH): VAG 公司成立於 1872 年，是一家經驗豐富，專司應用於供水和污水處理的閥門製造商。由於該公司致力於創新研發新產品，使該公司獲得了提供現代化、全球性解決方案先驅的聲譽。目前，VAG 在德國、捷克共和國和中國設有生產基地，全球員工超過 950 人。
- 德國漏水檢測公司 Sewerin: 為氣體及水洩漏檢測設備的技術領導者，Sewerin 公司是國際上成功的，由家族擁有的集團，其總部設在德國居特斯洛。該公司的核心業務是應用於氣體及供水之電子量測儀器開發，其全球行銷網絡超過 80 個國家，使 Sewerin 在其專業領域成為全球領導企業之一。
- 漢堡水務及漢堡水務顧問公司(Hamburg Wasser - Consulaqua)：漢堡水務是德國最大的公有供水和污水處理公司。無費水 (Non-Revenue Water, NRW) 只有 3.6%。漢堡水務顧問有限公司，為漢堡水務持股 100%的子公司，應用最新技術發展，為全球

客戶提供可持續和負擔得起的減少供水損失的技術服務。

- 瑞士應用科學及藝術大學(FHNW - University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland): FHNW 係由在生命科學學院 (HLS) 四個研究所之一之生態創業研究所 (Institute for Ecopreneurship ,IEC) 參與，IEC 的重點領域是可持續的資源管理，生物技術和生態毒理學等領域的教學和應用研究。
- 德國卡爾斯魯厄技術學院(KIT - Karlsruhe Institute of Technology)：KIT 係由轄下之水和流域管理 (Institute for Water and River Basin Management ,IWG) 參與，IWG 係國際間優異的自然和工程科學的研究和教學機構。

此策略聯盟透過產、官、學合作，推動供水系統的有效管理，降低供水損失，以供政府未來施政及自來水事業單位擬定經營策略之參考，已研發建立訓練課程資料：

- 降低供水損失指南技術手冊(Guidelines for Waterloss Reduction-A focus on pressure management)
- 給決策者之摘要(Summary for decision-makers)
- 補充教材(supplementary materials)

上述教材資料詳如本報告附錄一之電子檔，該等資料也可在該聯盟官方網站 (<http://www.waterloss-reduction.com>)自由下載。

該聯盟之訓練教材，也逐漸受到各國重視，尤其是聯合國大學(United Nations University)「聯合國十年水能力發展計畫」(UN-Water Decade Programme on Capacity Development,UNW-DPC) 之重視及引用。有助於提升各國政府部門及自來水事業操作人員，對於規劃、執行降低供水損失策略及方法之能力。如使用及執行這些所發展之降低供水損失指南、訓練課程資料暨對於現行供水損失所遭遇問題應如何克服之建議，將有助於建立一個更可永續的供水管網管理系統，降低供水損失及確保飲水安全。再者，該指南亦有助於供水管網更預防性之操作和維護，長期而言，係較汰換管線更為經濟之策略。

本次參加該聯盟所舉辦之三天「降低供水損失方法及策略發展」課程，研習日期為 102 年 3 月 5 日~7 日，計 3 日，參加受訓學員來自辛巴威(有 11 名，含 4 家自來水事

業人員 7 名，GIZ 派駐辛巴威指導顧問 4 名)、布吉納法索(2 名，含 1 家自來水事業人員 1 名，GIZ 派駐布吉納法索指導顧問 1 名)、坦尚尼亞(3 名)、黎巴嫩(3 名)、法國(1 名)、德國(4 名)，課程內容如圖 20 所示，全體學員合照如圖 21 所示，主要課程包括如下：

- 模組 1:瞭解供水損失(Understanding water losses):

本模組課程主要傳授有關降低供水損失所需基本知識，包括降低供水損失簡介、供水損失管理、不同類型的供水損失、供水損失關鍵原因和影響因素、如何以 IWA 定義之標準方法進行水平衡表之計算、水平衡表計算之可靠度，降低供水損失之績效指標及如何計算，供降低供水損失技術發展策略之基礎。

- 模組 2: 供水損失管理之資訊系統及水利模型(Information systems and hydraulic modelling for water loss management):

本模組課程主要傳授有關供水損失管理先決條件所需之基本數據要求及可用於協助數據管理所需的主要資訊系統。並對於有關設計分區計量(District metered areas, DMAs)所需使用之水力模型進行介紹。

- 模組 3:降低供水損失方法及儀器(Methods and instruments for water loss reduction):

本模組主要傳授有關降低供水損失所採取的四個主要措施，重點在管線資產設施管理(包括：操作和維護、避免及預防和修復)、壓力管理及主動漏水控制。

- 模組 4:自來水事業對於降低供水損失之整合方法(Integrated Water Utility Approach for water loss reduction):

本模組主要傳授有關自來水事業對於降低供水損失之整合方法，重點在強調自來水事業經營管理，所面對之內在及外在環境之複雜性、國際上對於降低漏水管理良好之實例，並提出自來水事業應參考國際良好實例之經驗，同時注重操作、維護(Operation&Maintenance)及組織、管理( Organization& Management)，從整合角度出發，以雙重 O&M，達到 $(O\&M) * (O\&M) = (O\&M)^2$ 之整合效益。

由於受限於該訓練課程著作版權因素，不宜在此報告顯示其教材內容，故筆者謹將本次受訓課程重點內容及心得整合為本公司員工訓練所之教材，詳如本報告之附錄二及電子檔。



## The holistic atlas of water loss reduction

### Understanding water losses

Key influencing factors

Definitions and terminology

Importance of water loss reduction

Real losses and apparent losses

### Developing a strategy for water loss reduction

Analysis of the present state

The IWA Water Balance

Key performance indicators

Identify appropriate measures

Set targets for a WLR programme

### Basic data prerequisites for sustainable water loss management

Geographic information system

Landbase

Network register

Hydraulic model

Failure database

Customer information system

### Methods and instrument for water loss reduction

District metered areas (DMA)

Pressure management (PM)

Active leakage control (ALC)

Infrastructure management

Leak repair

[www.waterloss-reduction.com](http://www.waterloss-reduction.com)

**giz**

**VAG**

**SEWERIN**

**HAMBURG WASSER**

**n|w**

**KIT**

降低供水損失之整合策略				
瞭解供水損失				
關鍵影響因素	定義與術語	降低供水損失重要性	真實損失及帳面損失	
開展降低供水損失策略				
對現狀進行分析	IWA 水平衡表	關鍵績效指標	決定最合適之量測方法	訂定降低供水損失計畫之目標
永續供水損失管理之基本數據要求				
地理資訊系統(Geographic Information System ,GIS)				
土地資訊	管網列冊編號	水力模型	管網故障資料庫	用戶資訊系統
降低供水損失方法及技術設備				
分區計量管網(DMA)	水壓管理 (PM)	主動漏水控制	供水設備資產管理	漏水修復

時間	內容/程式
週二：技術訓練第一天	
08:30	歡迎及學員自我介紹;訓練計畫及目標
09:00	課程:供水損失簡介
09:15	習題:關鍵影響因素
10:15	休息
10:30	課程及習題:自來水事業整合觀點(An integrated perspective to water utilities)
11:45	課程:水平衡表計算
12:30	午餐
13:30	習題: 水平衡表演算
15:30	休息及課程內容評鑑
15:45	漢堡水務控制中心及實習工廠參觀
17:00	第一天課程結束
晚上	漢堡港夜遊

時間	內容/程式
週三：技術訓練第二天	
08:30	第一天課程回顧、討論及提問
09:00	課程:績效指標
09:45	休息
10:00	習題:計算供水設施漏水指數(Calculation of the infrastructure leakage index, ILI)
11:30	課程:供水損失之資訊系統+漢堡水務之 GIS 系統
12:30	午餐
13:30	課程:分區計量管網(District metered areas, DMAs)
14:00— 16:00	分組課程 1:分區計量管網設計及水力模型運用 分組課程 2:漏水修復組織及文件管理
16:15	第二天課程結束及課程內容評鑑

時間	內容/程式
週四：技術訓練第三天	
08:30	第二天課程回顧、討論及提問
08:45	課程:降低供水損失所需方法及儀器設備
	休息(彈性)
09:30	課程:水壓管理目的、效益、觀念及構成
11:00	課程:漏水檢測
12:30	午餐
13:30	漢堡水務修漏現場、管線資產設備維修中心觀摩
17:00	訓練課程評鑑及頒發訓練證書
17:15	技術訓練課程結束

圖 20 降低供水損失課程內容





### 三、參加降低供水損失-方法及策略發展訓練課程之戶外觀摩

於上課期間，另穿插安排戶外教學課程，包括漢堡水務控制中心、漢堡水務實習工廠(Apprentice's Workshop-Ausbildungswerkstatt)、修漏現場及供水設備維修中心，簡述如下：

#### (一) 漢堡水務控制中心

漢堡市之自來水於 1850 年時，主要是取自鄰近易北河(Elbe)之未經過濾之水源，至 1875 年代，因水源受到污染，逐步增設過濾設備來淨化處理易北河水源，1890 年代則所有取自易北河水源，均須經過淨水處理，1900 年初期開始取用地下水，並逐步減少取用地面水，1960 年代則全部來自地下水，目前共有 480 口井，取水深度約在地下 250-400 公尺，18 座地下水處理場，總供水生產能力為 60 萬 CMD(立方公尺/天)，年生產水量為 1.13 億立方公尺(約 31 萬 CMD)，蓄水池有 44 座，總蓄水量 322,000 立方公尺，其水源演變過程如圖 22 所示。

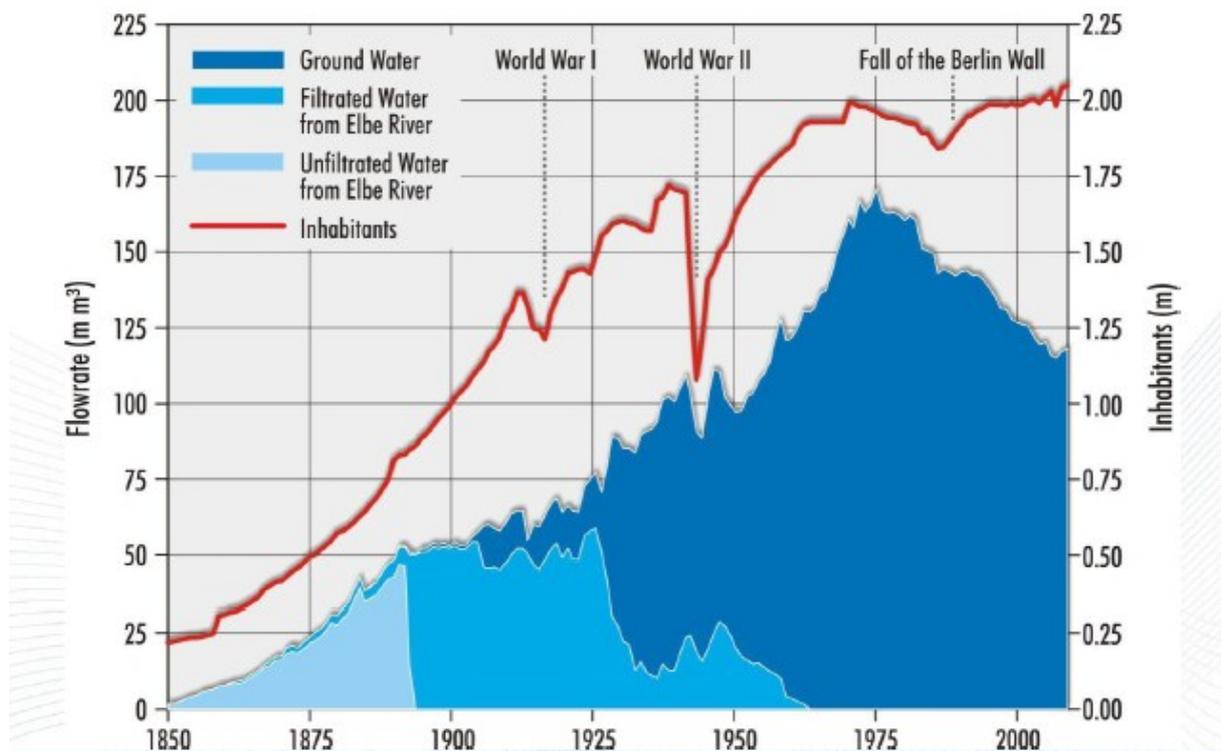
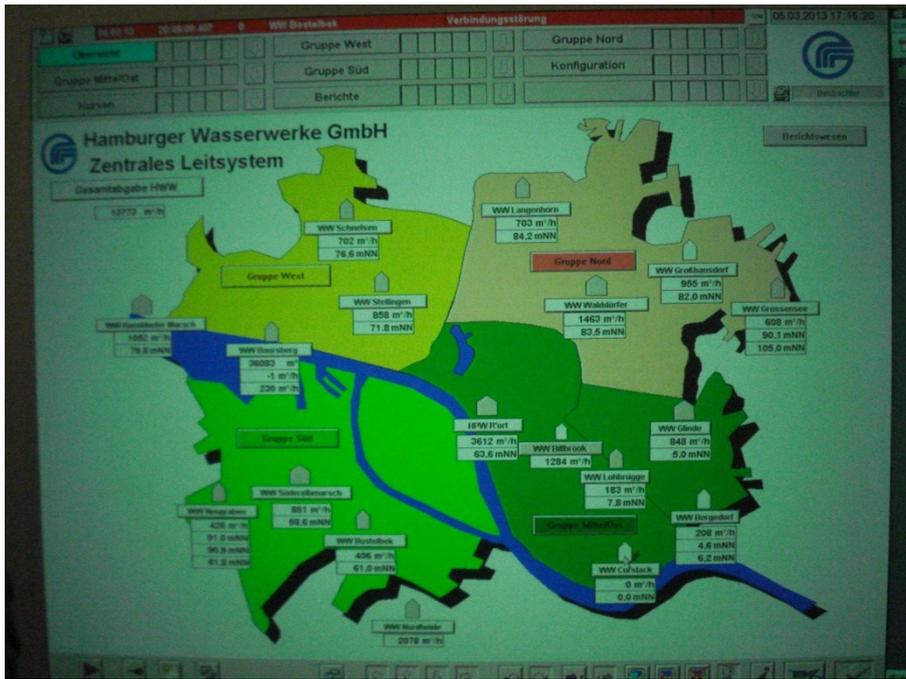


圖 22 漢堡市之自來水水源演變過程

漢堡市之自來水全部來自地下水，故對於地下水之保護相當重視，除對於地下水水位、水質設置 17 處監控站進行監控外，並且普設氣象降雨觀測站，結合降雨水量及地下水入滲補注模式，監控管理各地區水井之抽水情況，避免超抽導致海水入侵，或影響地質安全情事。

德國之機電儀控技術可謂全球知名，加上地下水水質穩定，故對於供水操作，全面採取自動化監控及操作，由於漢堡水務供水範圍，從低於海平面（MSL）到高達 110 米的 Harbur 山，高低差距大，故在供水區域被劃分成不同的壓力區(如圖 23)，供水壓力是 2.0 到 6.5 巴，對應於 20~65 米水柱壓力。並分由分佈於東/中、北、南、西區共 16 座地下水淨水處理場來供應，各區並設地區監控中心，夜晚及假日則由中央監控中心處理監控事宜，設備精良，加上地下水水質穩定，淨水處理流程單純，故操作人員所需工作項目僅日常監視及廠區環境維護。





### Das Versorgungsgebiet



### Zuständige Wasserwerke



圖 23 漢堡市自來水供水分區概況

## (二)漢堡水務實習工廠(Apprentice' s Workshop-Ausbildungswerkstatt)

歐美地區經濟低迷，擁有高學歷的青年人失業率高企，歐盟平均 23.5%，但德國青年失業率僅 7.7%，主因該國教育制度採取雙軌制，即是除了學術為主大學之外，另有學徒制。德國的學徒制是由當地政府與業界合作，共同為年輕人訂造技能訓練課程，學生每週部分時間到學校上課，部分時間到企業實習，確保所學技能是市場所需，學生畢業後多直接成為企業員工。德國經驗反映，職業教育並不意味差人一等，而是確保不同人才有適當培訓，亦與社會需要接軌。

德國學徒制的成功，關鍵是與企業能充分合作，讓年輕人所學正是市場所需，本次研習也見識到漢堡水務所採行之水務學徒制，由於漢堡水務所提供之實習生待遇不錯，所以申請者踴躍，申請錄取率約低於 5%，這些學生也必須定期接受認證考驗，取得所需職能各種等級證照，未來也可決定是否留在漢堡水務集團內相關公司服務，實習工廠情況詳如圖 24。







圖 24 漢堡水務實習工廠概況

### (三) 漢堡水務修漏現場及供水設備維修中心

為增進受訓學員對於漢堡水務在供水資產設備維護管理實務作業之瞭解，特意安排到修漏現場及設備維修中心進行觀摩。

根據漢堡水務之統計，管線破漏次數因為大部份之漏水案件發生在 200m/m 以下管線，故漢堡水務在修漏作業之管理策略，600m/m 口徑以上採取委外修漏，其餘均採取自修，故設置了供水設備維修中心，儲備所需修漏之相關資材，並配置漏水搶修專車，備妥所需工具，迅速進行搶修。

#### 1. 供水損失

漢堡水務及德國之自來水供水損失與歐洲各國主要城市比較，如圖 25 所示。

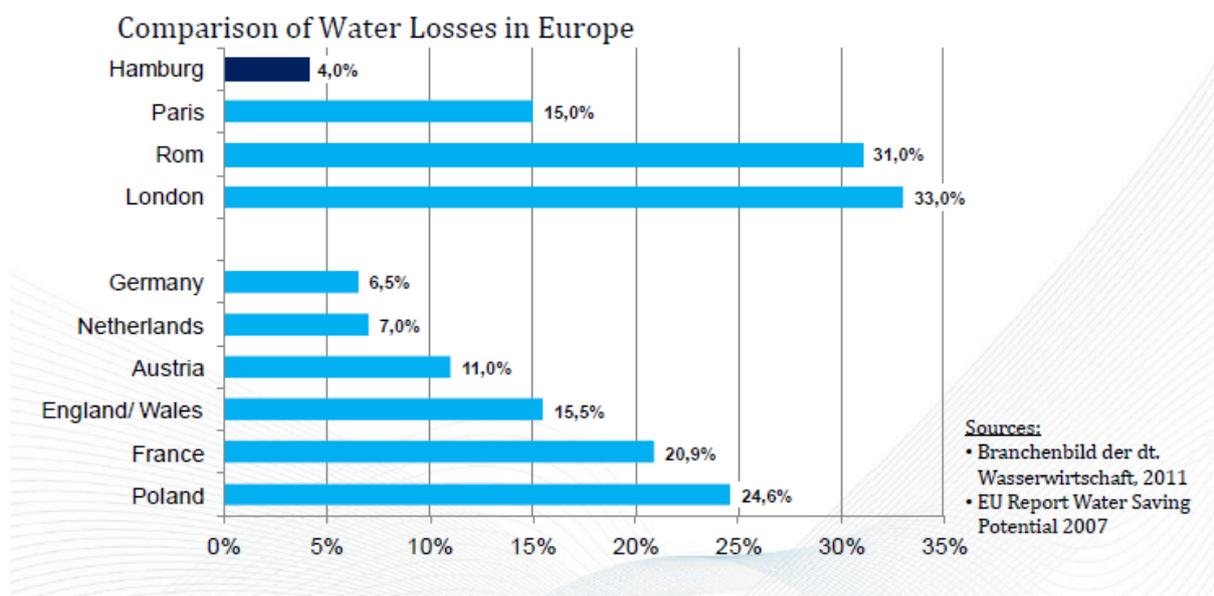


圖 25 漢堡水務暨德國之自來水供水損失與歐洲主要城市情形比較

事實上，漢堡水務在 1950 年代時，供水損失曾達近 18%，但經過持續不斷之努力，推動水平衡及漏水控制、水力模擬及水壓管理、充足人力及設備進行分區計量管網管理、隨時待命之緊急搶修隊、水錶管理、管線資產之修復更新、整合之地理資訊系統(GIS)、管線附屬設備維護等措施，使供水損失維持在 4%，其中據估計，約 75%係屬於真實漏水(約 3%)，如圖 26 所示。

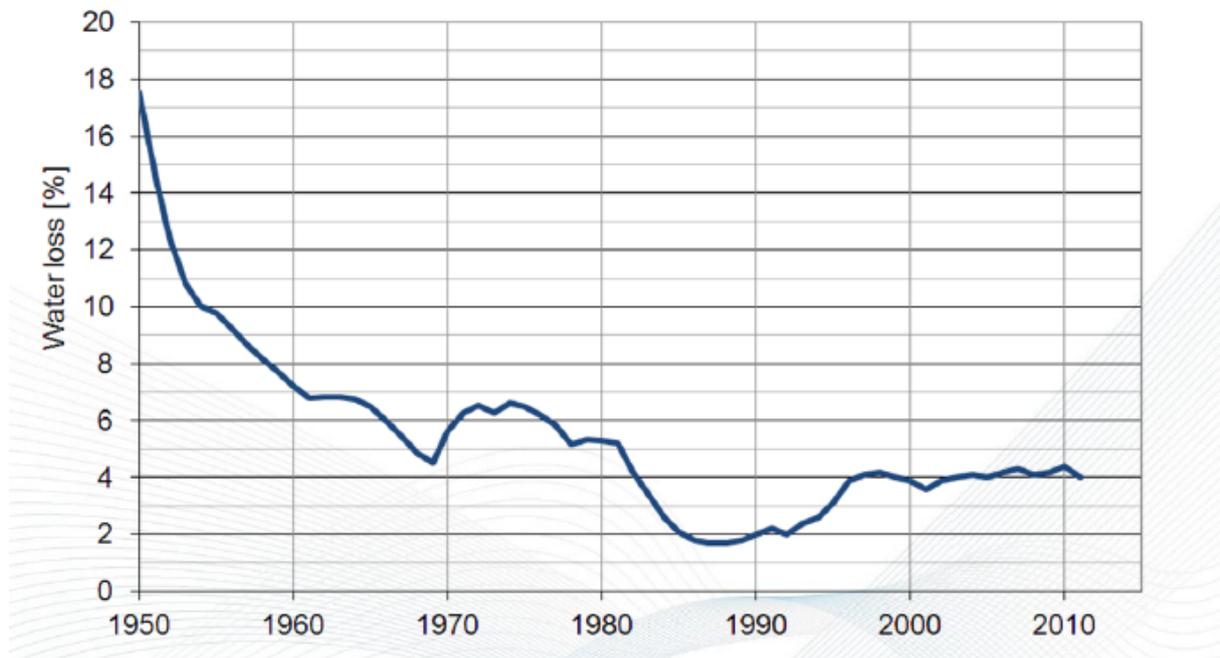


圖 26 漢堡水務歷年來供水損失概況

## 2. 主動漏水控制及管線更新

漢堡水務自來水管線長度約 5500 公里，每年約進行 1000 公里管線之檢查，並對於 20,000 處閥栓(控制閥、消防栓、接水栓)進行檢查，以確保設備功能之運作效率正常。每年約投資新設管線約 80 公里，維護費用約 600 萬歐元，管線更新約 10.7 公里/年。漢堡水務目前所用管線材質及比率，如表三所示，送配水管線主要以延性鑄鐵管外襯聚乙烯套管及水泥砂漿襯裡，佔 46.1%最高，其次是舊鑄鐵管(CIP)，佔 28.6%，其次是鋼管，佔 8%及舊鑄鐵管(CIP)追溯內襯水泥砂漿，佔 7.9%，延性鑄鐵管僅佔 1%，聚氯乙烯管/聚乙烯管 PVC/PE 主要供用戶外線使用，佔 7.7%。令人覺得好奇的是佔比最高的延性鑄鐵管外襯聚乙烯套管及水泥砂漿襯裡，此種管材自 1969 年開始使用，由於對 DIP 管線形成內、外層保護，防蝕性良好，漸成為重要管材，原有之 CIP 將逐漸汰換為此種管材，其價格雖較傳統 CIP 及 DIP 貴約 10%，但以管線長期使用壽命而言，是值得考慮之管材，其於現場施工情形如圖 27 所示。

表三 漢堡水務目前所用管線材質

管材	石綿管	舊鑄鐵管 CIP (GG)	舊鑄鐵管 (CIP)追溯 內襯水泥 砂漿 (GGnZm)	延性鑄 鐵管 (GGZm)	鋼管 (SP)	延性鑄鐵管 外襯聚乙烯 套管及水泥 砂漿襯裡 (GGZmPe)	聚氯乙 烯管/聚 乙烯管 PVC/PE
管長 KM	37	1566	435	53	439	2528	420
占比 (%)	0.7	28.6	7.9	1	8.0	46.1	7.7



圖 27 漢堡水務供水主要管材 GGGZmPe  
(延性鑄鐵管外襯聚乙烯套管及水泥砂漿襯裡)

### 3. 管線破漏概況

隨著每年不斷投資預算於管線改善及更新汰換，並逐漸採用良好管材及配合嚴謹正確之施工方法，其在送配水管線及用戶接水管線之破漏次數逐年下降，每年每 10 公里之破管次數低於 1 次，也使其真實漏水量控制在低於  $0.1\text{m}^3/(\text{公里} \times \text{小時})$ ，使供水損失控制在約 4.0%。漢堡水務中心區域及全區域自來水破管次數演進過程如圖 28 所示。



圖 28 漢堡水務中心區域(Centre District-上圖)及全區(下圖)自來水破管次數演進過程