

專題素養導向之工程倫理教學行動研究

許藝菊

南臺科技大學機械工程系

yichu@stust.edu.tw

摘要

實務專題是很多科系學院最後的綜整課程，讓學生從開始發現問題到最後展示報告，歷經完整的自主學習。然而大學課程多是以老師對學生的單方向知識或技能傳授為主，沒有給予學生專題素養培訓的情況，最後一哩路的實務專題學習，學生常常難以完成任務。本文使用行動研究法，目的是探討專題素養於單一課程培力之可行性，分為兩個學期進行，108-1 學期進行「專題領導合作與敘事力」課程，以五位機械系老師與四位非機械專長的跨領域合作，針對機械實務專題的現況做探討；108-2 學期延續該研究成果，進行「工程·倫理與社會」課程實踐，研究樣本人數 43 位：4 位女性、39 位男性，探究在現行體制下賦能學生實務專題素養教學之可行性，包括實踐專題素養（創意、團隊合作、溝通、批判性思考、自主行動）相對應之教學活動與課程評量、並探究課程以能源議題為專業內涵之目標是否達到等。結果顯示，以提問式與專題式教學，在課程目標的能源議題認知與情意層面皆有提升。實務專題的本質即為素養導向，協助頂石位階的實務專題課程成功，就是大學四年教育目標的達成。

關鍵詞：團隊合作、自主行動、能源議題、實務專題

The Senior Project Competency Oriented Action Research on Engineering Ethics Courses

Hsu, Yi-Chu

Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University of Science and Technology

Abstract

The senior project is the final comprehensive course of many departments, allowing college students to complete their self-study from the beginning of problem identification to the final presentation of the report. However, college courses are mostly teacher-centered, without providing students with the training of project-competency, so students often find the challenge of their senior project insurmountable. This is action research with a goal to explore the feasibility of project-competency in a single course, divided into two semesters. First, "Senior Project-Leadership, Collaboration and Narrative" course was on the agenda in 108-1 semester to explore the current situation of the senior project for students of mechanical engineering. Five mechanical and four non-mechanical engineering professors were involved in this cross-disciplinary cooperation together. In the 108-2 semester, as the research continued, project competency training focused on "Engineering· Ethics and Society" course practice to explore the feasibility of empowering students with project-oriented competency teaching. The competency as such includes creativity, collaboration, communication, criticality thinking and spontaneity. The study sample consisted of 43 students: 4 females and 39 males. The results showed that the cognitive and affective aspects of the course objectives were enhanced through the use of

Received: Aug. 18, 2020; first revised: Dec. 25, 2020; second revised: Feb. 24, 2021; accepted: Mar., 2021.

Corresponding author: Y.C. Hsu, Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University of Science and Technology, 710301 Tainan, Taiwan.

question-based and topic-based teaching. As the essence of the “Senior Undergraduate Project” is competency-oriented, the success of this capstone course is a fulfillment in higher education.

Keywords: Collaboration, Spontaneity, Energy Issue, Senior Project

壹、前言

傳統教育以專業科目導向、一技之長為重，而到了知識過剩、假新聞充斥、人人可以是網紅的科技年代，最不需要的就是給學生更多的知識。無限的資訊已經塞爆學生、惶惶然、無所適從。21世紀學子需要的是理解資訊、判斷真假、做選擇，並將多如牛毛的片段資訊，整合出有意義的知識，在自己生命實踐。換言之，有意義的知識比以往更重要，由主動學習構建，無法是被動填鴨而來的。

據此，教育體制的轉變正在世界各地發生，包括芬蘭 2016 年的新課程綱要，強調養成對未來負責等跨學科的教育實踐新模式（陳雅惠、賓靜蓀，2015；王雅玲、詹寶菁，2017）。而國際經濟合作組織（OECD，2016）提出 2030 未來教育學習，目的在幫助教育系統確定學生成長並塑造未來所需的知識、技能、態度和價值觀，強調從傳統專業知能學習轉化成統整性的素養（competencies）教育（王智弘，2019）。美國國家教育學會（National Education Association, [NEA]）則在 2018 年出版的“Preparing 21st Century Students for a Global Society”推薦 4C 素養能力：批判性思維（critical thinking）、溝通（communication）、團隊合作（collaboration）與創造力（creativity）（NEA, 2018; Kivunja, 2015）。

此種建構知識立基於素養能力。素養教育是結合知識、能力與態度，培養自我調整、持續學習、解決問題等，面對未來可以持續的自我改變的能力。依此台灣跟隨國際趨勢的發展，針對態度、技能與知識的內涵指標，自發、互動與共好的三個面向，108 年 8 月「十二年國民基本教育課程綱要總綱」（又稱「108 課綱」）正式上路，訂下三面九項的核心素養目標。

素養是一個整體的概念，不等於技能，是一種能成功地完成複雜任務的綜合性能力、學生就業力指標的重要參數。也由於其複雜性，需要跨域綜整式的學習，難以單一科目作客觀評估，然而不易評估的素養能力卻可以協助不同專業知識與技能的學習。而多數高等教育課堂賦予專業知識與技能學習的責任，少以素養學習為主軸作深入的學習與評量，因此，素養常被當作隱含數，只要知識與技能符合標準，不會去評量學生的素養是否達標。其實知識、技能、情意三個專業學科的基本面向與學生的素養能力密不可分，若隱藏的素養能力提升，也會強化學生知識與技能等可實質應用的外顯能力；若忽略了，即使取得考試高分，考試作答能力難以遷移到實際生活環境的應用。相對的，素養教學強調是可遷移的、帶得走的、解決真實問題的能力，而素養導向課程不僅可以深化學科知識的理解，也能產生學習遷移，讓學生從不同視角理解世界的多元與變化，應對未來挑戰。

因此 108 課綱所實施 12 年國教的素養教學，到了大學仍然重要，只是換了形式，且應該走到更深入、切合社會人才的需求，但目前關於素養教學在大學課堂實踐的文獻發表相對較少，且囿於通識課程或教育領域。在此背景下，筆者就任職的私立科大機械系，如何實踐素養導向的教學研究，作為本文之緣起。

就筆者就職的機械系而言，以最後三下、四上連續一年的必修課程「機械實務專題」，作為串連四年學習的核心課程，因此被稱為頂石課程（capstone）。頂石在建築上是最頂端的最後一塊石頭，當放上這塊石頭，表示工程完成。引申至高等教育脈絡，頂石課程為大學教育最後、最顛峰的學習經驗，使學生能夠統整與深化大學所學，讓學習穩固完成（邱于真，2014）。藉由各組指導教師一年的學習觀察與互動，依學生學習狀況與表現給予客觀性的評量，將四年所學綜整在一門一年的課程，做整體性的總結評量。該課程以解決實際工程問題出發，除了需運用工程知識、執行實驗以及分析與解釋數據外，尚需與團隊合作、溝通整合，確實表現學生的各項能力，基本上即是在機械系眾多專業課程中，極少

數的一門素養導向課程。因此，在綜合其一門課成功即代表四年課程完備的重要性，與其課程特質即已是素養課程的狀況下，筆者以之為出發點，進行機械系素養導向課程的探究。

實務專題課程目標讓專題學生從發現問題、資料搜尋與彙整、構思解決方案、成品製造到展示報告，完成系列的自主行動學習歷程。只是每年都有專題生找筆者要做專題，但是能力不足以完成此學習歷程，而專題老師又無力協助，包括不知道問題是在哪？怎麼協助？大學課程是以專業知識導向，在沒有其他課程配套或前行訓練，最後一年的頂石課程常常難以完全翻轉過去以老師為主的課堂學習模式，而讓學生自主承擔整年的學習歷程。包括訪談的學生自述，大部分專題生無法實踐如此的過程，雖然學生表示想要自主地完成整套程序，但需要更多的協助，換言之，不能等到開始做專題才開始培力，而需要提早開始。

依此需求，本課程研究目標是探討專題素養提早於其他單一課程培力之可行性，研究計畫分為兩個學期進行，如圖 1 所示，在「機械實務專題」的需求下，108-1 學期 進行「專題領導合作與敘事力」課程，以五位機械系老師與四位非機械專長的跨領域合作，針對機械實務專題的施行現況做研究前行之探討，本文稱為前行研究。另外在第二學期（108-2 學期）進行的「工程·倫理與社會」教學實踐研究，整體歷程與對應問題包括：

- 一、108-1 學期探究本系實務專題現況，從教師面看實踐專題的困境為何？
- 二、108-1 學期探究實務專題與核心素養的關係，頂石課程的實務專題需要那些素養能力？
- 三、108-2 學期課程實踐：綜合上述成果將素養能力與「工程·倫理與社會」課程活動與評量做結合，探究專題素養在「工程·倫理與社會」課程的發展狀況？
- 四、108-2 學期課程成就分析：培力素養的「工程·倫理與社會」，其課程目標「能源議題」的專業知能是否也有進步？

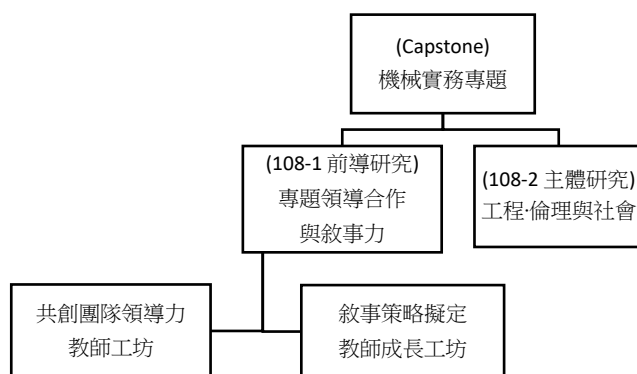


圖 1 教學實踐研究時間歷程與對應之課程與工坊關聯圖

貳、文獻探討

促進工程師的專業養成，美國（Haws, 2001; Hess & Fore, 2017）和全球（Zandvoort, Van De Poel & Brummen, 2010）專家指出道德教育的重要性。為確保道德規範是工程課程的核心組成，美國工程技術認證委員會（ABET, Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc., 2000）指明大學畢業生應該“理解專業和道德責任”。隨著 ABET 在 2017-2018 的修正，將道德規範擴展到：必須考慮工程解決方案在全球、經濟、環境和社會背景下的不同影響，而能在工程領域以道德和職業責任的能力做出明智的判斷（ABET, n.d.）。依此目標，沒有以素養為導向的工程倫理課程，無法達到以實際行為履行未來工程師責任的課程目的。以下以素養導向教學（competency based instruction）與本研究目標的實務專題導向教學（senior-project based instruction）做文獻之回顧。

一、素養導向教學

臺灣施行〈十二年國民基本教育課程綱要總綱〉，讓 108 學年度入學的小一、國一、高一學生，以素養導向的教育目標，全面適用新的課本、教學、大學入學方式（國家教育研究院課程及教學研究中心，2015）。國家教育研究院（2014）將「核心素養」定義為：一個人為適應現在生活及面對未來挑戰，所應具備的知識、能力與態度，不宜以學科知識及技能為限，應關注學習與生活的結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展。順應此改革，出現大量素養導向的資訊，包括教學與評量相關之研究與文獻（羅寶鳳，2017；陳珮英，2018；張瑞雄，2019）。

順應 108 課綱從國小、中、高中的改變，十二年國民基本教育課程發展統合下一步的高等教育課程，該是如何發展？高教端該如何延續學子的素養學習？大學的素養教學，新的計畫很多是以跨領域方式做嘗試。包括在教育部的挹注下，從民國 96 年訂定《教育部補助大學校院辦理跨領域學位學程及學分學程要點》，98 學年度起補助各大學院校進行跨領域的學位或學分學程之設立，107 年度為打破高教人才培育之同一性，落實學用合一，再併入「高教深耕計畫」（教育部，2014）。

然而學術高度專門化與學科區隔的特質，導致高等教育推動跨領域學習的加倍困難（張嘉育、林肇基，2019）。過程中老師與學生之間的調適，從學校行政系統的支持到老師對新教材開發等細節，仍需要相當心力的付出，即使是美國的大學，在推動跨領域教學是否能如期推行並達到成效，也與該校的教師評鑑或獎勵制度有關（Holley, 2009）。

李佳容（2020）從高等教育的設計理念與系所規劃角度，探討在跨領域教學實施時，學校、系所、教師、學生可能會遇到的挑戰，並彙整出實踐跨領域學習之最佳方案，包括：統整以學生為中心的教學方法，問題（或主題）導向的學習、透過學習者的跨領域學習經驗形塑課程設計、統整「總整課程」（capstone project）或資深人員之檔案建立、善用「獨立學習」、實習與實驗學習等可採用的實踐方案。並且說明多學科、跨學科、超學科等「跨領域學習模式」的定義與關聯性。

Davies & Devlin（2010）提出跨領域素養導向課程若要真正「達標」，其中一個重要前提即為，學習者本身必須擁有足夠專業知識或技能，方能在著重「應用與創新」的跨領域課程中，發揮所學。張嘉育、林肇基（2019）認為先備的專業知識，是跨領域學習的基礎，學生要能夠進行跨領域的學習，「專業背景」完備很重要，若「抓不到」學科的基礎概念，更遑論運用該學科之專業知識進行討論與統合。

然而那些素養對於工程專業的實踐是最重要呢？Passow 整理 1992 到 2007 的文獻資料，分析來自 10 個不同領域的 5972 位工程師發現有 6 個重要項目，依序是：問題解決與溝通、倫理、終生學習、實驗、團隊、工程工具和設計（Passow, 2007）。十年之後，同樣問題再度被研究，1990 到 2012 年間 8,232 報告內容分析的成果顯示團隊合作、終生學習、倫理、設計實驗、問題解決等再度上榜（Passow & Passow, 2017）。

由於工程認證對於全球性素養導向教育的回應，因此從工程實務角度出發，探究整體工程教育需要那些素養的研究有相當地豐富，但是單一工程學院課程回應素養教育的學術研究卻不多見。而 108 課綱對高中職的教學現場已經造成相當的擾動，尤其是第一線的教師。品學堂創辦人黃國珍指出，素養教育的最直接衝擊到的是老師，不是學生。光靠教科書很難教出素養，老師本身的素養才是最大的關鍵，也可能成為學生學習的天花板（王惠英，2018）。而對於大學端也即將面對衝擊，在幾年後這群接受新課綱的學生，將全面進到高教系統，對於一身專業、卻沒有教育學程背景的大學老師們是否準備好，仍是實驗中的教育進行式。

二、實務專題導向教學

目前各大專院普遍的實務專題課程，最早開始就是在機械系：ME310。1969 年史丹佛大學開始建立將實際工作的挑戰帶入教室，在一整年的團隊合作中，學生要完成原型和測試他們的設計概念，最終創建完整的概念驗證系統，展示想法，包括機械功能、可用性、可取性和社會影響的探討（Carleton, Leifer, 2009）。經過 20 餘年帕羅奧多（Palo Alto）在美國加州成立 IDEO（1991 年）。這場由業界展

開的革新，迅速延燒回學界。IDEO 創辦人衛凱利 (David Kelley) 和 SAP 創辦人普拉特納 (Hasso Plattner)，2005 年在史丹佛大學成立了一個不頒發學位的學院，其全名為哈索·普拉特納設計學院 (Hasso Plattner Institute of Design at Stanford) 簡稱為 Stanford d.School。所有課程強調跨領域學習，來自工學院、理學院、文學院、商學院、法學院、醫學院的學生們，都可以來到 d.school 學習，從此成為史丹佛大學受歡迎的課程 (李雪莉，2014)。

如前文李佳容 (2020) 提到在跨領域素養導向課程常用方式有統整「總整課程」、問題 (或主題) 導向的學習等方式。就目前大專院校是以實務專題作為「總整課程」，其方式與問題 (或主題) 導向的學習概念類似。差別在於實務專題的實施期間為一年，非一般問題導向學習的課程是以一學期為操作期間，另外包括無上下課時間、師資與組員變動性等課程動態彈性度也非一般課程可以比擬。雖然實務專題非課程版本的問題 (或主題) 導向學習，但可以視為是進階的版本。

其實問題 (或主題) 導向學習有不同名稱與翻譯方式，常見的通稱是 PBL，至少有問題導向式教學 (problem based learning) 與專題導向式教學 (project based learning) 兩種詮釋，後者也有學者以 PjBL 命名，用以清楚定義該研究所使用的工具 (劉青雯，2020)。

不同於實務專題是由史丹佛大學機械系濫觴，PBL 的起源也是 1969 年，但是在加拿大 McMaster 大學醫學院，從整個學校層面推出。隨後從醫學教育逐漸延展到工程教育、職業教育，進而進入更多的大學、乃至中小學的教育之中 (關超然、李孟智，2013)。此 PBL 教學法，以下三個視為學習目標，可以看出其與跨領域素養教學精神之吻和：理解人類與社會、醫學專業及其社會功能、自我學習等。

因為 PBL 通常應用於小團體，例如醫學教育的 PBL 課程，由最多 10 名學生組成的小組進行，並有專門的導師。然而在工程教育中入學率高且班級規模大，使得小團體制的 PBL 教學難以在工學院實踐 (Mohd-Yusof, Helmi, Jamaludin & Harun, 2011)。

為了幫助教師做好 PBL，Buck Institute for Education 提出專題本位學習必須聚焦於學生的學習目標，目標可以是知識、技能與態度，且包含七項專題設計之元素 (BIE, 2017)：

- (一) 挑選具挑戰性且適合學生程度的問題。
- (二) 持續探究，包括提問、找資源及應用習得之資訊。
- (三) 與真實世界聯結。
- (四) 學生做主，包括專案如何運作與創造甚麼。
- (五) 過程中，讓學生針對彼此的專案成果相互批評及做成果修正。
- (六) 專案完成後，公開展示學生完成的成果。
- (七) 專案完成後，師生均須對整個學習活動做反省，以期下次更好。

就以上七個元素，可以再次發現 PBL 與實務專題的基本精神是相甫的，雖然在操作之歷程，會與系所環境或專題老師的研究習性有程度上的差異性。原因是 PBL 提倡在教師指導下，以學習者為主體的學習。教師是導師、教練、傾聽者和裁判，而不是知識的傳授者與灌輸者。學生是學習和資訊獲取的主體，是項目的參與者、協調者和責任人，而不是被動接受者和被灌輸知識的對象 (王金國，2018)，然而很多專題現場的主導包括主題、成果等，專題老師常是有較高的話語權 (Shu-Ling Chen, Hung-Pin Hsu, Yu-Ching Lee, Yu-Hsuan Lo, Chia-Pin Kao, Chia-Chun Chu & Yi-Chu Hsu, 2020)。

Trop & Sage (2002) 提出 PBL 教學步驟可歸納為：1.引起注意 (呈現問題)；2.分析問題 (建立問題意識地圖)；3.探究問題 (分組合作學習)；4.呈現解決方案 (含同儕回饋與修正)；5.成果評估。通過如此的學習歷程，與生活情境結合、養成自動自發的合作學習、實踐力行的問題解決，因此學生可以掌握很難在傳統課堂上獲得素養能力 (張民杰，2018)。張德銳、林縵君 (2016) 採用「問題評鑑檢核表」、「學習狀況自我評估表」、「教師表現評量表」等工具，發現 PBL 融入教學之實施有顯著成效差異，且以理論與實踐之層面最為顯著。另外，教學的困境有：1.案例銜接不易、2.討論時間不夠及 3.社會賦閒現象的產生等，對應方法是：1.加強 PBL 討論框架的說明與引導；2.增加課程時數，解決時間不足問題；3.評量多元化，減少社會賦閒現象。雖然 PBL 具前瞻性，且有相關多的研究文獻，

然而課程設計比傳統課堂教學困難、卻重要，否則無法提升學習動機、達到學習成效(Jones, Epler, Mokri, Bryant & Paretti, 2013)。

問題或專題導向學習(PBL)的實務專題課程是否需要強化素養教學呢？從前文2017年BIE七項專題設計之元素，答案應該是肯定的。甚至可以說以解決真實世界問題為導向的實務專題本質就是素養教學。2012年美國國家工程院National Academy of Engineering (NAE)還特別挑選29個美國公私立大學的頂石課程學程，表揚其成功地將現實世界的經驗注入到工程學科教育的成就(National Academy of Engineering, 2012)。除此之外，工程教育研究單位從美國Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET)、歐盟European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE)、澳洲Engineers Australia (EA)、英國Engineering Council (UKEC)無不植入4C素養能力，在其工程認證的項目中。2019年歐洲實務專題學程EPS@ISEP (European Project Semester, EPS, offered by the Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP)更在其頂石課程的實驗性課程中，除了4C再加入兩個核心素養2S，社會職業道德(socio-professional ethics)與永續發展(sustainable development)作為工學院大專生的素養指標，並追蹤其中一組寵物追蹤(pet tracker)團隊的成果和學習歷程。結果表明EPS@ISEP可以培養工科學生所需的4C2S能力(Malheiro, Silva, & Ferreira, 2019)。

參、研究方法

本研究方法採用「行動研究」，以量化研究為主，質性研究為輔，運用筆者任教的私立科技大學機械系必修課程「工程·倫理與社會」，作為頂石課程「實務專題」前行的可行性研究。課程成果評量指標有實務專題素養、工程·倫理與社會(能源議題)。工具有量表、作業、訪談及教學札記等。以三角交叉檢視法(Triangulation)收集與分析資料，並將結果呈現出來，從眾多紛雜資料的不確定中找出協助實務專題的因素與方法。

一、研究對象

研究對象為私立科技大學機械系的工學院院訂必修課程「工程·倫理與社會」，修習課程的學生人數有43位：4位女性、39位男性；43位皆為大三同班同學，探討專題素養於單一課程培力之可行性，在完成108-1進行「專題領導合作與敘事力」課程，對機械實務專題的施行現況做研究探討，將其成果實踐與在第二學期的「工程·倫理與社會」課程教學研究，目標包括：

- (1) 專題素養賦能：專題素養實踐於教學活動與課程評量。
- (2) 專業成效評估：能源議題進行專題式教學，觀察學生在認知與情意面向的轉變與如何轉變。

二、研究工具

蒐集的量化數據有三份問卷：「能源議題感知度調查」(前、後測)、「學習經驗意見調查」(後測)、「小組成員互評」(後測)。質性數據有期末報告、組員互評、及教學札記等。三份問卷於108-1學期之兩次工坊中經由9位包含工程、教育、商管等不同背景老師審閱，並經由SPSS可靠性統計量之Cronbach's α 值依序獲得0.74(9個項目)、0.93(16個項目)與0.99(8個項目)之數值，顯示學習經驗意見調查與小組成員互評之 α 值為高於0.9的優良(Excellent)，而能源議題感知度調查之 α 值則為高於0.7的可接受(acceptable)，足以佐證本研究使用工具之品質。

「能源議題感知度調查」源自台灣大學風險社會與政策研究中心，為掌握民眾對於能源轉型感知之情況，在2018年6月23日至7月8日，針對居住台灣18歲以上民眾，抽樣施測之調查報告(台灣大學風險社會與政策研究中心, 2018)。有六大構面、26項問題。依據課程目標需求，保留能源議題相關之五點量表問題6項與質性問題5項(包含3個可量化之質性問題)(Yi-Chu Hsu, 2020)。

「學習經驗意見調查」取自(張新仁、王金國、田耐青、汪履維、林美惠、黃永和, 2013) 與「團隊學習問卷」(夏林清, 1997), 筆者於 107 學年加以彙編成適合於授課學生的問卷, 並應用於課程研究(許藝菊、蔡雅玲、楊劍豐、曾碧卿, 2020), 問卷有 33 題五點量表題與 3 題質性題。「小組成員互評表」取自 Millis and Cottell (1998), 共計 8 題五點量表題與 1 題質性題。

三份問卷在線上填寫, 前測於前三週填寫, 後測在後三週, 採記名問卷, 以利成對樣本的統計檢定。大部分是封閉式題目, 部份開放性問題, 蒐集學生對課程的想法與建議。量化資料採用敘述統計, 以平均數、標準差與成對樣本 T 檢定等方式分析。

三、課程內容與教學實施方法

課程設計有三階段: (1) 以提問式教學, 建構「道德倫理」之先備知識; (2) 以業師演講之社會觀點, 啟發「科技與社會」之公民想望; (3) 以專題式能源議題, 探索「科技與社會」之台灣能源風險管理, 如表 1 所示。

表 1 18 週課程安排

週次	1~7	8~10	11~18
主題	道德倫理 之先備知識	科技與社會 之前行	科技與社會 之風險管理
定位	打破道德框架, 破除倫理 迷思	典範塑立	小組能源議題探索
教學 形式	提問式	演講	專題式
內容	<ul style="list-style-type: none"> ● 倫理初探 ● 韓國「N 號房」事件、 新冠肺炎疫情思辯 ● 世界咖啡館一(倫理初 探) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 陳玉峯【土地倫理】 ● 潘忠政【搶救桃園藻 礁】 	<ul style="list-style-type: none"> ● 知識建立: 台灣能源轉型、科 技公民社群的在地營造 ● 主題探索與資料彙整: 三次期 末專題提問與討論、小組主題 閱讀、世界咖啡館二(能源·永 續與風險溝通) ● 期末報告: 能源與台灣社會

前七週是課程定位, 包括由倫理初探(主題與重點內涵如表 2 所示) 建立先備知識, 並破除學生認為已知的倫理概念; 再經由兩個當學期流行的案例探討(韓國「N 號房」事件、新冠肺炎疫情), 做深入倫理思辯與批判性思維; 最後以世界咖啡館的形式, 讓學生分組探討在倫理初探中所使用的案例與重要概念。中間三週由推動「科技與社會」行動的外師給予第一手經驗的講座, 包括土地倫理、搶救桃園藻礁等講題, 給予工學院學生科技實踐於社會系統的實務案例, 啟發工程倫理與社會責任之公

表 2 倫理初探之主題與重點內涵

倫理探索主題	重點摘要
個人為何需要倫理?	自私: 己所不欲, 勿施於人 社會責任: 有最大能力者, 負最大責任 人: 找到作為人的完整/幸福感
倫理起源/目的: 資源有限	規範眾人生活
倫理實踐引發的問題	忽略個體性, 甚至成為殺人工具 不合時宜(忽略時空變異性) 集體的不負責任
倫理的困難點	想不清: 不易思辨, 沒有標準答案 做不來: 首重實踐、人性脆弱--路西法效應

民期望，並讓學生融合前七週道德倫理之先備知識，以作業方式進行演講議題的反思。最後八週以專題式探索能源議題，除了一開始針對台灣能源轉型的現況、利益與風險做先備知識建立；重點放在學生議題探索，包括如何發現真實議題、組員如何偕同找資料、彙整出有意義與脈絡的資訊；最後以小組報告方式，做出風險溝通的知識產出。表3整理出教學方式與素養成效、活動/主題、評量方式等之對應關係。

表3 教學與素養成效之對應

教學方式	素養對應	活動/主題（作業或課程中評量）	問卷*
提問式教學	團隊合作	白板競賽	學、歐
	溝通	世界咖啡館一	學、歐
	批判性思考	倫理初探（Zuvio、Flip 大學課堂教學互動工具） 演講（Zuvio、心得）	學
專題式教學-能源議題	創意	三次小組議題發想與腦力激盪	歐
	批判性思考	小組主題閱讀	歐
	團隊合作、自主行動	期末報告-能源與台灣社會**	歐、能
	溝通	世界咖啡館二	學、歐

*「學」代表「學習經驗意見調查」、「歐」代表「小組成員互評」、「能」代表「能源議題感知度調查」

**此項為本課程之總結性評量，其餘活動皆屬於形成性評量。

肆、結果與討論

如圖1的架構所展示，在108-2學期進入研究之前，108-1先就專題素養定義作釐清，前兩節說明108-1學期執行「專題領導合作與敘事力」課程的先導研究成果。後兩節將就素養成效與課程專業成效（能源議題）兩個部份之結果分別討論。

一、機械實務專題調查-教師面看實踐專題的困境

108-1學期「專題領導合作與敘事力」課程，偕同5位機械系專題老師與4位不同領域老師，包括設計、商管、人文與通識等，針對機械專題執行需要具備能力，在課程進行的期中與期末階段，以兩次教師成長工坊的方式，彙整課程執行的調查成果。兩次工坊主題各是：共創團隊領導力工作坊、敘事策略擬定教師成長工坊（如圖1所示）。茲將相關成果以素養能力與專業能力兩個面向，在本系專題實務課程進行中，老師會遇到的狀況，作重點摘要之敘述。

（一）素養能力

1. 合作分工投入度不同。包括長期不出聲、欠缺作為的同學，被認為是搭便車，如何調整？
2. 學生分工合作是基本能力嗎？真實情況並非如此。例如：一位同學比較少動，老師若注意到並沒有完成分配工作，剛開始會去要求完成個人的責任，雖然當下可以得到回饋，但無法長久，無法養成責任心。
3. 團隊合作、溝通、態度等素養：長期以來，高教不會把團隊合作、溝通、態度等素養當作課程一部分，認為學生知道，或老師也不知道該不該「教」？如何「教」？

（二）專業能力

1. 老師/學生專題？優秀老師遇到弱勢學生，很容易發現親自操刀比較簡單，久而久之學生專題就變成老師的專題。

2. 做中學：錯中學是專題過程，但有些大二、三專業課程，學生能力卻沒有在課程中到位，因此專題中有相當多錯誤中學習情況。

依照素養、專業兩個面向，專業與跨領域教師協同的觀察、解答解方，整理於表 4。

表 4 「108-1 敘事策略擬定教師成長工作坊」問題與解方之摘要

面相	問題	問題描述	解方
素養	一人專 題小組 態度要 教嗎?	學生在合作分工投入度不足 長期以來，高教現場把團隊合作、溝通等認為學生應該要知道。 老師不知道該不該”教”？如何”教”？	明確分工及定期回報進度 隨著社會互動複雜化，包括科技力量帶來社群媒體力量引來新興問題，高教對應的社會責任也日益龐大，適當植入已成為必要，惟老師是否具備此專長，卻是因人而異。
專業	老師專 題? 學 生專題?	學生專業能力不足以主導專題	<ul style="list-style-type: none"> ● 依組員能力選擇難易度 ● 提升訓練符合主題難度 ● 錯中學

上表在學生問題面有團隊分工不均與專業能力不足以主導專題的狀況。前者呼應文獻回顧中張德銳（2016）所提到社會賦閒現象的教學困境；後者呼應文獻回顧中 Davies & Devlin（2010）提出學習者本身必須擁有足夠專業知識或技能，方能在素養課程中，發揮所學。另外，延伸兩個系統性的問題：專題老師、專題生的訓練方式。

從專題老師的訓練方式來看，工程背景老師一般是成果導向，若專題生可以依照進度、拿出該有的成品，雖然也清楚整組情形，就不太去細究團隊分工狀況。然而，無法達到目標時，專題老師常常就降為小組長，甚至捉刀代筆。從實務專題的課程特質來省思，專題老師不單是授課老師，更被要求成為專業經理人，不單只是任務導向，應該要以學生團隊的能力成長為目標。目前的困難是老師們不一定有此認知與能力，也沒有合適的教學氛圍，包括不同課程跨域串聯的靈活機制。

從專題學生的訓練方式來看，上表提到是在最後頂石課程要綜整大學成果才發現的狀況，可否從二或三年級就開始習慣合作及表現自我？長期而言有「沉默螺旋」理論，團體中的沉默者會愈來愈沉默，形成螺旋式下降的模式，反之亦然（維基百科，2020）。由此可知溝通、態度是長期累積的結果，若即刻開始逆向操作螺旋，都可以慢慢改變團隊合作的態度。然而，在大學前三年已經慢慢養成不在團隊互動的習慣，要在專題期間改變，其慣性是比較難克服。因此建議從 2、3 年級，幫學生做好進入新領域學習的入門準備，早一點開始合作表現練習，具體單一課程配合方式有：

- （1）各課程之形成性評量採分組活動，並融入團隊合作評分。
- （2）各課程之總結性評量要夠困難，須團隊合作能完成，並融入團隊合作評分。

二、專題素養-頂石課程的實務專題需要的素養能力

實務專題的培訓重點不單是專業技能具足，在資訊爆炸的時代，專題素養是學生可以從這門課程學習到，並帶到未來職場、可以遷移的能力。茲將專題培訓的歷程與素養能力（4C、12 年國教之三面九項核心素養）做比對，如表 5 所列，三者聯集包括：創意、團隊合作、溝通、批判性思考、自主行動。本文將核心素養只列出「自主行動」一項，原因是「溝通互動」與「社會參與」所關聯之內涵與 4C 素養之「團隊合作」、「溝通」有重疊之處。

表5 專題培訓歷程與素養的比對

專題培訓歷程	4C 素養	12年國教之三面九項核心素養	專題素養
1 發現問題	創意	自主行動 (A3 規劃執行與創新應變)	創意、自主行動
2 資料搜尋與彙整	團隊合作、 溝通、批判 性思考	自主行動 (A2 系統思考與解決問題、A3 規劃執行與創新應變)、 溝通互動 (B1 符號運用與 溝通表達、B2 科技資訊與媒體素養)、 社會參與 (C2 人際關係與團隊合作)	團隊合作、溝 通、自主行動、 批判性思考
3 構思解決方案	創意、批判 性思考	自主行動 (A2 系統思考與解決問題、A3 規劃執行與創新應變)	創意、自主行 動、批判性思考
4 成品製造到展示報告	團隊合作、 溝通、批判 性思考	自主行動 (A2 系統思考與解決問題、A3 規劃執行與創新應變)、 溝通互動 (B1 符號運用與 溝通表達、B2 科技資訊與媒體素養)、 社會參與 (C2 人際關係與團隊合作)	團隊合作、溝 通、自主行動、 批判性思考

三、專題素養在「工程·倫理與社會」課程的發展狀況

依據表3的教學活動、素養對應與使用問卷之陳列，素養成效將就「學習經驗意見調查」與「小組成員互評」兩者為主，作業、教學札記等為輔，作專題素養與素養對應之活動評量等課程成效評估。

(一) 學習經驗意見調查

43位修課人數，有33位(77%)填寫「學習經驗意見調查」，30位(90.9%)男性，3位女性(9.1%)。33項量化題目，除了第一項性別，其餘以五分量表的權重計算表現程度，將最低與最高五項依序整理成表6。

表6 學習經驗意見調查表中最低與最高表現程度之項目

順序	內容
最低	我覺得課堂中的世界咖啡館、心智圖等特別的活動有助於我在這門課的學習。
低2	我能了解老師的評量方式。
低3	我覺得不同小組之間的分享與回饋有助於我在這門課的學習。(例如世界咖啡館、心智圖的跑台，由不同小組的組員到本組)
低4	我覺得班上整體的學習效果良好。
低5	我覺得教室的環境與設備有助於我在這門課的學習。
最高	遇到爭議性問題，我能就事論事，不進行人身攻擊。
高2	我願意跟別人互助合作。
高3	我能接納同學不同的意見。
高4	我能仔細聽取別人的發言。
高5	自己學習上遇到問題時，我會主動尋求同學的協助。

「學習經驗意見調查」有三個質性問題，包括：

1. 請你寫下一件對你的學習帶來困難的事情
2. 寫下一件在課堂中特別享受的事情
3. 截至目前為止，對於工程倫理與社會之課後省思與建議

前兩個問題之回應數量與範例內容整理於表7與8。主要困難項目包括主題、分組、報告表達與學習等。享受依序有學習新知、分組討論、發表與組員互動等。困難與享受的重複性高，茲就兩個問題之學生回饋，分析如下：1.分組困難在於組員不參與，分組討論的享受在於大家參與的組員互動；2.報告

表達的困難在於認為自己能力不足、怕被亂問，發表的享受在於有能力去展現、辯論；3.學習的困難在於較複雜，學習新知的享受在於發現隱藏的意涵。在享受與困難兩相比較下，顯示在同樣課程進行，課程活動相較於個人是有相當差異性。

表 7 學習經驗意見調查「學習困難」之回應數量與範例

分類	回應數量	範例
沒有	5	19. 沒有任何事能對我學習帶來困難*
主題	5	3. 我覺得最困難的事情就是"縮小範圍"，向期末報告好了，我們可以定一個主體出來，每個人找出相關資料，但是因為我們所定出來的主題範圍不是很小，所以大家都是以大範圍來找尋資料，後面做心智圖時才發現有些資料差不上邊，所以我覺得蠻困難的點就是要從大範圍縮小成一個特定小範圍。
分組	5	11. 分組討論時，組員都在做自己的事不一起討論，學習態度很差
報告	5	7. 表達能力多不足，表達不出最好的敘述，可能會讓台下同學或老師聽不太懂。
表達		25.上台報告被同學問一些不再報告內的問題
學習	5	10. 有時候理解能力轉不過來 20. 倫理這方面的理解有些時候需要思考，對於老師提出來討論的事情有時會有個人不同想法，這些對與錯的物提相較複雜。
找資料	2	29. 有很多不知道的文章要從網路上尋找 但是了解後發現蠻有趣的 所以從原本的困難轉變到有趣很多
其他	4	28. 過於懶惰

*前面數字是該問卷之學生編號

表 8 學習經驗意見調查「課堂中特別享受」之回應數量與範例

分類	回應數量	範例
沒有	5	2. 沒有*
組員互動	4	25. 跟同學分享資料一起找出問題
演講	3	9. 聽外師演講
發表	5	5. 和同學互相討論議題，腦力激盪，彼此辯論的快感
分組討論	7	26. 可以跟同學討論，表達自己的想法 29. 分組討論的過程 讓我能學習到別人經驗與想法 再和自己的想法做統整
競賽	2	20. 與小組組員討論，共同爭取分數
學習新知	7	7. 工程倫理這堂課真的讓我學習到很多，通過案例來傳到最後的結果跟深藏的意思這點真的很棒 15.老師教給我們很多以前都沒想過的事

*前面數字是該問卷之學生編號

1. 專題素養

本研究將學習經驗意見調查比對表 5「專題素養」的五個項目後，以問卷內容與溝通、團隊合作、自主行動等三個面向相關的題目作分析，如表 9 所示。學習經驗意見調查為 5 級分問卷，溝通面向相關之題目有 5 題，團隊合作面向相關之題目也有 5 題，而自主行動面向相關之題目有 6 題。依據每個題目 37 位填寫問卷學生的自評結果作平均，得到該題目的全班平均結果，最後將每個面向的所有題目之全班平均結果，再求取平均值與標準差，獲得該面向平均值與標準差。

表9 學生在專題素養相關面向的期末自我評量結果

面向	題目	全班平均*	標準差
溝通	我能仔細聽取別人的發言。	4.15	.80
	我敢表達自己的意見。	3.76	.97
	我能接納同學不同的意見。	4.19	.73
	遇到爭議性問題，我能就事論事，不進行人身攻擊。	4.33	.74
	小組同學意見不同時，我能協調大家達成共識。	3.82	.76
		4.05	.82
團隊合作	我願意跟別人互助合作。	4.28	.76
	我樂於分享自己的想法或蒐集的資料。	4.06	.88
	同學學習上遇到問題時，我會幫助他解決。	3.97	.83
	自己學習上遇到問題時，我會主動尋求同學的協助。	4.09	.78
	我能專注參與小組的學習活動，不做其他事。	4.00	.81
		4.08	.81
自主行動	我會主動投入時間學習。	3.82	.76
	覺得我的學習效果良好。	3.67	.77
	我對自己在這課程的學習能力有信心。	3.67	.69
	我能了解這門課的學習目標	3.76	.88
	我能了解老師的評量方式。	3.34	.87
	我能掌握這門課的單元進度和重點。	3.61	.82
		3.65	0.80

在四個面向中，「團隊合作」的平均值最高，且題目之間的標準差最低，顯示同學自評為整體最佳表現。而在該面向中，得分最高是：我願意跟別人互助合作；最低是：同學學習上遇到問題時，我會幫助他解決。第二高分的面向是「溝通」，其中的強項是：遇到爭議性問題，我能就事論事，不進行人身攻擊。這同時是所有量化題目的最高分。次高為：我能接納同學不同的意見。該面項最低分是：我敢表達自己的意見。次低為：小組同學意見不同時，我能協調大家達成共識。從「溝通」面向的成果可以看出一個趨勢是：接受的陰性能力較優，需要主動展現的溝通能力較弱。

另外，平均值最低的是「自主行動」，題目的權重結果都低於4分，而全班權重結果最低的單項題目也是落在「自主行動」：我能了解老師的評量方式。整體而言，本班同學自評本學期在專題導向式學習經驗之學習成果以「團隊合作」為長項，而「自主行動」最弱。另外在「團隊合作」與「溝通」的整體面向而言，也是呈現被動接受的項目較優，需要主動展現的項目得分會較低的趨勢。

2. 素養對應之活動評量

最後，依據表6所分析在素養對應之評量活動，將學習經驗意見調查之結果，以相關的質性回饋成果彙整於表10，包括學生回應相關主題的數量與學生的原始文字敘述。

回應數量最高的是對應「團隊合作」素養的「白板競賽」，在33位填寫者資料中，有11則相關之回應，包括7個定義為享受，4個認為是困難，顯示同學對該項活動矛盾的情緒。喜愛的因素有公平、競賽、課堂活力、團隊默契等；困難的原因是：不公平、競賽得失心、躺分等。回應數量次高的是對應「批判性思考」素養的「倫理初探」，共有7個正面的回應，主要的因素是表達、分享與學習等。相對的，對應「溝通」素養的「世界咖啡館」則是一面倒的認為是困難，共4個，原因包括：空間與時間的不足、跑台等。

表 10 學習經驗意見調查在素養成效對應之評量方式的質性回饋彙整

素養對應	活動		回應數量	學生質性回饋之原始文字
團隊合作	白板競賽	享受	7	3.* 我覺得特別享受的地方就是白板分組競賽，因為這邊分數就是你上課有認真聽，然後理解上課內容回答問題就可以得到分數，這樣就可以區分出哪些人沒有認真上課，哪些人很認真上課，而且每次都分數都是占總成績的幾%，所以我覺得很享受這種成績競賽方式，不然大家都覺得上課混一混就可以過了。 23 希望分組競賽能夠有更多機會取得分數 29 白板分組競賽讓課堂上更有活動力 讓團隊得默契更好 更有團隊合作的精神
		困難	4	15 白板 萬一有一組只有一個人來 要多拚才能擠進前面 反之人多的祖就沒啥差別 躺分的躺分 稍微混點照樣過 20 分數以上上課的拿取積分的方式得到變得上課有點緊繃，雖然能更認真上課但真的有時候得失心會很重。
溝通	世界咖啡館	困難	4	14.世界咖啡館換位置的那個活動沒什麼必要，主要是室內的空間不足，造成人員移動上很不方便，而且也沒有足夠的時間可以做完整的討論，就不太能夠彰顯換到別組的意義。 10.跑台有時候不知道怎麼去講解才好
批判性思考	倫理初探	享受	7	26. 可以跟同學討論，表達自己的想法 29.分組討論的過程 讓我能學習到別人經驗與想法 再和自己的想法做統整

*前面數字是該問卷之學生編號

在有限的質性回饋中，呈現「倫理初探」皆是正面與「世界咖啡館」皆是困難的相反情況。另外一件有趣的現象是，進行同一個白板競賽活動的不同學生，有人因為認為公平而喜愛、也有人因為認為不公平而不喜愛；有人因為認為競賽而喜愛、也有人因為認為競賽得失心而不喜愛；有人因為認為團隊默契而喜愛、也有人因為認為組員躺分（不做事而獲得小組共同成績）而不喜愛。針對白板競賽所發生的這些現象，以下有數點討論：

- 看到團隊合作的人，認為是公平；看到躺分的同學，認為是不公平。這呈現教室內不同組別之間的差異性，雖然大部分學生都能全心參與，仍是有一些教室死角的個人行為，且讓注意到有躺分現象的同學不開心。
- 小組成績為小組內所有組員共同分數，對組內認真同學是否是不公平，這從外在現象來看是對的。然而就內在學習而言，付出最多通常也是獲得最多，且該活動是為整組爭取分數，也不會因此個人失分，不該有不公平的狀況。教師需要考慮的問題點是，是否會對小組內躺分同學欠缺學習誘因。
- 競賽得失心重的情況，有個人差異性，有些人能承受較高壓力而有更好表現，也有些人可能會反而狀況頻頻。身為老師該如何讓活動發揮最好效能，造福最多同學，是一條永無止境地學習與改進不間斷的路徑，如何讓學生打開心房來學習？特別在白板競賽等活動式教學時，老師需要能感受現場的狀況，同樣教材要依照學生、教室環境、甚至自己心態上的變化，做動態靈活地調整。

最後從學生質性回饋與素養對應來看：(1)「白板競賽」的「團隊合作」素養；(2)「倫理初探」的「批判性思考」素養；(3)「世界咖啡館」的「溝通」素養。

- (1) 「團隊合作」確實是造成學生在「白板競賽」享受或困難的因素；
- (2) 「倫理初探」學生多只是表示喜歡，但是沒有寫具體原因，或有關於「批判性思考」的內容。略為具象的陳述除了表 10 中 26、29 號所呈現的「表達自己想法」、「和自己的想法做統整」外，還有 14 號「像是辯論的感覺還挺好的」，顯示學生關於「批判性思考」有一些正面的感受，但應該剛起步，還在初始的階段。

- (3) 「世界咖啡館」的「溝通」效益在教師日誌及學生回饋應該改成「世界菜市場」的玩笑話來看，現場溝通互動是非常熱絡的，學生的負評是來自於空間不足、跑台（離開本來小組而到別組討論）等。傳統教室空間不佳的問題，包括太吵、太小的等，未來可以藉由預借場地來化解。跑台的抗議來自：來賓自述不知道說甚麼、學生嫌棄來賓沒有貢獻，而這些是表象的結果，問題癥結該是到別組的溝通對同學過於困難？不同主題的陌生？或是新組別的不安全感？綜合表 10 在溝通面向的全班權重結果顯示同學怯於表達自己意見，另外信任面向的分數也是偏低，因此整體會有的理由包括：新主題陌生、新組別缺乏信任、怯於表達。

(二) 小組成員互評

在對應團隊合作中小組成員彼此之間表現的相互評量，以小組成員互評表呈現，共有 8 題（如表 11），以五分量表形式進行組內的匿名互評。互評的目的是要了解學生在分組活動的團隊合作狀況。全班 43 位，分為 8 組，每組人數 4-6 人，填寫人數 33 位，有分數者 42 位，1 位沒有評分者（沒有分數）不納入計算。8 題之滿分為 40 分，共有 10 位學生獲得滿分，全班之平均值為 36 分，標準差為 7.69。8 題平均值為 4.61，標準差為 0.03，顯示項目之間差異性不大。對組員評分最低的是項目 4：未能出席會議或完成職責，有事先告知組員；最高是項目 6：在組員發表想法時給予尊重和慎思。這與學習經驗意見調查中，學生自評的最高分項目相切合：遇到爭議性問題，我能就事論事，不進行人身攻擊。

表 11 小組成員互評之敘述統計

	平均值	標準差	最低值	最高值
1 有參與小組會議	4.58	0.75	1.40	5.00
2 在會議前認真完成被分派的工作	4.63	0.71	1.60	5.00
3 認真達成在小組裡的角色及職責	4.62	0.70	1.75	5.00
4 未能出席會議或完成職責，有事先告知組員	4.55	0.74	1.40	5.00
5 給小組帶來貢獻	4.60	0.71	1.75	5.00
6 在組員發表想法時給予尊重和慎思	4.66	0.56	2.20	5.00
7 和小組的努力一同配合	4.63	0.81	1.75	5.00
8 整體總評	4.60	0.66	2.00	5.00

低於 40 高於 32 分有 29 位，佔 43 位同學的 67%，加上 10 位滿分 40 分佔 23%，最低分 3 位分別為 14、15、32 分（有一位沒有分數不計）。可以發現除了最低分兩位，其他同學分數差異性不大。組員評語發現滿分者皆獲得同儕好評，除了最低兩位所有評分組員皆不欣賞、甚至有怨言的情況，到第三低分者就有兩個正評與一個中性評價（沒有負評）。

將總分做 5 級距分析，可以得到表 12 之量化成果。結果顯示 43 位同學中除了 2 位極低分，落在不滿意的級距，沒有非常不滿意的最低級距；1 位沒有分數；2 位是滿意的級距，38 位（超過 9 成同學）都是非常滿意；包括 10 位滿分，佔全班比例近 1/4。

表 12 小組成員互評之 5 級距量化成果

分數級距	滿意程度	人數	比例[%]
0-8 分	非常不滿意	0	0
9-16 分	不滿意	2	4.76
17-24 分	普通	0	0
25-32 分	滿意	2	4.76
33-40 分	非常滿意	38	90.48

因此從同學互評的角度，顯示在團隊合作分工超過 9 成同學被組員評定在非常滿意的程度，加上 4.76% 的滿意，可以說 95% 是相當滿意組員的合作，不到 5% 是不滿意。此結果與同學之自評（表 9 學生在專題素養相關面向的期末自我評量結果）將團隊合作評為四個面向的最高分是相呼應的。

綜上所述，針對本計畫欲探究關於素養能力統整如下：依據「專題素養」章節之表 5，進行專題培訓歷程與素養的比對後，頂石課程的實務專題需要的素養能力，包括：團隊合作、溝通、自主行動、批判性思考、創意等項目；其次，依據表 3 教學與素養成效之對應，包括：團隊合作、溝通、自主行動、批判性思考、創意等實務專題需要的素養能力，皆可在單一課程的「工程·倫理與社會」被訓練；而專題素養在「工程·倫理與社會」課程的發展狀況，依據「學習經驗意見調查」與「小組成員互評」兩份問卷之涵蓋範圍，本課程研究主要涵蓋團隊合作、溝通、自主行動三個項目的探討，學習經驗意見調查之結果發現「團隊合作」為長項，而「自主行動」最弱；另外在「團隊合作」與「溝通」的整體面向而言，也是呈現被動接受的項目較優，需要自主行動展現的項目得分會較低的趨勢。學習經驗意見調查之質性指標發現「團隊合作」確實是造成學生在「白板競賽」享受或困難的因素；「倫理初探」讓學生關於「批判性思考」有一些正面的感受性，而在初始的階段，「世界咖啡館」的「溝通」效益優，但跑台部分會由於新主題陌生、新組別缺乏信任、怯於表達等因素而造成溝通失效。最後由小組成員互評表結果顯示 95% 的高滿意，此與學習經驗意見調查將團隊合作評為最高分之結果，是相互呼應的。

四、「能源議題」專業知能之進步性

本課程專業目標是能源議題的專業知能與情意層面共同提升，本班 8 個小組，藉由表 3 所使用三次小組議題發想與腦力激盪、小組主題閱讀、到最後以能源與台灣社會為專業之能，經歷專題式學習路徑（從發現問題、資料搜尋與彙整、構思解決方案、成品製造到展示報告），完成以下不同面向之期末報告主題，展現其在該能源議題具有認知層面的學習與成長。

- 1 台中煤電與我
- 2 台灣能處理高階核廢料，而不債留子孫嗎？
- 3 台灣適合離岸風電嗎？
- 4 非核家園如何穩定電價？
- 5 太陽光電政策可信度
- 6 電動車是否安全
- 7 藻類燃料的發展和前景
- 8 六輕不認

課程成效的情意層面，以能源議題感知度調查的前後測，並與 2018 年台大風險中心之全國調查做比對，驗證本學期之學習成效。分析問題分量化與質性，如表 13 所列。

表 13 能源議題感知度調查之量與質性問題

量化問題	質性問題
1.我認為氣候變遷對台灣的影響程度	7.我認為我國目前主要的發電裝置
2.我對於臺灣能源政策的關心程度	8.我會主動轉傳能源相關訊息的方式
3.我對於 2025 年綠能政策的了解程度	9.是否願意參與政府所設計的線上/現場能源課程
4.我願意支付較高電價，支持再生能源的意願	10.我願意支付電價的每年漲幅
5.我對於自由選擇電力公司的意願程度	11.我所能夠接受，因能源稅推動而提升油價的幅度
6.我認為投資機構做投資決策時，應考量氣候變遷、低碳能源等因素	

(一) 量化問題

圖 2 將 6 項能源議題感知度量化問題，在課程做前後測，並與全國之數據比對。在五點量表權重下，學生前後測表現最高的項目是 1.我認為氣候變遷對台灣的影響程度、次高的項目是 6.我認為投資機構做投資決策時，應考量氣候變遷、低碳能源等因素、最低是 3.我對於 2025 年綠能政策的了解程度。顯示與全國的趨勢相同，認為氣候變遷影響大，也該有因應對策，卻不清楚台灣政策走向。項目 2（對於臺灣能源政策的關心）在前測低於全國，在後測達到全國水準；項目 3（對於 2025 年綠能政策的了解）前測與全國相當，在後測大幅提升；項目 4、5 之前測略為領先全國，後測更拉開與全國數據之差距。除了最高分兩個項目在後測是下降，但仍是維持最高度認同，整體而言，量化數據支持學生在課程能源議題感知度的學習成效。

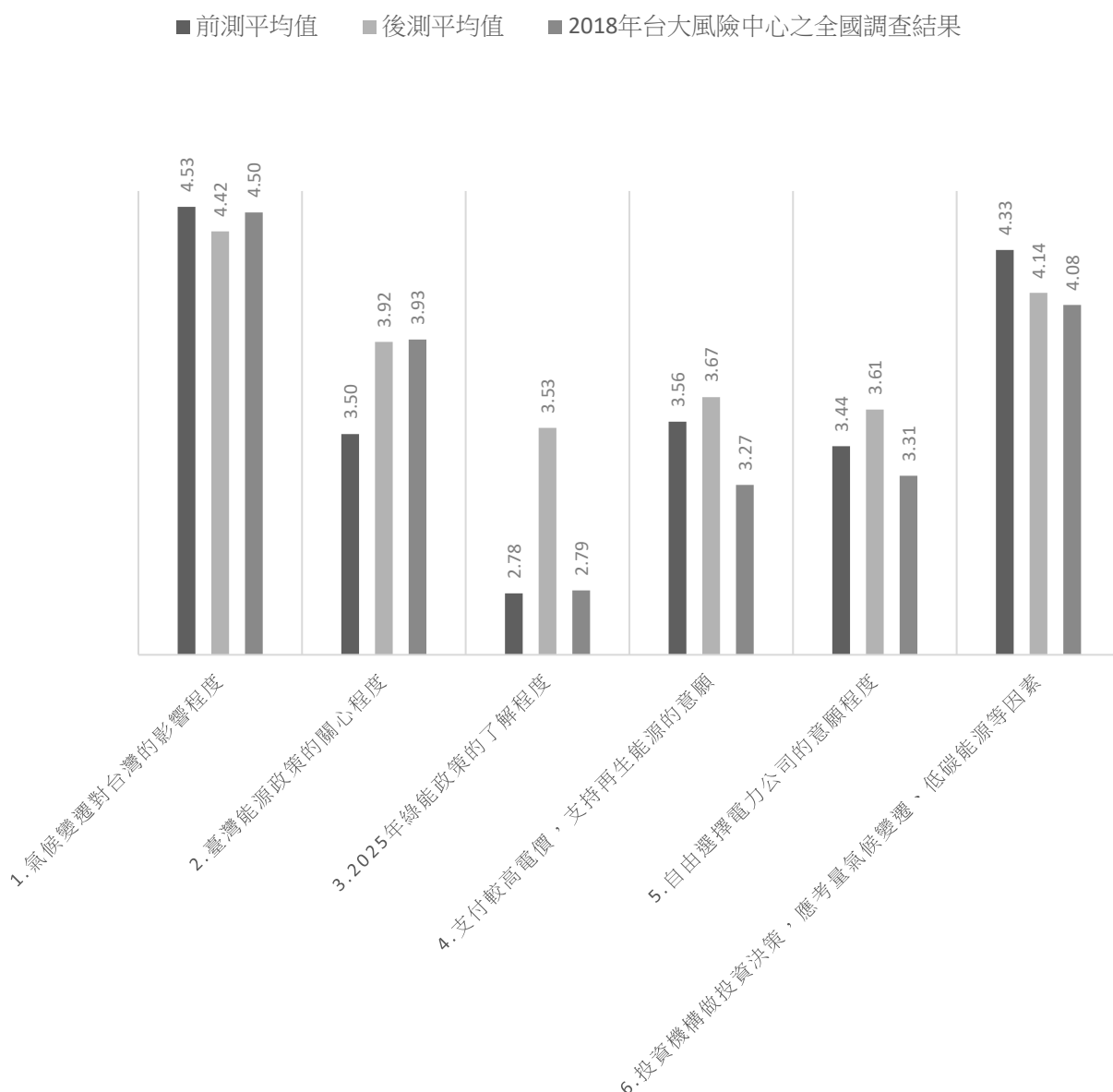


圖 2 能源議題感知度量化問題前後測與全國之比對

36 筆資料進行 SPSS 的成對樣本 T 檢定，在前後測比對上，1、6 為下滑，而 2-5 項則為上升，其中 2、3 達到統計上顯著差異（表 14）。顯示研究對象在能源政策的關心（項目 2）與了解程度（項目 3）有顯著成長，項目 1（氣候變遷影響大）、6（該有因應對策）仍維持在高點，最後在提高電價（項

目 4) 與選擇電力公司 (項目 5) 意願有提升。量化數據支持課程對學生能源議題感知度正面效益。如表 13 所列, 題目 7、8、9 為質性問題, 無法做統計分析, 而題目 10 與 11 雖非 5 分制量化問題, 但數據為可計量的金錢, 因此於後面章節作量化轉化, 過程詳見表 15。

表 14 能源議題感知度量化的問題成對樣本檢定 (N=36)

後測- 前測	成對差異						顯著性 (雙尾)
	平均值	標準差	標準誤 平均值	差異的 下限	95% 信賴區間 上限	t	
配對 1#	-.1111	.7475	.1246	-.1418	.3640	.892	.379
配對 2	.4167	.7700	.1283	-.6772	-.1561	-3.247	.003**
配對 3	.7500	.8742	.1457	-1.0458	-.4542	-5.147	.000***
配對 4	.1111	.9495	.1583	-.4324	.2102	-.702	.487
配對 5	.1667	.6969	.1162	-.4025	.0691	-1.435	.160
配對 6	-.1944	.6242	.1040	-.0168	.4057	1.869	.070
配對 10	.537	1.233	.211	-.967	-.107	-2.538	.016**
配對 11	.250	1.684	.289	-.838	.338	-.865	.393

#數字為表 14 能源議題感知度調查之量化問題

(二) 質性問題

依問題順序說明：

問題 7：我認為我國目前主要的發電裝置：回答正確燃煤者在前測有 27 位 (75%)，後測提高到 30 位 (83%)，都較於全國性的 32% 高出許多。

問題 8：我會主動轉傳能源相關訊息的方式：以「透過社群網路發表」最高 (前測 50%、後測 31%)，不同於全國數據「透過即時通訊軟體」41%，顯示學生族群與大眾之間，慣用溝通模式之差異性。

問題 9：是否願意參與政府所設計的線上/現場能源課程：以「僅願意參與線上課程」最高 (前測 42%、後測 50%)，優於全國數據「都不願意參加」65% 的學習意願。

為有效地分析，將原本質性的問題 10 與 11，經由表 15 過程，將原有題目之答案選項，予以量化處理，再進行 SPSS 的成對樣本 T 檢定，獲得表 14 之結果。

表 15 能源議題感知度問題 10 與 11 之量化程序

題目	答案選項	量化	題目	答案選項	量化
10. 我願意支付電價的每年漲幅	2	2	11. 我所能夠接受，因能源稅推動而提升油價的幅度	0.5 元	0.5
	2.7~3.0 元	2.85		1.5 元	1.5
	3.0~3.5 元	3.25		2.0 元	2.0
	3.5~4.0 元	3.75		4 元	4
	4.0~4.5 元	4.25		不願意徵收碳稅導致油價上漲	0
	4.5 以上元	4.5	其他	(有 2 筆資料，不予計算)	
	不願意支付太多	0	超過 4 元	4	

項目「10. 我願意支付電價的每年漲幅」的經量化後，前後測平均值從 2.46 元，提高到 3.00 元。項目「11. 我所能夠接受，因能源稅推動而提升油價的幅度」的經量化後，前後測平均值從 1.29 元，提高

到 1.54 元。顯示受測者在課程完成，可以接受電價與油價的調漲幅度是增加的，且項目 10（電價）的每年漲幅在後測具有 .05 統計水準上顯著性地提升。

最後，針對前言提到本研究計畫針對課程成就分析的對應問題 D 中第二部分做回應。培力素養的「工程·倫理與社會」，其課程目標「能源議題」的專業知能是否也有進步？依據本章節之分析發現：認知層面的學習成長，包括經歷專題式學習路徑，完成不同主題的學習，並完成期末報告，展現其在該能源議題具有認知層面的學習與成長。除此之外，質性問題 7 是國人對能源問題的普遍迷思，研究對象也呈現正向成長狀況。另外，關於情意層面，以能源議題感知度調查也發現在能源議題的關心與了解程度、支持調漲油電價等情意相關面相皆有提升。顯示以素養培力教學除了完成專業認知學習，對於倫理課程最重視的情意面向也達到轉化，達成課程目標。

伍、結論

- 一、108-1 機械實務專題調查，從老師角度會遇到的問題面有團隊分工不均與專業能力不足以主導專題的狀況。建議從 2、3 年級，幫學生做好進入新領域學習的入門準備。另外，專題老師的認知從看到成品與走完歷程就完成的現況，更要以學生團隊的能力成長為目標。建議教育系統可以對有興趣的專題老師提供諸如專業經理人、課程跨域串聯的靈活機制等的長期培力。
- 二、本研究以專題培訓歷程比對 4C 素養與 12 年國教之三面九項核心素養，提出專題需要的項目包含團隊合作、溝通、自主行動、批判性思考、創意等五個項目。
- 三、在本課程實踐過程中五個項目皆有涵蓋，但主要涵蓋項目以團隊合作、溝通、自主行動為主與部分的批判性思考，課程實踐的結論摘錄如下：
 - （一）將學習經驗意見調查之量化指標與專題素養作比對，研究對象自評本學期之學習經驗以「團隊合作」為長項，而「自主行動」最弱。另外在「團隊合作」與「溝通」的整體面向而言，也是呈現被動接受的項目較優，需要自主行動展現的項目得分會較低的趨勢。
 - （二）學生質性回饋與素養對應發現：「團隊合作」確實是造成學生在「白板競賽」享受或困難的因素；「倫理初探」讓學生關於「批判性思考」有一些正面的感受性，但在初始的階段；「世界咖啡館」的「溝通」效益優，但跑台部分會由於新主題陌生、新組別缺乏信任、怯於表達等因素而造成溝通失效。建議未來需要在場地適當、學生對主題熟悉與新組別信任建設做加強。
 - （三）小組成員互評表顯示 95% 滿意組員的團隊合作，不到 5% 是不滿意。結果與同學自評將團隊合作評為最高分是相呼應的。但互評的高滿意度，是否來自同學不認為團隊合作是學習項目，而不該相互要求？舉例而言，學習經驗意見調查之質性回饋顯示「團隊合作」確實是造成學生在白板競賽困難的因素，如組員躺分等。建議在期初喚醒學生對於素養認知，並於學期期間多由活動現況促進學生做團隊交流。
- 四、「工程·倫理與社會」課程目標是能源議題的認知與情意層面提升。經過半學期以能源議題進行專題式教學，讓學生從知識建構到最後自主完成工程案例探究，期末的總結性評量顯示在認知層面的學習成長。情意層面以能源議題感知度調查發現在能源議題的關心與了解程度、支持調漲油電價等情意的面相皆有提升。顯示以素養培力導向的專題式教學除了完成專業認知學習，在倫理課程最重視的情意面向也達到轉化，達成課程目標。

陸、省思與建議

- 一、對照 108-1 學期「專題領導合作與敘事力」課程從老師的角度看到的專題素養狀況，與 108-2 學期「工程·倫理與社會」課程從學生的角度看到的專題素養狀況，老師為協助專題的成功會看到學生的不足，主要缺點是團隊合作的分工不均。然而從學生角度，團隊合作是素養中的強項，反而

自主學習才是難處。這樣的差異性會不會是實務專題的困境？也就是專題老師致力於讓每個專題生完成專題學習的工作，而學生的困難是在長期老師為中心的教育環境中，根本不熟悉要如何擔負專題學習的責任，以實踐自主專題的要求。

二、整體而言，本研究的緣起是要讓機械實務專題能真正發揮頂石課程功能。在本文的前行研究中揭露實務專題的現況，過程發現實務專題即是素養導向的 PBL，並整理出需要的素養項目，與素養需要提早培力的狀況。據此提出使用「工程·倫理與社會」單一實驗班級來進行教學（即有單組前後測設計），並驗證出專題素養培力在單一課程為可行，且實驗對象滿足該課程目標在知能與情意的成長。然而，本實驗設計是使用行動研究法，是一般慣用的設計方式，其優點是便利、且課程設計內容會隨每次回饋作調整，較能適合實務現場概況；其缺點在於缺乏對照組，較難了解學生的進步，是來自於素養導向教學、或者來自於自然成長等。除此之外，本文並未追蹤實驗對象在 109-1 學期的專題表現是否因為課程培力而提升，也是可以在未來深入探討的議題。

致謝

作者感謝南臺科技大學機械系蕭育仁、李雨青、瞿家駿、王聖璋與工業管理與資訊系陳淑玲、幼兒保育系高家斌、通識中心駱育萱等七位老師，在共同授課之協助；另外，此研究計畫經費來自教育部教學實踐研究計畫(包括計畫編號 PEE107153 和 PEE1090447) 與「108 教育部議題導向敘事力教學社群團隊培力計畫」- 子二 機械專題賦能=未來敘事人才進行式，作者在此也感謝其在研究經費上的支持。

參考文獻

- 王金國（2018）。以專題式學習法培養國民核心素養。**臺灣教育評論月刊**，7（2），107-111。
- 王智弘（2019）。素養導向師資培育與課綱轉化—教育 2030 的觀點。**臺灣教育評論月刊**，8（12），32-37。
- 王雅玲與詹寶菁（2017）。芬蘭新課程綱要及現象為本學習之探究兼論其對臺灣實施跨領域課程之啟示與挑戰。**教育脈動**，11，59-73。
- 王惠英（2018）。看懂新課綱關鍵字〉素養，是什麼？怎麼學？**今周刊**，1116。2018/05/04
<https://www.businessstoday.com.tw/article/category/80409/post/201805040013/%E7%9C%8B%E6%87%82%E6%96%B0%E8%AA%B2%E7%B6%B1%E9%97%9C%E9%8D%B5%E5%AD%97%E3%80%89%E7%B4%A0%E9%A4%8A%EF%BC%8C%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC%EF%BC%9F%E6%80%8E%E9%BA%BC%E5%AD%B8%EF%BC%9F>
- 台灣大學風險社會與政策研究中心（2018）。**台灣能源轉型公眾感知度調查報告（摘要版）**。
https://rsprc.ntu.edu.tw/images/phocadownload/107/1205/1071205_report.pdf。
- 李雪莉（2014）。設計學院 讓全世界搶著來上課。**天下雜誌**，561，176-179。
- 李佳容（2020）。教育 4.0 時代下的高等教育跨領域學習。**T&D 飛訊**，263，1-25。
- 邱于真（2014）。教與學的合頂石—總整課程（Capstone Course）。**評鑑雙月刊**，4。
<http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2014/04/28/6153.aspx>。

- 夏林清 (1997)。《行動研究方法導論—教師動手做研究》，(原作者：Altrichter, Posch & Somekh)。遠流出版事業股份有限公司。
- 許藝菊、蔡雅玲、楊劍豐與曾碧卿 (2020)。以情意教育為導向進行工程倫理課程之行動研究。《國立金門大學學報》，2 (8)，45—67。
- 張瑞雄 (2019)。素養課綱。《師友雙月刊》，613，14—18。 <https://www.ttbf.org.tw/assets/pdf/web/viewer.html?file=/assets/uploads/monthly/monthly5d4914b1e139f.pdf>。
- 張嘉育與林肇基 (2019)。推動高等教育跨領域學習：趨勢、迷思、途徑與挑戰。《課程與教學季刊》，22 (2)，31—48。
- 張民杰 (2018)。運用問題導向學習設計與實施素養導向教學可行性之探究。《課程研究》，13 (2)，43—58。
- 張德銳與林縵君 (2016)。PBL 在教學實習上的應用成效與困境之研究。《師資培育與教師專業發展期刊》，9 (2)，1—26。
- 張新仁、王金國、田耐青、汪履維、林美惠與黃永和 (2013)。《分組合作學習教學手冊》。教育部國民及學前教育署。
- 國家教育研究院 (2014)。《十二年國民基本教育課程發展建議書》。國家教育研究院。
- 教育部 (2014)。跨領域學位學程與學分學程網站。 <http://idp-moe.iiiedu.org.tw/history.php>。
- 陳雅惠與賓靜蓀 (2015)。芬蘭教育：每 10 年課綱改革，儲備未來能力。《親子天下》，73，142—144。
- 陳珮英 (2018)。跨領域素養導向課程設計工作坊之構思與實踐。《課程研究》，13 (2)，21—42。
- 劉青雯 (2020)。素養導向教學實踐之研究：以 PjBL 導入高中性教育為例。《師資培育與教師專業發展期刊》，13 (1)，75—100。
- 維基百科 (2020)。沉默的螺旋。2020/12/16 取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B2%89%E9%BB%98%E7%9A%84%E8%9E%BA%E6%97%8B>
- 關超然與李孟智 (2013)。《PBL 問題導向學習之理念、方法、實務與經驗》(第二版)。台灣愛思唯爾出版社。
- 羅寶鳳 (2017)。因應時代改變的終身學習：素養導向的教學與評量。《臺灣教育評論月刊》，6 (3)，24—27。
- ABET. (n.d.). *Rationale for revising criteria 3 and 5*. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/accreditation-alerts/rationale-for-revising-criteria-3/>
- BIE (2017). What is project based learning (PBL). http://www.bie.org/about/what_pbl
- Chen, S.L., Hsu, H.P., Lee, Y.C., Lo, Y.H., Kao, C.P., Chu, C.C., & Hsu, Y.C. (2020, Feb. 5—7). The pilot investigation of the competency-oriented collaboration practice in mechanical engineering students. *Proceeding of the 3rd Eurasian Conference on Educational Innovation (ECEI 2020)*, 73—9, Hanoi, Vietnam. https://doi.org/10.1142/9789811228001_0203
- Carleton, T., & Leifer, L.J. (2009, March 30—31). Stanford's ME310 course as an evolution of engineering design. *Proceedings of the 19th CIRP Design Conference—Competitive Design*, 547, Cranfield University, UK.

- Davies, M., & Devlin, M. (2010). Interdisciplinary higher education. In Tight, M. (Ed.), *International perspectives on higher education research* (pp. 3–28). Emerald Group Publishing Limited.
- Haws, D. R. (2001). Ethics instruction in engineering education: A (mini) meta-analysis. *Journal of Engineering Education*, 90(2), 223–229.
- Hess, J.L., & Fore, G.A. (2018). A systematic literature review of US engineering ethics interventions. *Science and Engineering Ethics*, 24(2), 551–583. <http://dx.doi.org/10.1007/s11948-017-9910-6>
- Hsu, Y.C. (2020). A pilot study to incorporate collaboration and energy competency into an engineering ethics course. *Education Sciences*, 10(3), 72. <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/3/72>
- Jones, B.D., Epler, C.M., Mokri, P., Bryant, L.H., & Paretto, M.C. (2013). The effects of a collaborative problem-based learning experience on students' motivation in engineering capstone courses. *Interdisciplinary Journal of Problem based Learning*, 7(2), 34–71.
- Kivunja, C. (2015). Teaching students to learn and to work well with 21st century skills: Unpacking the career and life skills domain of the new learning paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 1–11. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1060566.pdf>
- Holley, K.A. (2009). *Understanding interdisciplinary challenges and opportunities*. Wiley Periodicals, Inc.
- Malheiro, B., Guedes, P., Silva, M.F., & Ferreira, P. (2019). Fostering professional competencies in engineering undergraduates with EPS@ ISEP. *Education Sciences*, 9(2), 119.
- Millis, B.J., & Jr. Cottell, P.G. (1998). *Cooperative learning in higher education faculty*. Oryx Press.
- Mohd-Yusof, K., Helmi, S., Jamaludin, M.Z. & Harun, N.F. (2011). Cooperative problem-based learning (CPBL): A practical PBL model for a typical course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 6(3), 12–20. <https://www.learntechlib.org/p/45159/>.
- National Academy of Engineering. (2012). *Infusing real world experiences into engineering education*. The National Academies Press.
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2016). *Education 2030*. [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Passow, H.J. (2007). What competencies should engineering programs emphasize? A meta-analysis of practitioners' opinions informs curricular design. *Proceedings of the 3rd International CDIO Conference*, Cambridge, MA, United States
- Passow, H.J., & Passow, C.H. (2017). What competencies should undergraduate engineering programs emphasize? A systematic review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 475–526.
- Trop, I., & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for k-16 education* (2nd ed.). Association Supervision and Curriculum Development.
- Zandvoort, H., Van De Poel, I., & Brumsen, M. (2010). Ethics in the engineering curricula: Topics, trends and challenges for the future. *European Journal of Engineering Education*, 25(4), 291–302.