

中國文化大學教師教學創新暨教材研發獎勵期末成果報告書

壹、計畫名稱

兩棲智慧綠能建築物理教學創新研究計畫

貳、實施課程、授課教師姓名

實施課程：建築物理

授課教師：江益璋

參、前言

「兩棲智慧綠能建築」為當今國際間因應氣候變遷的建築設計主流，涉及建築物理環境的創新設計。本計畫因此將該議題納入建築物理課程中，傳授學生與水共生的建築設計知識，提升建築物的減碳與調適能力，保障居民的生命安全與提升生活品質。進言之，傳統建築物理課題包括室內舒適環境、外界氣候、熱傳、濕氣與結露、自然通風、自然採光、人工照明、建築音響材料，噪音及振動防制等，然因應氣候變遷衝擊，課程內容有必要透過教學創新，引導學生探究建築物理在兩棲建築、智慧建築、綠能建築上之應用價值。

肆、計畫特色及具體內容

計畫特色

本計畫強調「先操作、後學習」的跨領域建築物理教學創新與互動機制，引導學生先進行兩棲建築、智慧建築、綠能建築之個案分析，搭配數位建築模型與能源分析工具等專題，充實學生建築物理知識，並嘗試應用到建築設計；亦即讓學生有自行探索的機會，對理論性的知識瞭解會更加深入，包括安插與同學互動交流式的探索，引發學習熱忱，以及培養學生追究和解決問題等技巧；另學生在課堂上模擬的專業角色與案例操作也相當重要，是學業表現能夠出色的關鍵要素之一。計畫特色包括跨域學習、建築應用、設計專題；說明如下：

- 跨域學習：兩棲智慧綠能建築物理涵蓋：浮動技術、防水工程、感知系統、資訊通信、室內舒適度、外界氣候、水環境、熱環境、光環境、音環境等課題，牽涉

領域相當廣泛，著重實務案例分析與規劃。

- 建築應用：誠如前述，因應氣候變遷衝擊，本計畫規劃課程創新的教學內容，引導學生探究建築物理在兩棲建築、智慧建築、綠能建築上之應用價值。
- 設計專題：本計畫以當今備受國際關注的兩棲智慧綠能建築為題，整合物理環境資訊系統、線上協作工具、即時資訊分享、建築競賽等機制，激發學生學習熱忱，應用到建築設計。

具體內容

本計畫聚焦在建築物理在兩棲智慧綠能建築上的應用，具體內容包括：學習路徑、跨域學習、建築應用、設計專題，說明如下：

學習路徑

- 界定基地範疇：由學生根據課堂資訊，選定建築基地與課題範疇，如浮動技術、防水工程、感知系統、資訊通信、室內舒適度、外界氣候、熱環境、光環境、音環境等，並展開分組討論與操作；
- 規劃操作流程：教師規劃並說明兩棲智慧綠能建築物理分析類型，包括：兩棲建築、智慧建築、綠能建築三大建築應用型態；
- 說明基地環境：教師引導學生利用數位建築模型，透過地理方式呈現建築基地環境，尤其外界氣候、熱環境、光環境、水環境等，以及當地的自然與人文環境脆弱度狀態；
- 探究建築物理：誠如前述，兩棲智慧綠能建築涉及浮動技術、防水工程、感知系統、資訊通信、室內舒適度、外界氣候、水環境、熱環境、光環境、音環境等課題；學生有必要探究跨領域的建築物理知識、提出應用構想並與教師交換意見；
- 模擬專業角色：分組學生模擬建築師、地方代表、地方官員與在地居民等角色，針對前述等兩棲智慧綠能建築課題與操作流程，建立一套遊戲規則以及故事腳本，說明因應氣候變遷的建築設計理念與應用價值；
- 交換設計想法：分組學生上台發表兩棲智慧綠能建築的建築物理設計與應用構想，並使用數位建築模型，進行互動式說明，包括設計圖及精彩的文字、照片、影片和音樂內容等，讓課堂同學能親身體驗各式各樣精彩的故事，再以論壇的方式進行跨組討論，充分交換彼此想法。

跨域學習

兩棲智慧綠能建築物理涵蓋：浮動技術、防水工程、感知系統、資訊通信、室內舒適度、外界氣候、水環境、熱環境、光環境、音環境等課題，牽涉領域相當廣泛，著重實務案例分析與規劃。學生因此必須具備企劃與執行技術、環境分析、資料組織與轉化、方案評估、溝通協調、表達規劃內容等跨領域整合能力，正也挑戰學生如何有效學習課堂知識並運用於實務案例。緣此，本計畫提出兩棲智慧建築物理教學創新研究構想，整合物理環境資訊系統、線上協作工具、即時資訊分享、建築競圖等機制，期能提升學生學習興趣，充實建築物理工作與規劃相關知識，落實本課程「學用合一」的教學目標。

建築應用

誠如前述，因應氣候變遷衝擊，本計畫規劃課程創新的教學內容，引導學生探究建築物理在兩棲建築、智慧建築、綠能建築上之應用價值。茲說明其應用面向如下：

- 兩棲建築：兩棲建築沒有地基，而是在中空的混凝土基座中，填放有漂浮作用的泡沫材料。防水基座的底部由鋼柱支撐，一旦潮水淹到基座，建築物就會漂離鋼柱，隨著水位上升，最高約兩層樓高。建築用滑鏈拴住兩根五公尺高的停泊桿，漲潮落潮時，建築會沿著停泊杆升降，而不會任意漂流；
- 智慧建築：透過資訊通信之傳遞與綜合佈線及系統之整合達到建築物智慧化之目的，並由自動化技術提昇安全防災之功能，設備連動監控之技術達成節能之效益、提昇環境之健康舒適性；
- 綠能建築：面對全球暖化的挑戰，建築除應做好隔熱，提高能源效率，降低溫室氣體排放，也是在減緩氣候變化。此外，建築物也可視為太陽能源的載體，透過如屋頂與外牆等陽光接觸面較大的表面，充分生產太陽光電與熱能，讓建築物也能成為自己自足的能源供應站。

設計專題

本計畫以當今備受國際關注的兩棲智慧綠能建築為題，整合物理環境資訊系統、線上協作工具、即時資訊分享、建築競賽等機制，激發學生學習熱忱，應用到建築設計；設計專題內容如下：

- 物理環境分析輔助建築設計：在綠建築認證系統中，室內環境品質或建築節約能

源部份，越來越要求量化的分析數據；該專題將介紹綠建築認證系統中有關熱、透濕及採光控制的相關計算項目與應用原則；

- 兩棲智慧綠能建築實務案例：該專題主要介紹國內外建築工程專案，在兩棲智慧綠能建築設計上，如何應用浮動工程技術、建築物理環境及能源模擬分析工具，確認建築物的兩棲、智慧與綠能效益；
- 建築效能分析工具實務操作：該專題將運用 Autodesk Ecotect Analysis，透過視覺化及模擬，提升從概念產生到細部規劃的全方位節能建築設計能力。並針對（如 SketchUp）建置之模型，進行建築性能分析；此工具允許使用者輸入所設計模型的資訊，再將數位模型直接導入到分析工具中，對於模型的能源消耗進行分析，進而輔助節能建築設計。

本計畫規劃教學創新課程內容，引導學生探究建築物理在兩棲智慧綠能建築上之應用價值。透過前述具體內容所提中之學習路徑、跨域學習、建築應用、設計專題，本計畫進一步以先進國家，如德國與荷蘭，提出兩棲智慧綠能建築之建築物理教學創新理念，說明如下（圖 1~6）：

一、兩棲建築

荷蘭於 2005 年以洪流為題舉辦鹿特丹建築雙年展特展，呈現出荷蘭在地建築師面對荷蘭特有地理環境、生活空間以及水文條件所展現出來的思考面向，在這樣的脈絡下，Waterstudio 建築師事務所提出荷蘭第一個兩棲式漂浮房屋的設計案例，主要的概念是設計出一個底層基座是空心混凝土（此基座中填入發泡材料後可利用其浮力來承受整重房屋的重量）、淹水時能沿著基座上的支撐鋼柱而上升漂浮的房屋，而這樣特殊的房屋也採用靈活的 PVC 管線通道，讓住戶日常生活所依賴的水、電、天然氣管道都能因應外在狀況來調整其位置。

其實早期荷蘭的西南部就有著這種類似概念的船屋，因為大量人口湧入都市，加上土地面積不足的關係，陸上住宅房價相對增高，許多窮人買不起房屋，因此只好在河旁建造屋船生活。有著這樣的文化背景，加上專家預測荷蘭未來的降雨量會比現在增加 25%，荷蘭開始思考與海共生的水上建築，運用「水漲船高」的原理，幫擁擠的城市找到新的居住空間。國外常見的水上建築型式可歸納為陸地型與漂浮型兩類：

- **陸地型**：該型建築在一般情況會座落於陸地，但水患發生時則可隨著暴漲的洪水浮起，一般沒有地基，而是利用中空的混凝土基座，填充泡沫材料使其具有漂浮作用，房屋內的各種管線也可埋藏於水泥柱裡。防水基座的底部由鋼柱支撐，遇到漲潮時，一般可升高至 5.5 公尺；
- **漂浮型**：與其他水上建築最大的差異，在於其具有移動性的可能，相較於固著在地面或樁位與高腳屋，漂浮屋只要將「錨」收起，搭配船隻的拖運便可具有高度機動性，平時房屋用滑鏈拴住兩根 5 公尺高的停泊桿，使房子順著停泊杆升降，不會「隨波逐流」。漂浮住宅就像正常住宅一樣，只是地基改變而已，且如船隻般彼此間容易連結亦可拆卸，利於打造水上社區。

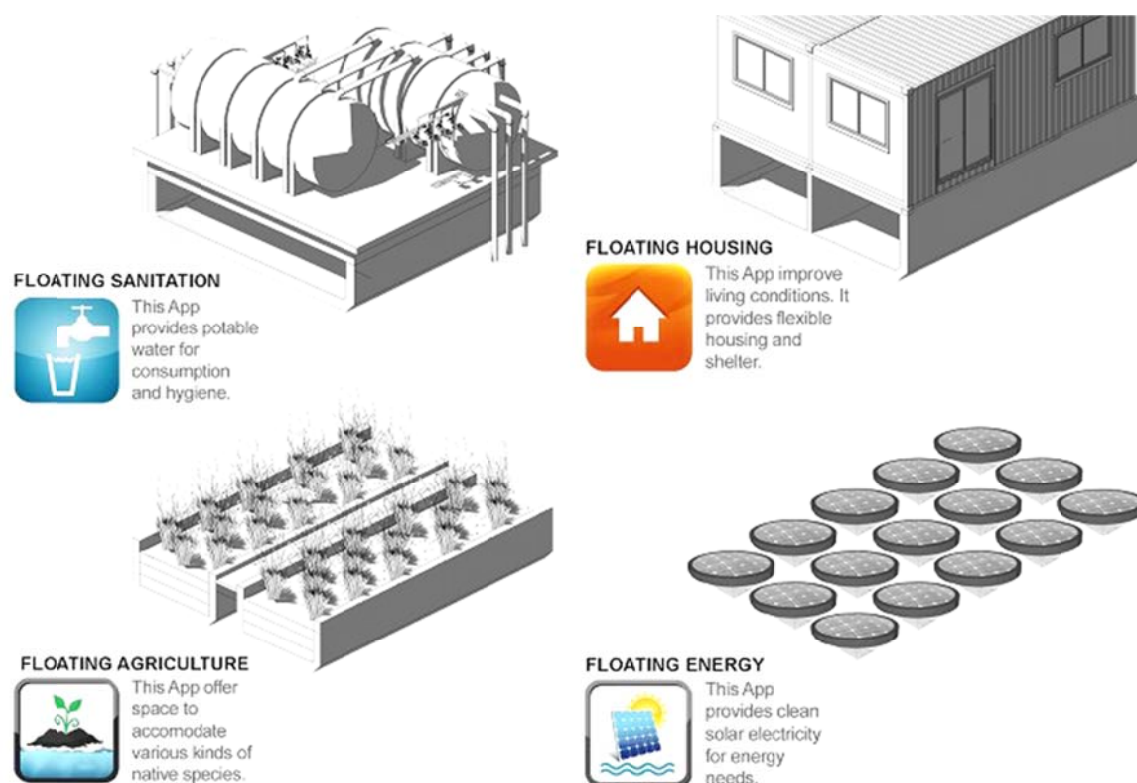


圖 1：兩棲智慧綠能建築功能示意¹

¹ 詳：

<http://inhabitat.com/waterstudio-nl-proposes-floating-city-apps-to-aid-slums-affected-by-rising-sea-levels/wet-slum-city-apps-waterstudio-10>

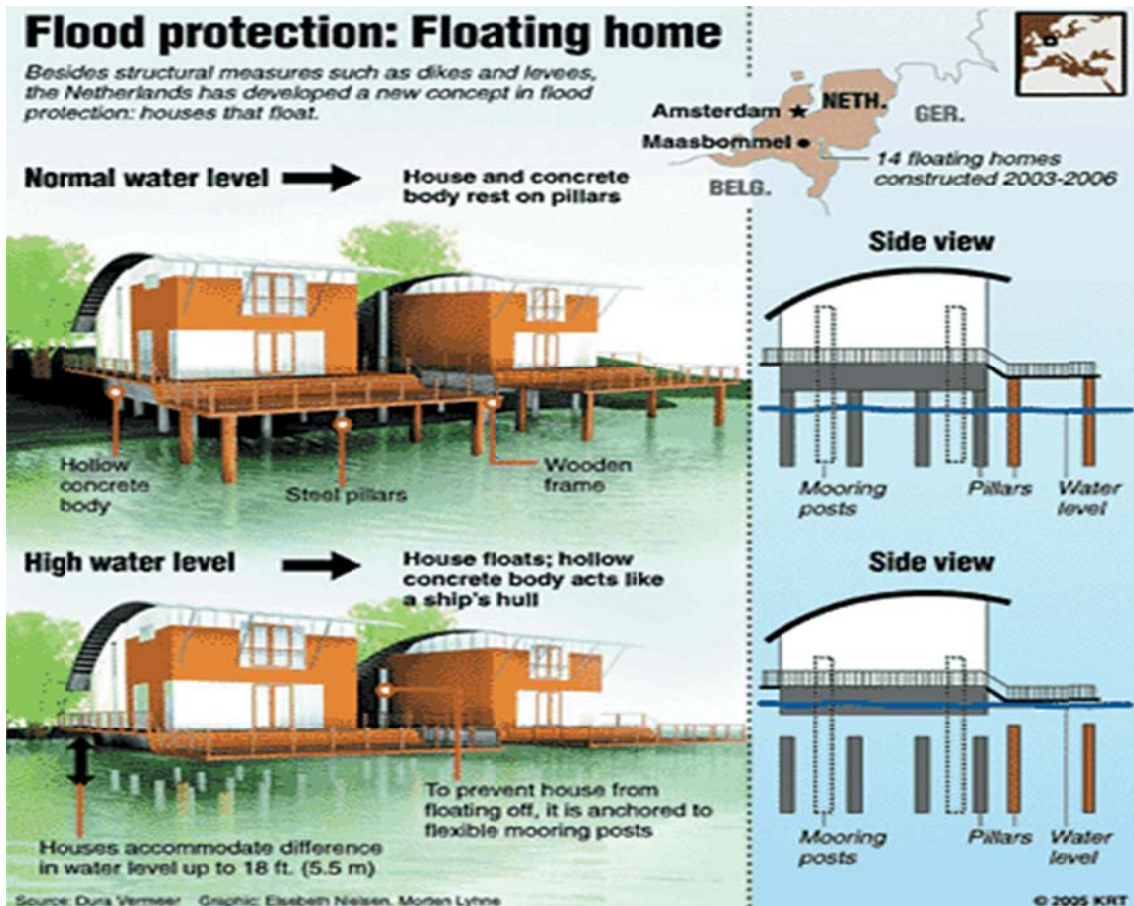


圖 2：兩樓建築 - 漂浮型

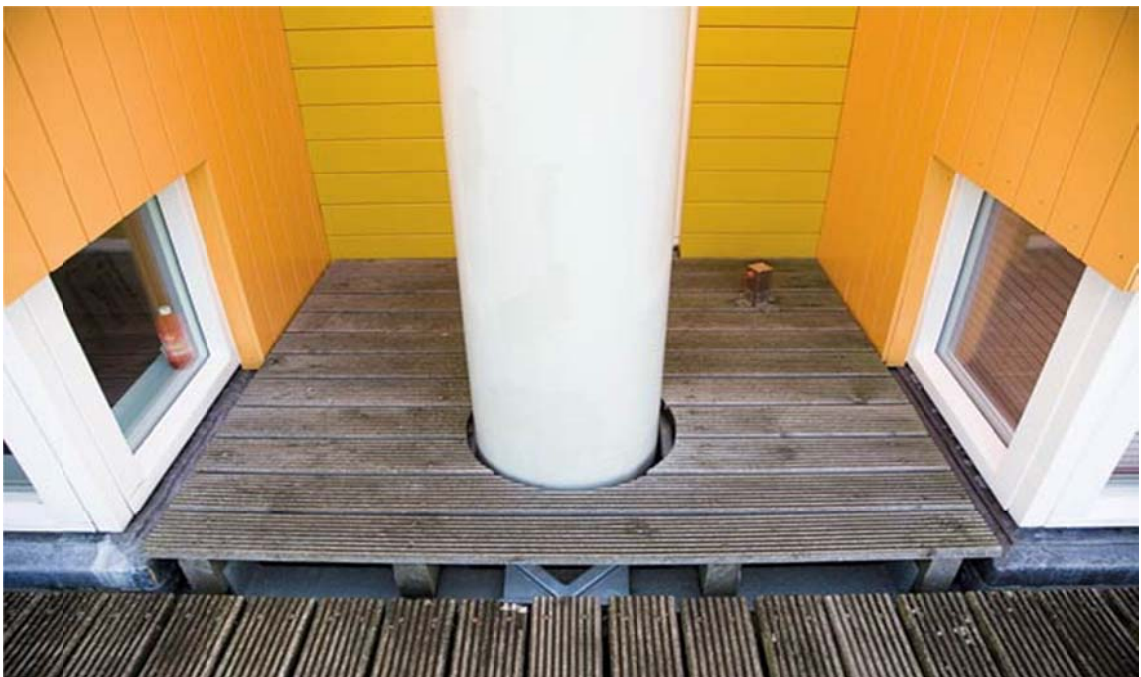


圖 3：漂浮型兩樓建築之固定方式

二、智慧綠能建築

兩棲建築的創新除了有效紓解人居空間與洪患風險之衝突，背後其實涵蓋了更廣泛的概念，即永續發展與環境融合的建築設計，國內外近年紛紛投入綠建築技術之研發，並利用資訊科技對居住空間進行環控，以更有效率地將節能省碳落實在建築與平日生活中。現今較普遍的綠建築研發科技可歸納出四大領域（參考圖 4~6）：

- **產能建築**：淨零能耗(net-zero-energy)的綠建築，不僅探討結構與能源循環上的使用效率，如今也出現能產生足夠電力，供應自我的能源需求外，甚至把多餘的能源回饋給電源網路之產能建築；除了太陽能和風力等常見產能方式，水上建築甚至能將『水』運用為建築系統一部份時，例如利用水溫調節室溫，節省的能源能達 25%，或抽海水在牆裡循環，可使漂浮屋內部的溫度從 50 度降到 30 度，節省大量能源使用。產能建築的另一重點在於能量產生後的貯藏與配給，透過科技監控的方式，在既有綠建築基礎上導入資通訊應用，發展「智慧型綠建築」，如光伏電池(photovoltaic cells)被發現不僅能用在屋頂上，也用於建築物的外觀，甚至在透明的窗戶和天窗上使用，並透過屋內資訊面板控制能源之輸出與貯藏。
- **空調設備**：建築物所流失的能量中，冷暖氣空調所消耗掉的便佔有半數，因此為綠建築彌補能源流失之研發焦點。空氣淨化技術是許多具有發展性的 HVAC 專利領域之一，已與其他技術結合，如類似地球大氣層所產生的紫外線及光反應化學。此類系統可使建築物利用其內部大量的空氣，並有助降低暖氣的費用。另外新興的合陽 (passive solar)及輻射加熱技術，係將溫暖、日照的空氣轉移建築物加熱之用，或在夏季的幾個月中，用以引進冷空氣以通風。此種合陽技術的設計用於許多綠色建築物上，包括在柏林的德國聯邦議院的大型玻璃穹頂。
- **隔絕材料**：建築物能量的流失以窗戶最為顯著，因此窗框材料、氣密性、玻璃抗紫外線程度等均是探討重點，而牆體的隔熱大多聚焦於絕緣材料的應用，將絕緣材料包夾至建材的連結板中使能量流失減少，或減少孔隙，例如絕熱水泥板牆 (insulating concrete forms, ICF)、結構性鑲嵌版 (Structural Insulated Panels, SIPs)、相變材料 (phase-change materials, PCMs) 等。
- **綠色照明**：一般照明於建築物總所消耗的能量中佔約 10% 至 30%，開發更有效率的照明技術不只能省能，也能延長照明使用壽命，例如一般 LED 大約消耗白熾燈泡十分之一的能量，並可維持至少 40 倍的時間。

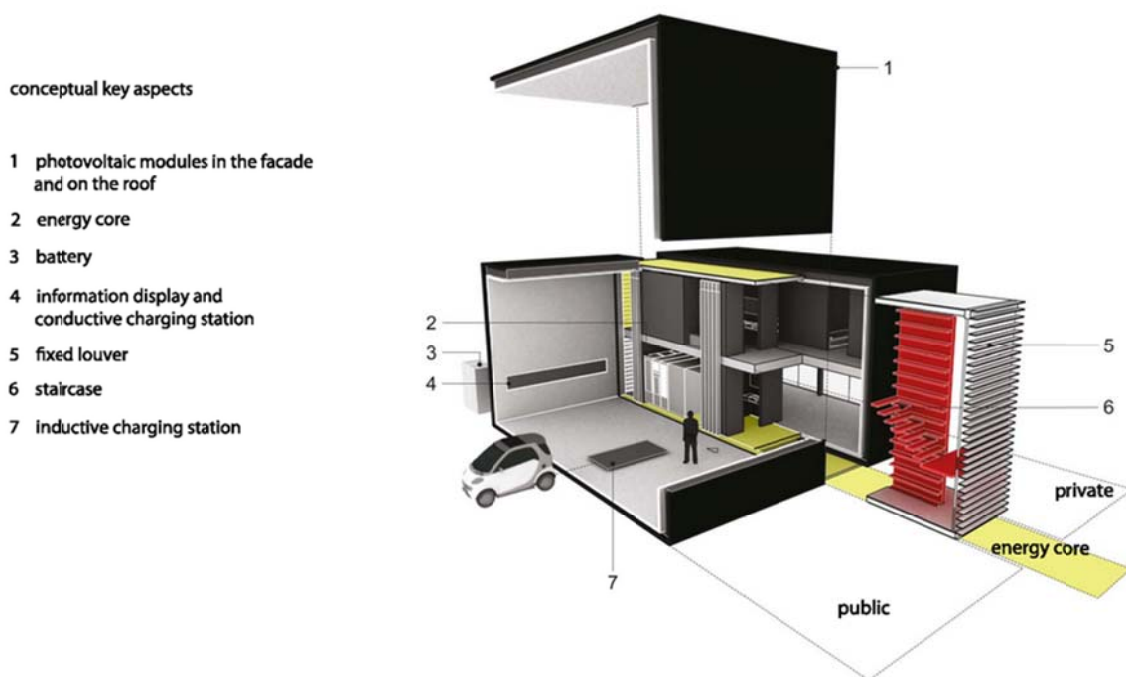


圖 4：德國的智慧綠能建築

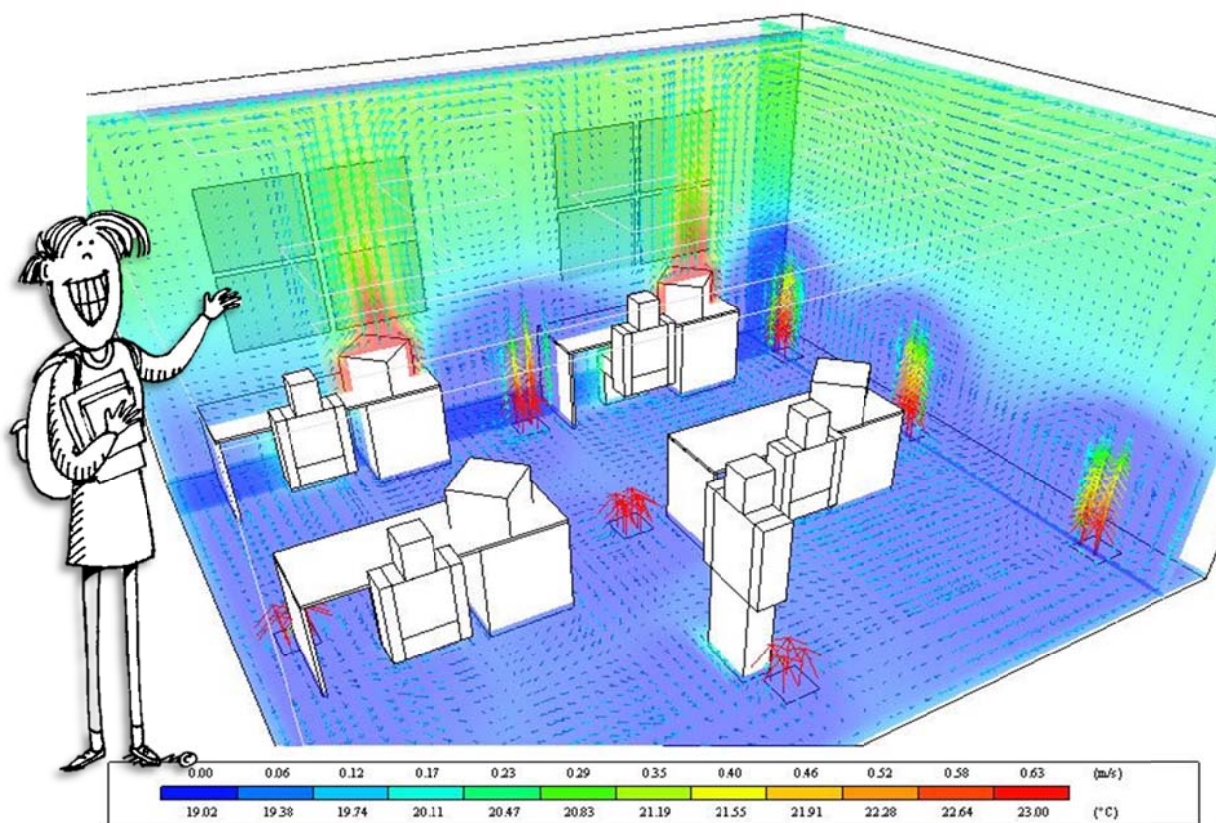


圖 5 : Ventilation Air Displacement



圖 6 : Radiance lux levels vertical

伍、實施成效及影響（量化及質化）

誠如前述，本「兩棲智慧綠能建築物理教學創新研究計畫」強調「先操作、後學習」的教學機制，充實學生實務案例分析與規劃能力；亦即讓學生在實際接觸課程之前，先讓學生有自行探索的機會，對理論性的知識瞭解會更加深入。「兩棲智慧綠能建築」為當今國際間因應氣候變遷的建築設計主流，涉及建築物理環境的創新設計。本計畫因此將該議題納入建築物理課程中，傳授學生與水共生的建築設計知識，提升建築物的減碳與調適能力，保障居民的生命安全與提升生活品質。

進言之，傳統建築物理課題包括室內舒適環境、外界氣候、熱傳、濕氣與結露、自然通風、自然採光、人工照明、建築音響材料，噪音及振動防制等，然因應氣候變遷衝擊，課程內容有必要透過教學創新，引導學生探究建築物理在兩棲建築、智慧建築、綠能建築上之應用價值。本計畫提出之教學創新課程，目的在引導學生從建築應用物理學之角度，以人體舒適度為指標，面對氣候變遷下海平面上升與極端降雨等淹水情境，釐清建築環境中所遭遇之通風、換氣、熱、光、音等物理性問題，並探討如何以兩棲智慧綠能建築的設計方法解決，滿足生活環境的需求。重點在系統的介紹與概念的建立，並探討創新建築科技之使用效率與經濟效益，以及介紹未來發展趨勢。

本計畫執行成果已讓學生深刻了解建築物理的目的與功能，以及建築設計者的角色。針對執行成效及影響，本教學說明課程品質、學習成效與評估方法如下：

- **課程品質**：透過上述互動式建築物理教學創新模式，課程品質已逐步從過去訴求資料與資訊傳遞的功能與需求，提升到應用與推廣的知識與智慧產出，相信可促進教學成效與相關產學合作；
- **學習成效**：學生已能從傳統以書本與投影片為主的單向學習方式，提升到以案例分析及應用軟體為輔的互動式建築物理學習模式，有助於改善學生學習成效，從而啟發對建築物理「學用合一」的企圖心；
- **評估方法**：本計畫執行成效及影響評估，係就前述課程品質及學習成在教學面向上之表現，以百分比方式進行持續性的綜合性評估，包括公開展示聽取各界意見。評估面向包括：界定基地範疇、規劃操作流程、說明基地環境、探究建築物理、模擬專業角色、交換設計想法（考量跨域學習、建築應用、設計專題），作為課程品質與學習成效量化評估依據（表 1）。

表 1：實施成效及影響

教學／評估面向	課程品質	學習成效
強調強調「先操作、後學習」的教學機制，搭配實務案例，豐富建築物理課程教學內容。	課程品質將從過去訴求資料與資訊傳遞的功能與需求，提升到應用與推廣的知識與智慧產出。	學生將從傳統以書本與投影片為主的單向學習方式，提升到以應用軟體為輔的互動式建築物理學習模式。
界定基地範疇	界定基地方法：提昇100%	研究議題明確度：提昇100%
規劃操作流程	規劃流程方法：提昇100%	操作流程可行性：提昇100%
說明基地環境	建立分析方法：提昇100%	基地環境說明性：提昇100%
探究建築物理	建立探究方法：提昇100%	探究能力全面性：提昇100%
模擬專業角色	模擬角色方法：提昇100%	專業角色詮釋度：提昇100%
交換設計想法	交換想法方法：提升100%	設計想法成熟度：提升100%

陸、結論

「兩棲智慧綠能建築」涉及建築物理環境的創新設計，本計畫因此將該議題納入建築物理課程中，傳授學生與水共生的建築設計知識，提升建築物的減碳與調適能力，保障居民的生命安全與提升生活品質。進言之，傳統建築物理課題包括室內舒適環境、外界氣候、熱傳、濕氣與結露、自然通風、自然採光、人工照明、建築音響材料，噪音及振動防制等，然因應氣候變遷衝擊，課程內容有必要透過教學創新，引導學生探究建築物理在兩棲建築、智慧建築、綠能建築上之應用價值。

另本計畫強調「先操作、後學習」的跨領域建築物理教學創新與互動機制，引導學生先進行兩棲建築、智慧建築、綠能建築之個案分析，搭配數位建築模型與能源分析工具等專題，充實學生建築物理知識，並嘗試應用到建築設計；亦即讓學生有自行探索的

機會，對理論性的知識瞭解會更加深入，包括安插與同學互動交流式的探索，引發學習熱忱，以及培養學生追究和解決問題等技巧；本計畫涉及創新的學習路徑、跨域學習、建築應用、設計專題，是學業表現能夠出色的關鍵要素。

柒、執行計畫活動照片（圖 7~10）



圖 7：學生使用筆記型電腦進行課堂練習



圖 8：學生使用筆記型電腦按步驟操作



圖 9：學生分組討論情形



圖 10：學生與老師（業師汪孟欣）交換設計想法

捌、附件

為能延續與擴大本計畫研究成果效應，本計畫特別製作建築物理分析軟體 Ecotect Analysis 入門講義，提供學生後續學習與複習參考（附件）。

Ecotect Analysis

入門講義

江益璋、汪孟欣、廖俊銘
1041 建築物理 / 中國文化大學建築及都市設計學系

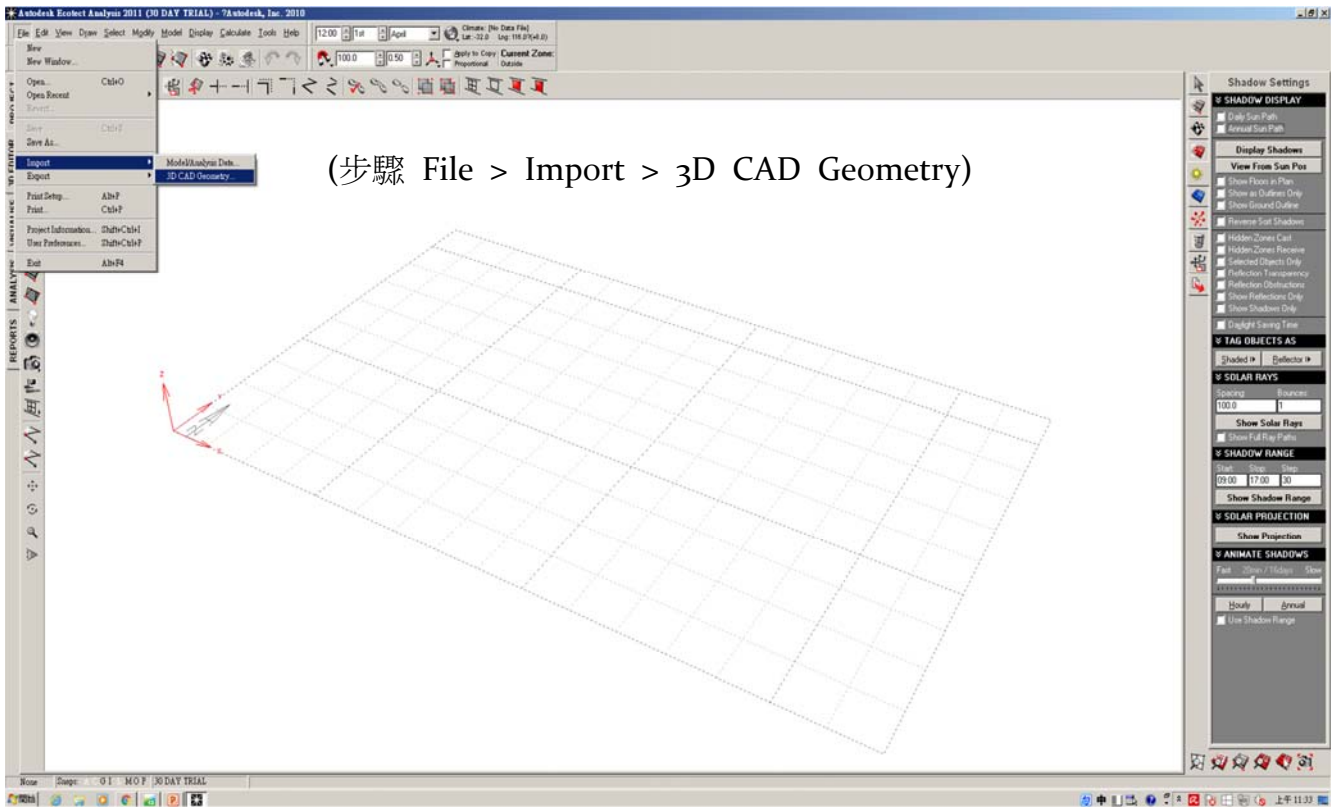
建立案件企劃

The screenshot displays the Ecotect Analysis 2011 software interface. The main window is titled 'Embedded Project Data' and contains a table with the following structure:

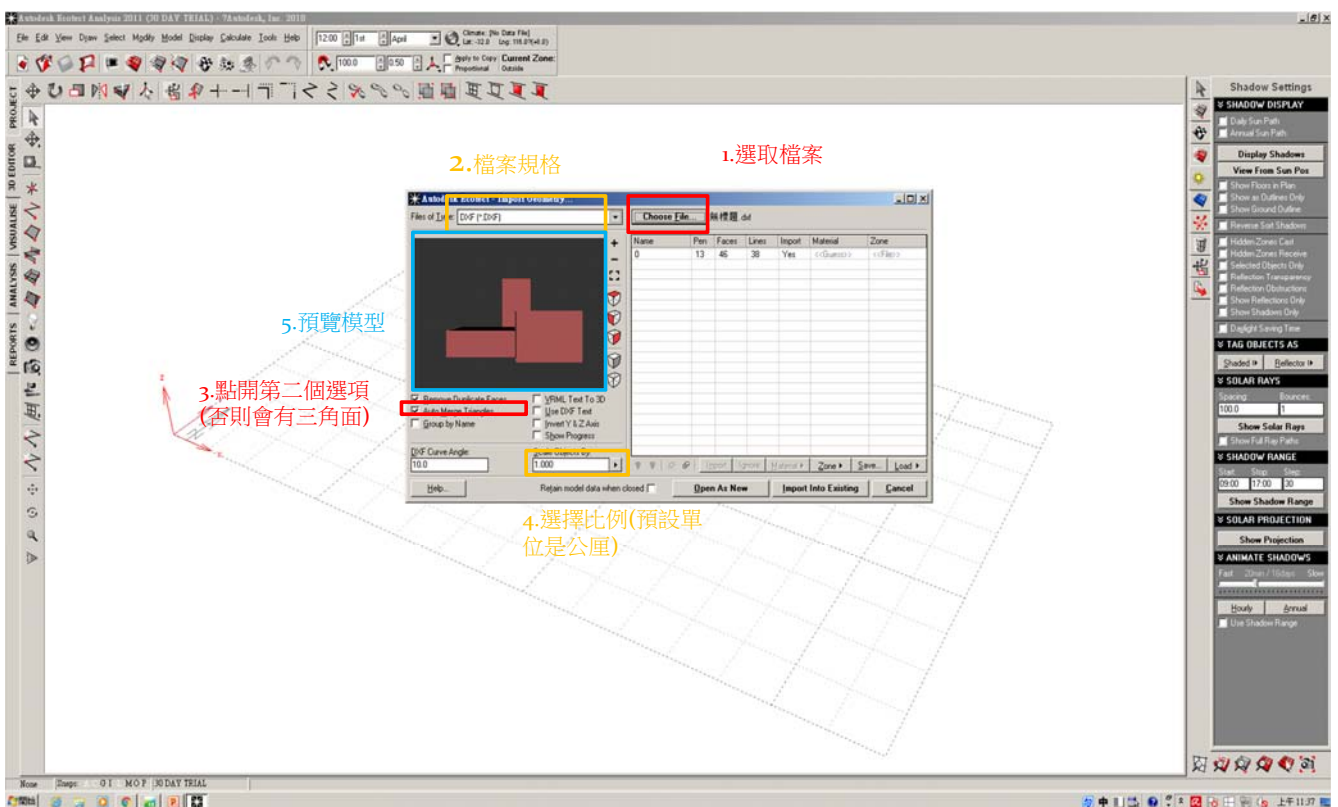
Parameter	Value
PROJECT	
Project Name	建築資料
Description	
JobReference	
ClientName	
BuildingType	
EXTERNAL_FILE_REFERENCES	
WeatherDataFile	
AutoRunScript	
Notes/Text	

The 'Value' column for the 'Project Name' row is highlighted with a red box and contains the text '建築資料'. Below the table, there is a 'Notes/Text' section. The right-hand side of the interface shows various settings panels, including 'Site Location' (Latitude: 32.0000, Longitude: 118.0000), 'Site Specifics' (North Offset: 0.0, Altitude: 0.0), and 'Selection Information' (Zones, BASIC DATA, SHADOW COLOURS, OUTSIDE CONDITIONS).

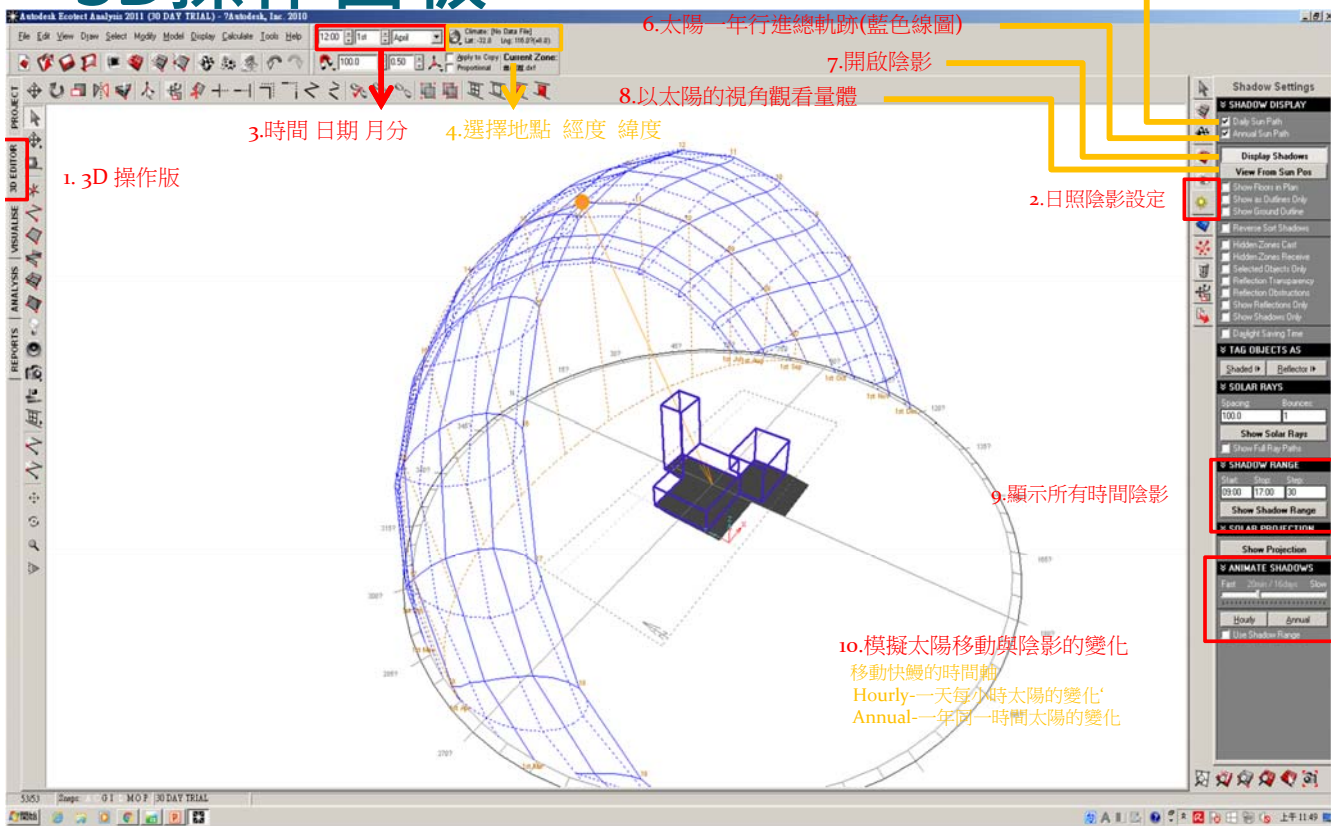
匯入檔案



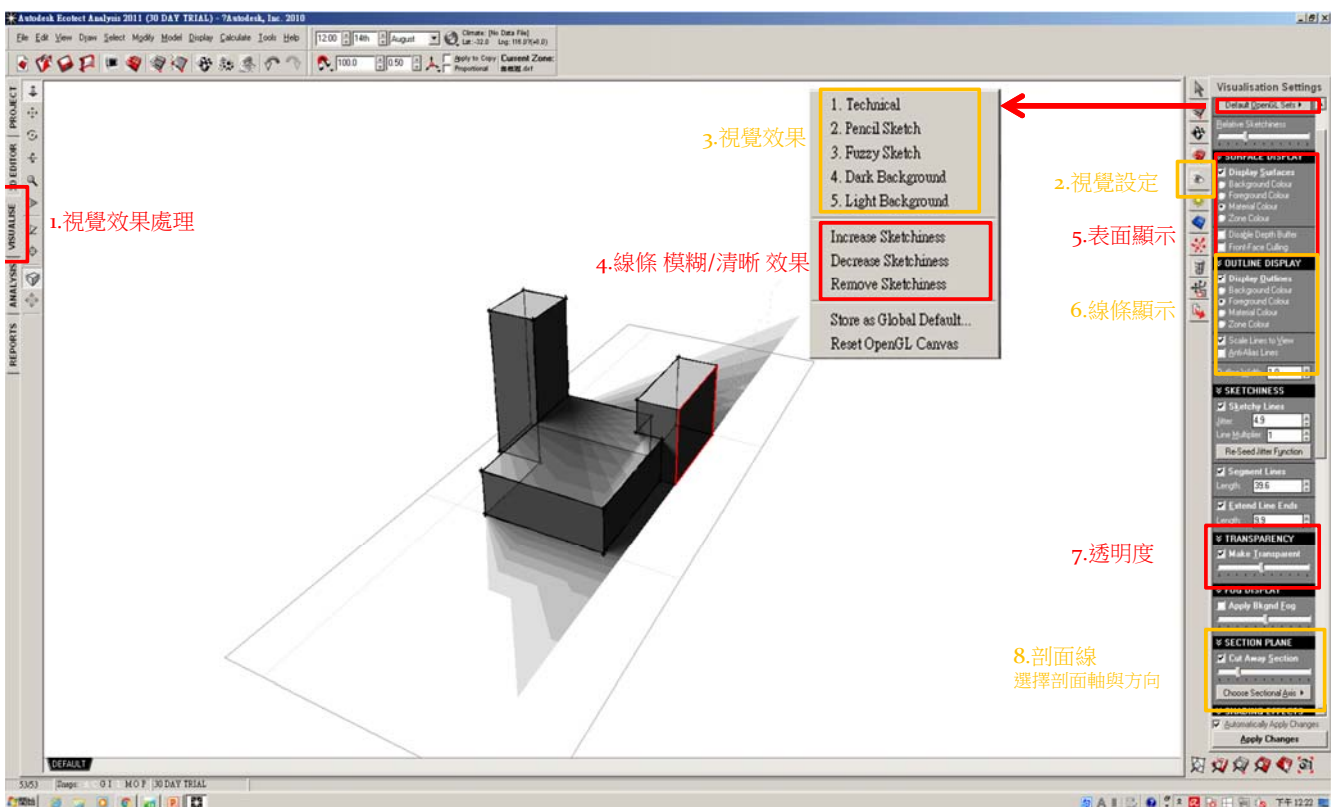
匯入檔案



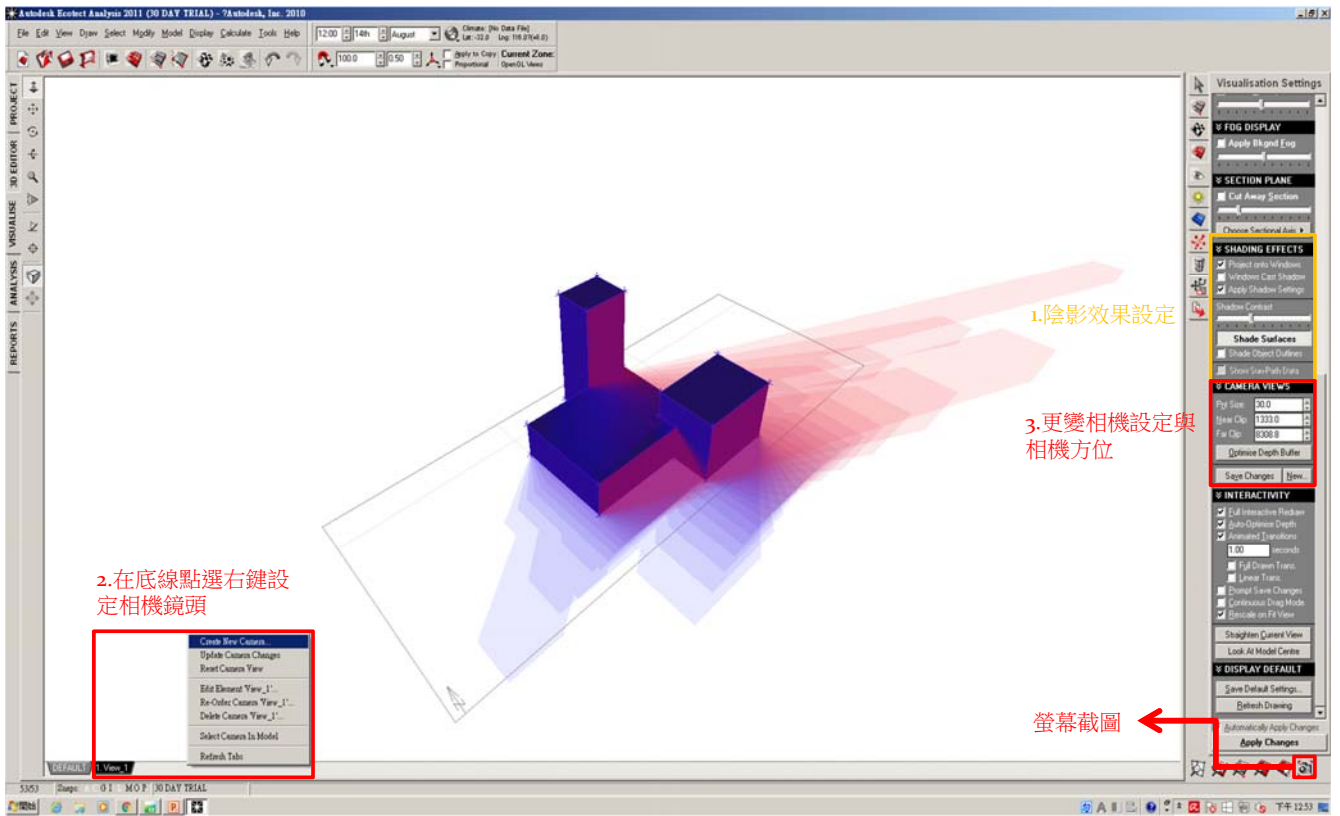
3D操作面板



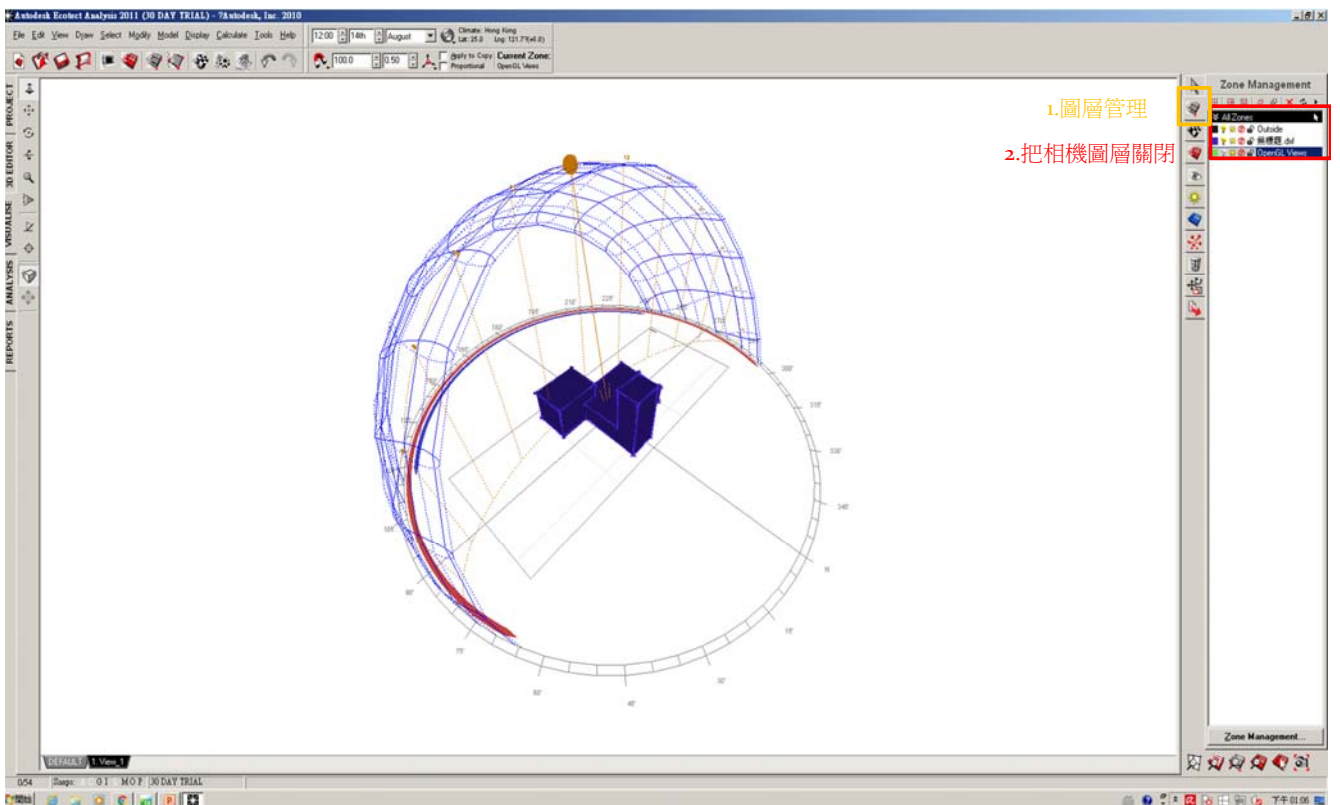
視覺效果



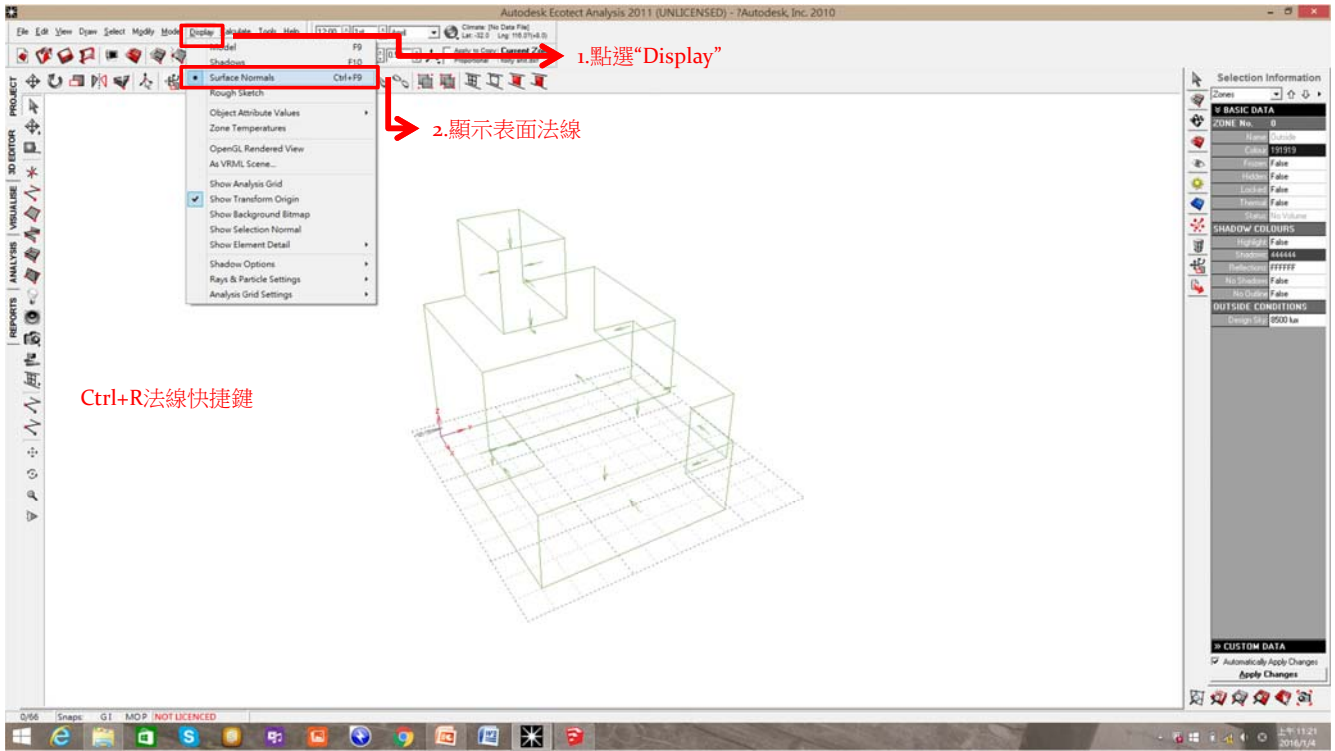
視覺效果



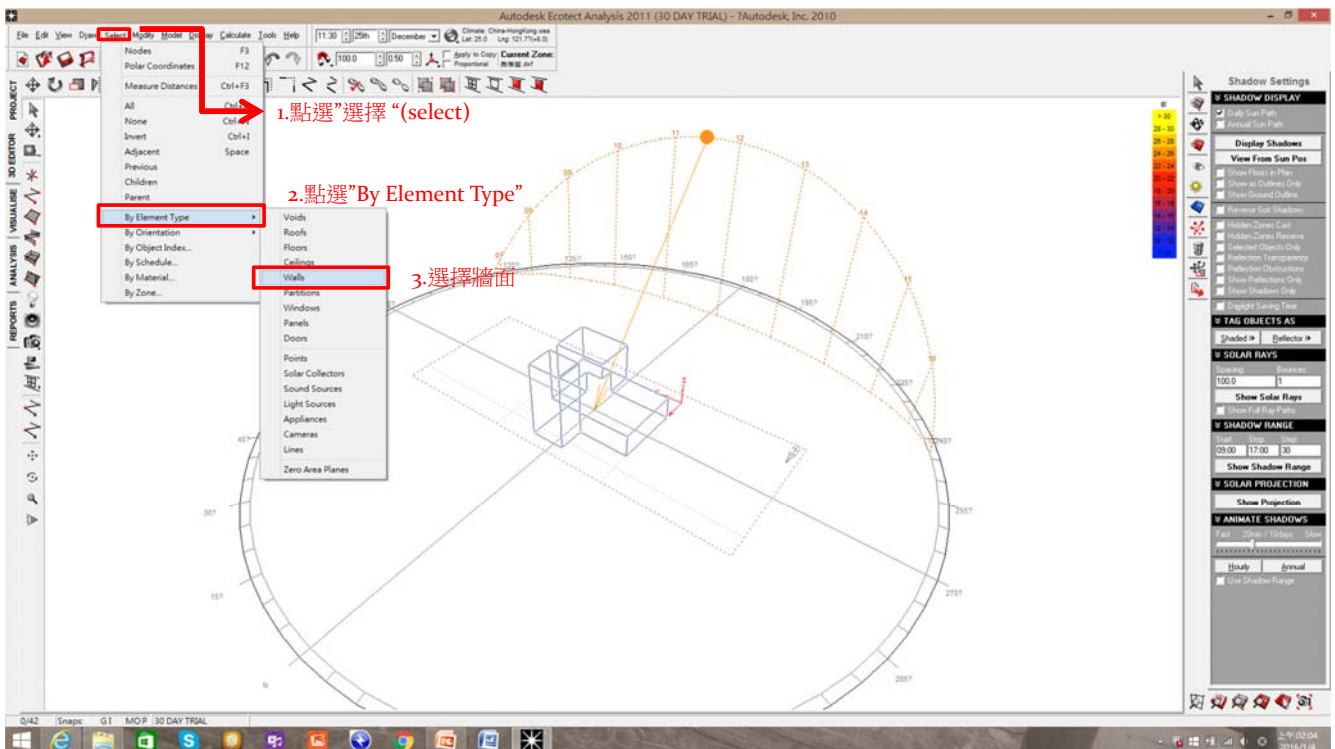
圖層的運用



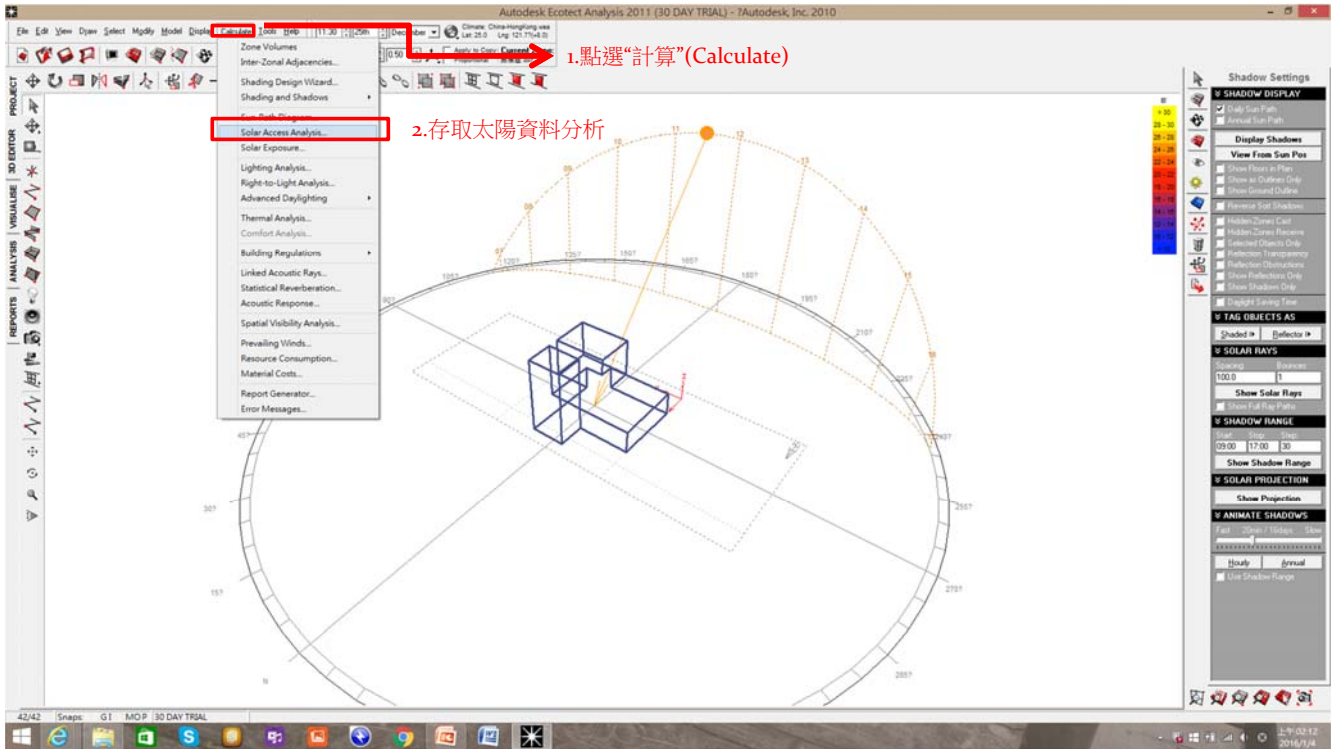
表面法線



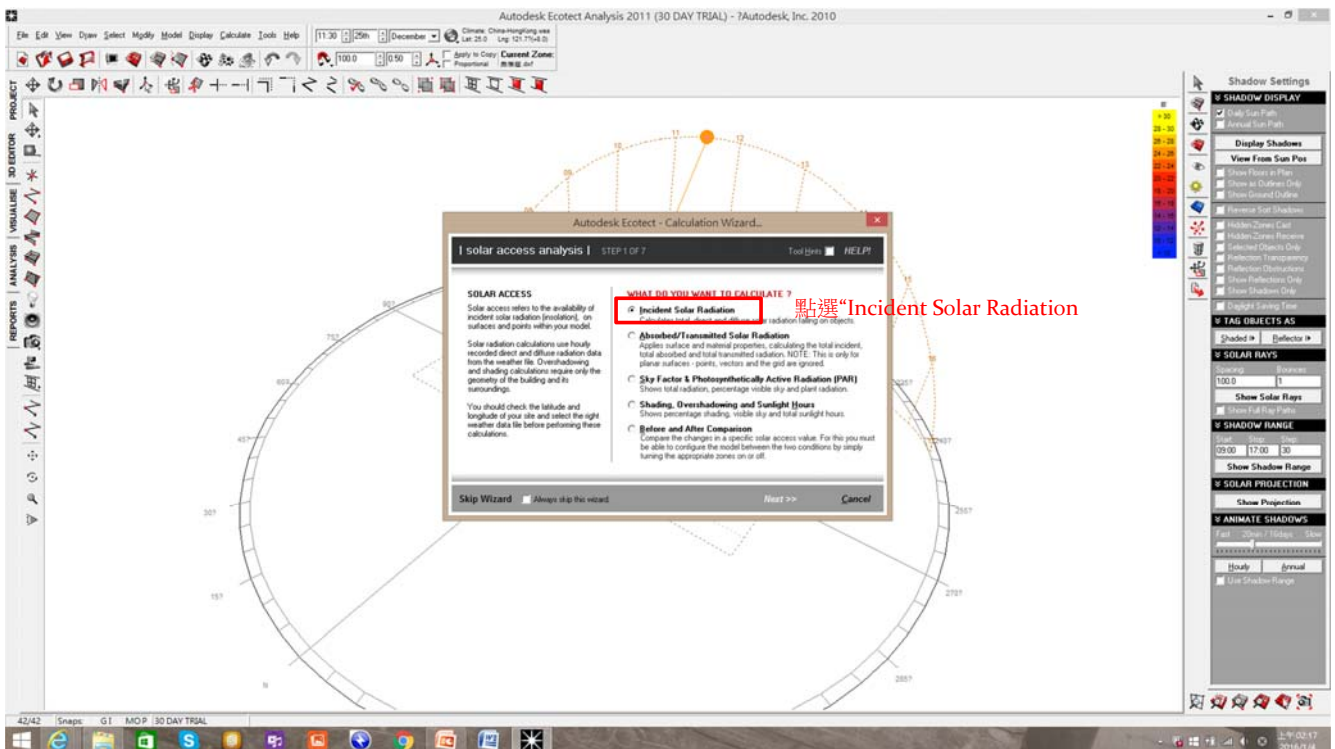
選擇計算輻射面



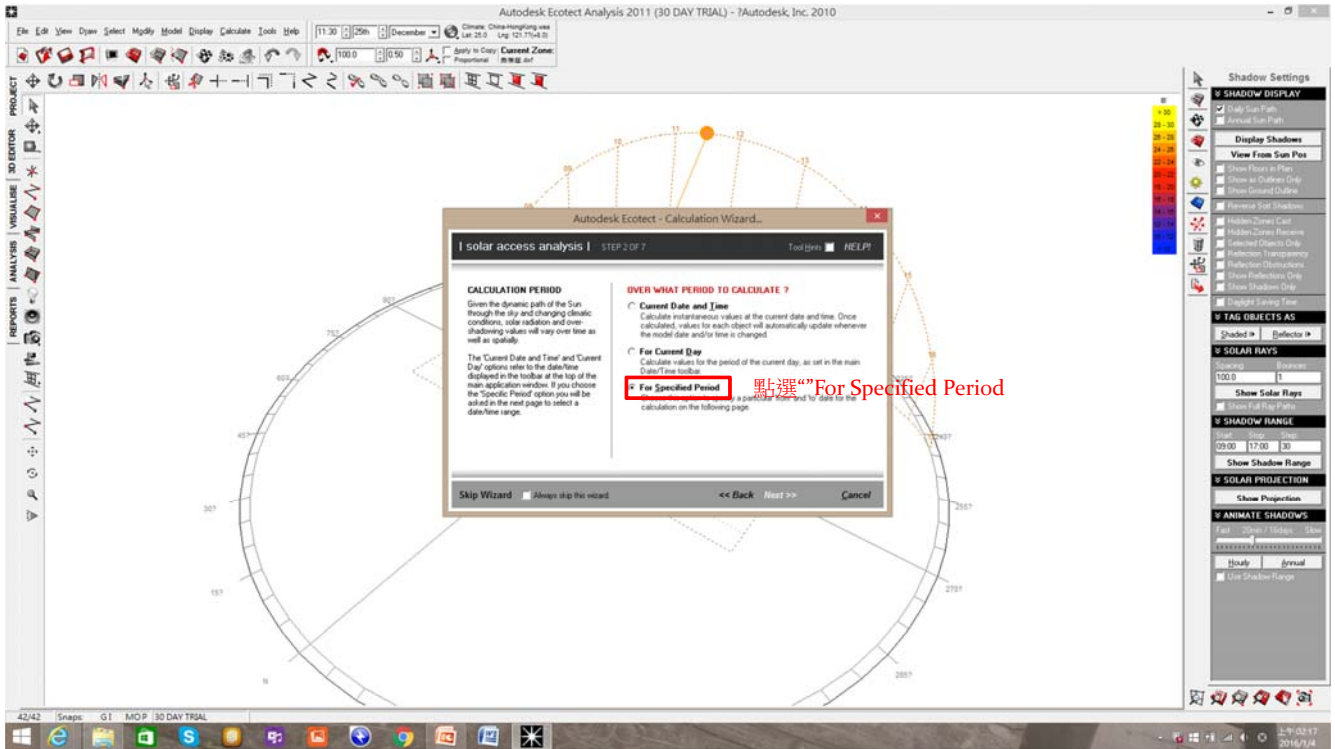
選取輻射計算工具



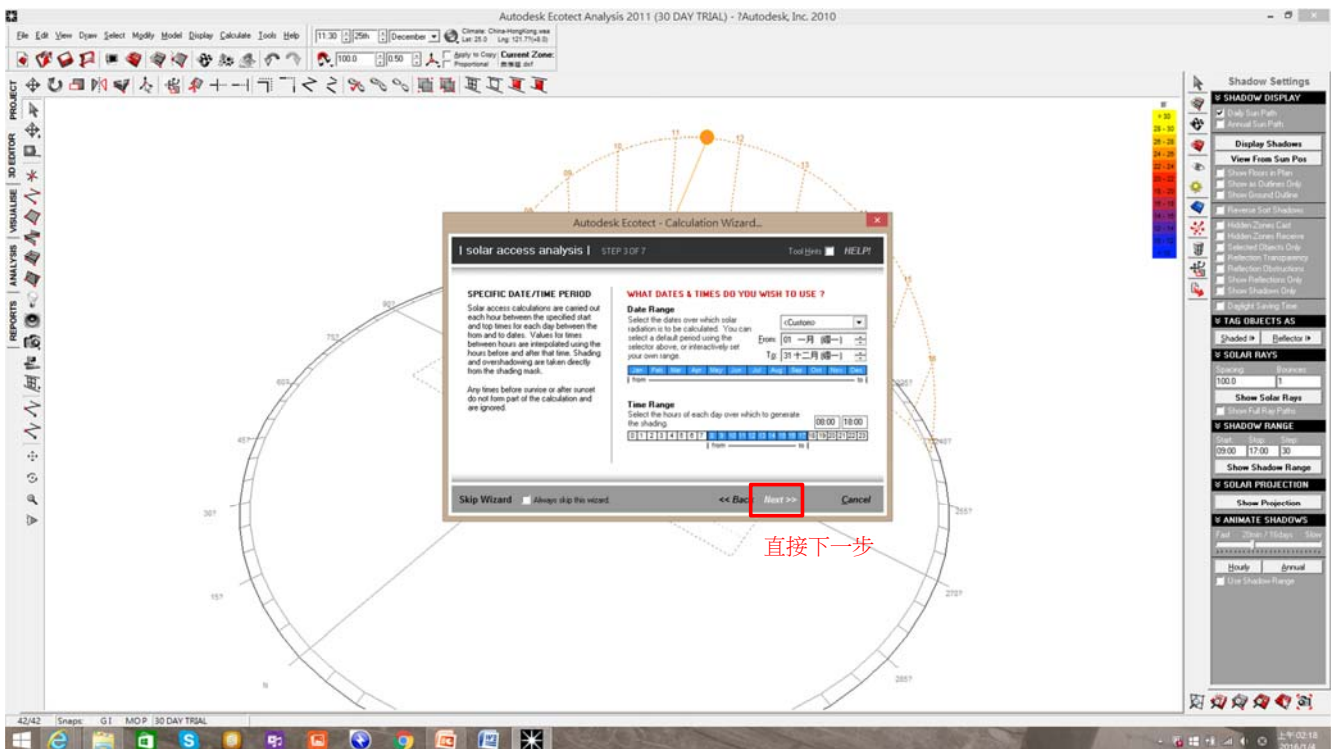
選擇項目(1)



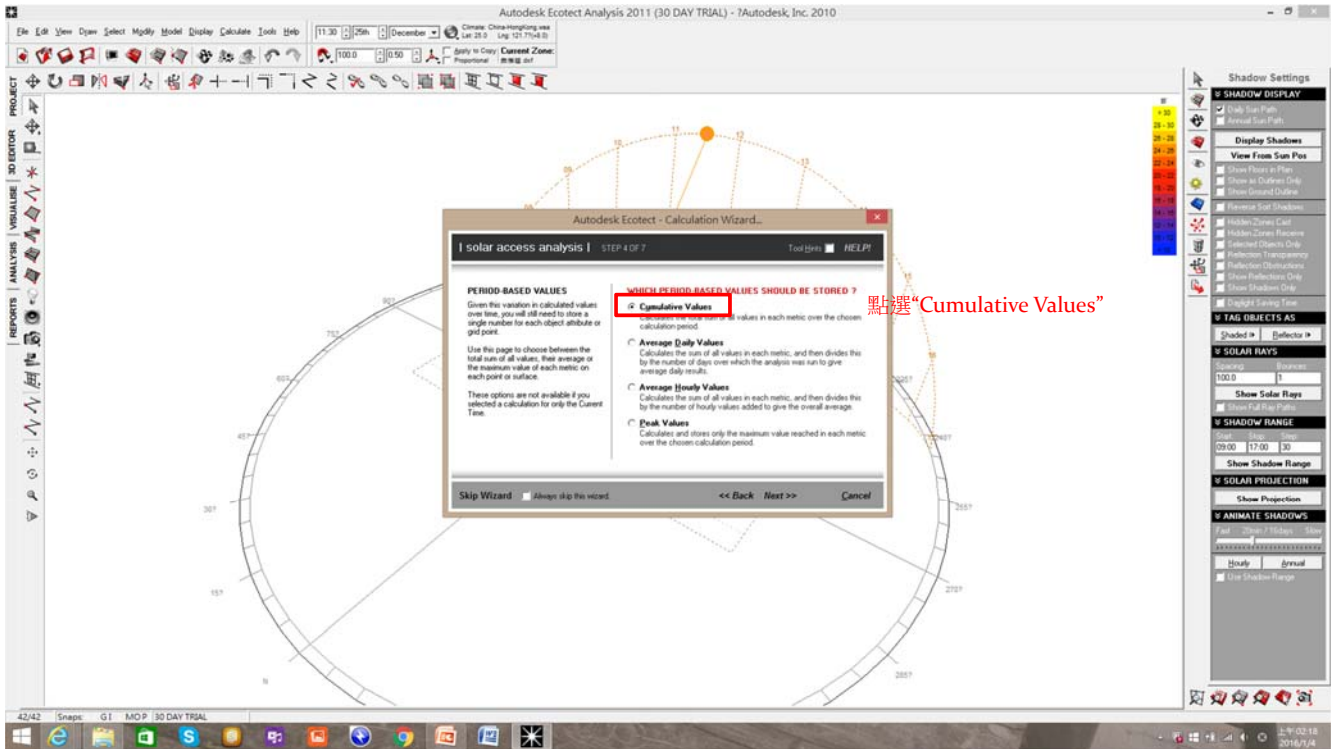
選擇項目(2)



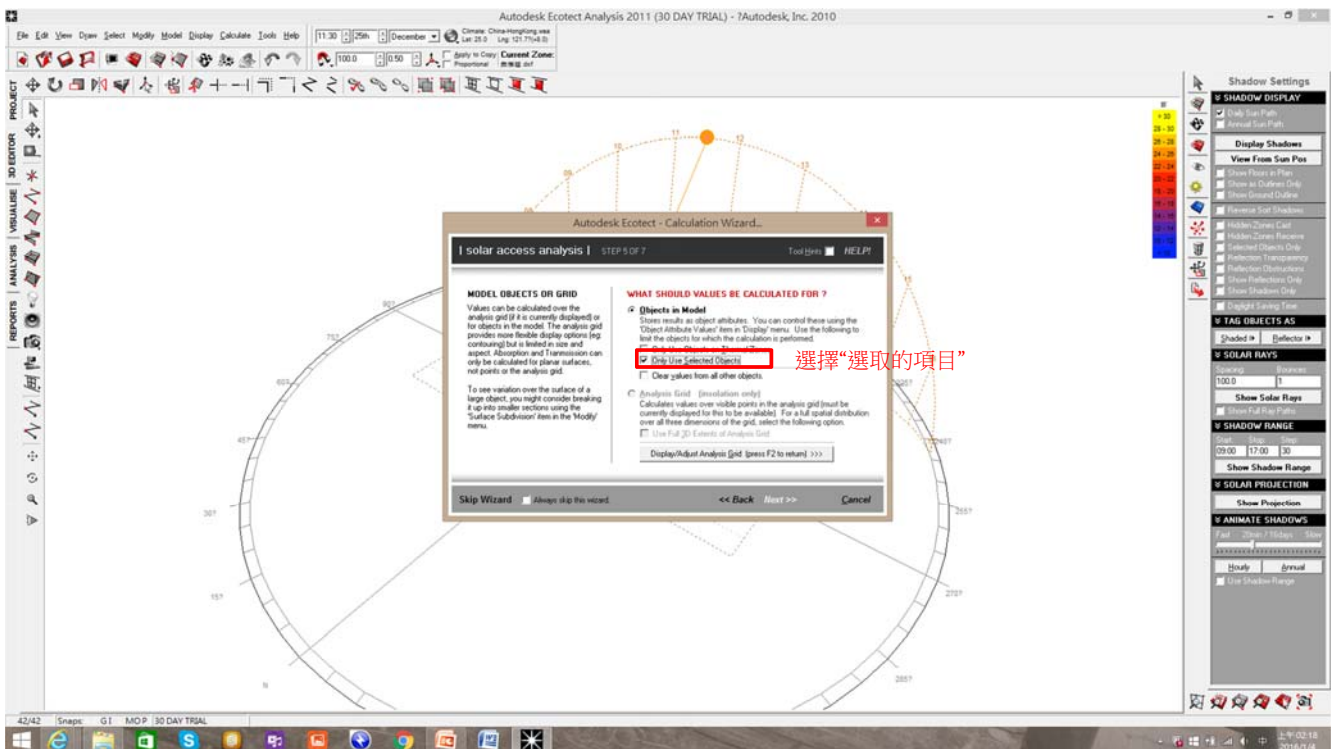
選擇項目(3)



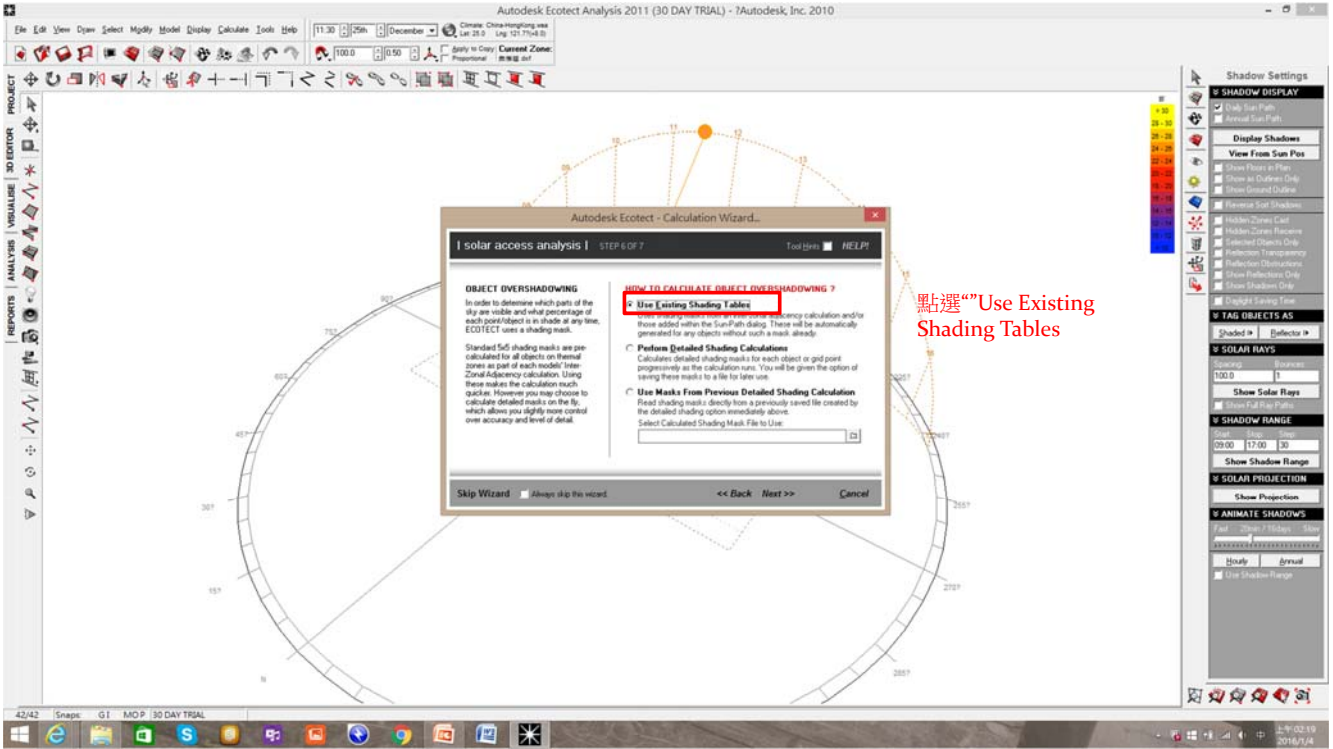
選擇項目(4)



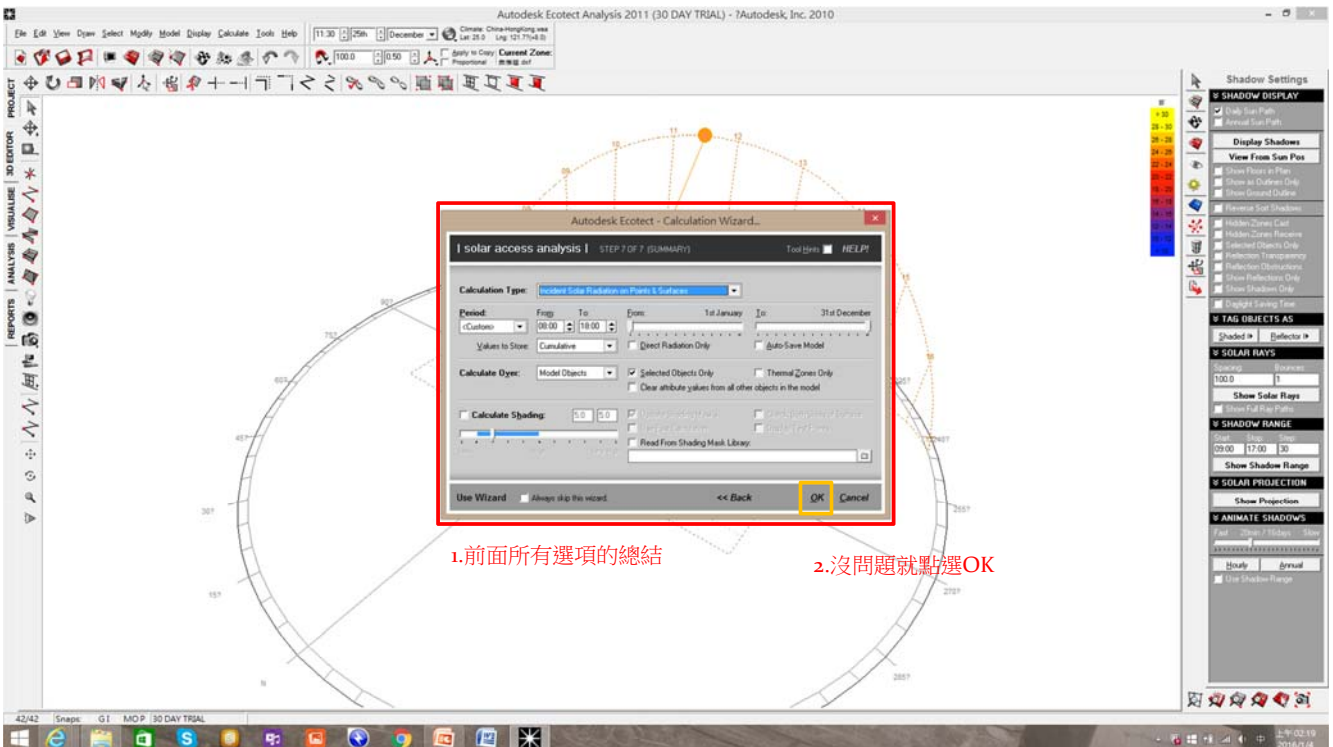
選擇項目(5)



選擇項目(6)



選擇項目(7)



計算出熱能輻射量

Autodesk Ecotect Analysis 2011 (30 DAY TRIAL) - Autodesk, Inc. 2010

OBJECT ATTRIBUTES
Total Radiation
Value Range: 153000.0 - 256000.0 W/m²

Selection Information

Color Legend (W/m²):

- 256000
- 240000
- 224000
- 208000
- 192000
- 176000
- 160000
- 144000
- 128000
- 112000
- 96000
- 80000
- 64000
- 48000
- 32000
- 16000
- 0

量體表面輻射量表

Selection Information

OBJECTS

OBJECTS	NAME
1	Wall
2	Back Timber Fram
3	Back Timber Fram
4	玻璃窗

GEOMETRY

GEOMETRY	NAME	Surface Area	Volume
1	Wall	0.602 m ²	0.000 m ³
2	Back Timber Fram	0.000 m ²	0.000 m ³

EXTRUSION VECTOR

EXTRUSION VECTOR	Scale	X Axis	Z Axis
1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0

ATTRIBUTES

ATTRIBUTES	Value
Area	2.2521e+06
Volume	0.00700
Perimeter	1.79132e+06

ACTIVATION

ACTIVATION	Value
Area On	0.00
Time On	24.00

ORIENTATION

ORIENTATION	Value
Area	<<Value>>
Volume	<<Value>>

MODELLING FLAGS

MODELLING FLAGS	Value
Clipped	True
Traced	True
Extruded	False
Recessed	False
Visible	False
Hidden	False

SHADOW FLAGS

SHADOW FLAGS	Value
Shadowed	False
Hidden	False

ANALYSIS FLAGS

ANALYSIS FLAGS	Value
Flag Substituted	False

CUSTOM DATA

Automatically Apply Changes

Apply Changes