ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.มนตรี จุฬาวัฒนทล
ประธานกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) / e-mail : montri.chu@mahidol.ac.th

สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม

(STEM Education Thailand and STEM Ambassadors)

สรุปสำหรับผู้บริหาร

บทความนี้จะแนะนำให้ผู้อ่านได้รู้จักกับเรื่องสำคัญสองเรื่องที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กำลังดำเนินการ โดยร่วมมือกับหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ **1. สะเต็มศึกษาประเทศไทย (STEM Education Thailand)** อันเป็นวิธีการใหม่ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเรื่องที่ **2. ทูตสะเต็ม (STEM Ambassadors)** ผู้ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาประเทศไทย สืบเนื่องจากความจำเป็นที่ไทยต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ สสวท. จึงต้องนำสะเต็มศึกษามาช่วยสร้างคนไทยรุ่นใหม่ทุกคนให้มีความสามารถ เรียนรู้-คิด-ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน สามารถติดตามความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของวิทยาการใหม่ ๆ โดยการศึกษาอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และสามารถประกอบอาชีพหรือปฏิบัติงานที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอย่างแท้จริง เนื่องจากสะเต็มศึกษาต้องเชื่อมโยงวิชาการกับโลกแห่งความเป็นจริง ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงต้องปรับสามด้าน ได้แก่ 1. หลักสูตรจะต้องเน้นการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นสะเต็ม (STEM) นอกจากสาระความรู้แล้ว หลักสูตรยังต้องเน้นทักษะการคิดและการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน 2. การพัฒนาครูและอาจารย์ให้สามารถสอนในแนวสะเต็มศึกษา และ 3. ปรับการประเมินผลการเรียนที่รวมสาระและทักษะทางสะเต็มด้วย เพื่อเร่งการปรับทั้งสามด้านให้สัมพันธ์กับชีวิตจริง สสวท. จึงจำเป็นต้องจัดให้มีทูตสะเต็ม ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการประกอบอาชีพหรือปฏิบัติงานในภาครัฐและภาคเอกชนที่ต้องแข่งขันในระดับสากล ทูตสะเต็มจะช่วยแนะนำนักเรียนและครูให้สนใจเรียนรู้เรื่องที่จะมีประโยชน์อย่างแท้จริงในอนาคต

ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อการพัฒนาประเทศมาเป็นเวลานานแล้ว จึงได้จัดตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในปี พ.ศ. 2515 ได้ประกาศใช้พระราชบัญญัติสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2541 ซึ่งกำหนดวัตถุประสงค์ของ สสวท. ไว้ดังนี้

(1) ริเริ่ม ดำเนินการ ส่งเสริม ประสาน และจัดให้มีการศึกษาค้นคว้า วิจัย และพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ วิธีสอน และการประเมินผลการเรียนการสอนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีทุกระดับการศึกษา โดยเน้นการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นหลัก

(2) ส่งเสริม ประสาน และจัดให้มีการพัฒนาบุคลากร การฝึกอบรมครู อาจารย์ นักเรียน นิสิต และนักศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนและการค้นคว้าวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

(3) ส่งเสริม ประสาน และจัดให้มีการค้นคว้า วิจัย ปรับปรุง และจัดทำแบบเรียน แบบฝึกหัด เอกสารทางวิชาการ และสื่อการเรียนการสอนทุกประเภท ตลอดทั้งประดิษฐ์อุปกรณ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

(4) ส่งเสริมการพัฒนาระบบประกันคุณภาพและการประเมินมาตรฐานการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในสถานศึกษา

(5) พัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตลอดทั้งการส่งเสริมการผลิตครู อาจารย์ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

(6) ให้คำปรึกษาแนะนำแก่กระทรวง ทบวง กรม ส่วนราชการที่เรียกชื่ออย่างอื่น หน่วยงานอื่นของรัฐ หรือหน่วยงานของเอกชนที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการศึกษา หรือสถานศึกษา เฉพาะในเรื่องที่เกี่ยวกับอำนาจหน้าที่ตาม (1) ถึง (5)

ตลอดระยะเวลาสี่สิบปีเศษ สสวท. ได้ปฏิบัติงานอย่างเข้มแข็ง ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์อย่างครบถ้วนและต่อเนื่อง โดยสังเขป สสวท. ได้พัฒนาหลักสูตร คู่มือ ตำราและอุปกรณ์ประกอบการเรียนสาระวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ได้ร่วมการประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ ได้ผลิตและพัฒนาครูผู้มีความสามารถ ได้สร้างผู้มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บุคคลเหล่านี้ได้เป็นกำลังสำคัญในหน่วยงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของรัฐ สถาบันอุดมศึกษา ศูนย์วิจัยและพัฒนา และโรงเรียนสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทำไมประเทศไทยต้องใช้สะเต็มศึกษา?

ประเทศไทยอาจมีเหตุผลความจำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น นักเรียนที่สนใจเรียนสาขาวิทยาศาสตร์น้อยลง เนื่องจากเป็นการเรียนที่ยาก แต่สาขาศิลปศาสตร์เรียนได้ง่ายกว่า งานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหายากกว่า ได้ค่าตอบแทนน้อยกว่างานด้านอื่น ๆ เช่น บันเทิง ธุรกิจ ท่องเที่ยว แฟชั่น หรือการกีฬา แต่ผู้เขียนมีความเห็นว่า เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแบบสะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ แม้ สสวท. จะได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นที่ทราบกันว่าประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ด้อยกว่าหลายประเทศ เช่น เกาหลี สิงคโปร์และจีน ถึงแม้นักเรียนไทยสามารถชิงเหรียญรางวัลในการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ แต่การทดสอบความรู้และทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยยังแพ้เยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์

2. ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำ

แต่ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมายในประเทศ ในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นการที่ประเทศไทยยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นอีก ในปี พ.ศ. 2555 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้นำเสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา

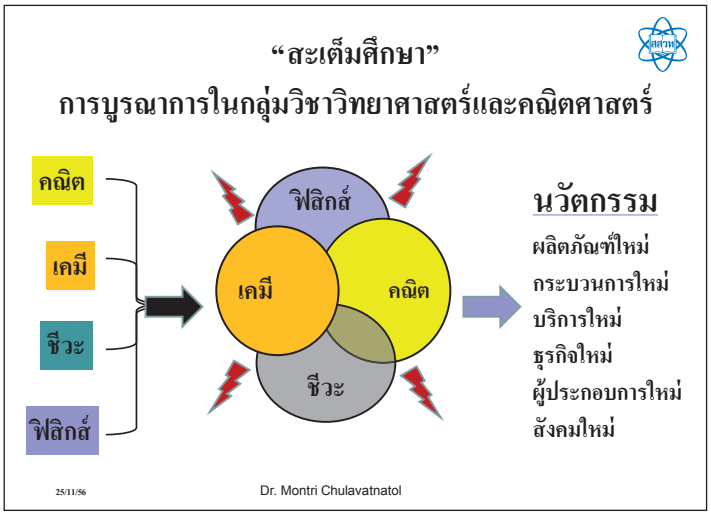
3. กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติแสดงว่าในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละสิบของแรงงานทั้งหมด ที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM workforce) ในจำนวนนี้ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี

สะเต็มศึกษาคืออะไร?

สะเต็มศึกษา คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ดังนั้น สะเต็มศึกษา จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้าง**นวัตกรรม**ใหม่ ๆ โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ ส่วนวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาระดับโรงเรียนหมายถึงการสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ไม่ได้จำกัดเฉพาะวิศวกรรมสาขาที่เรียนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ในสถาบันอุดมศึกษาเท่านั้น

อนึ่งคำว่า สะเต็ม (STEM) เป็นคำย่อที่มาจาก Science Technology Engineering & Mathematics หลายประเทศนิยมใช้คำนี้[1] แต่ก็มีบางคนอาจเติม A (Arts) กลายเป็น STEAM

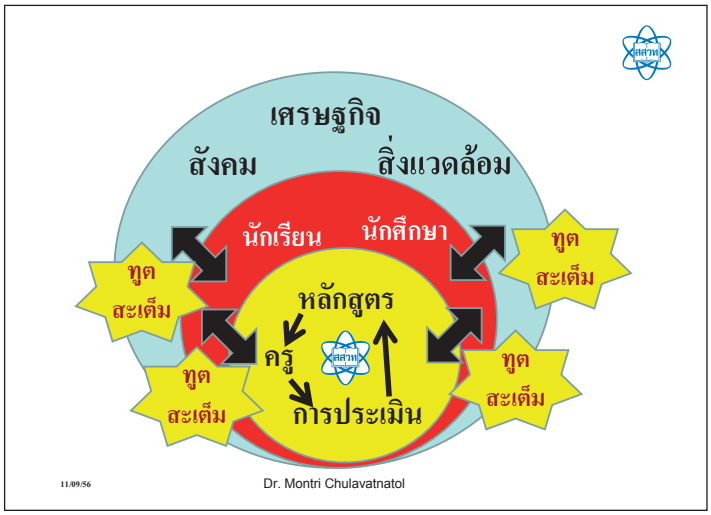


การปรับเปลี่ยนสู่สะเต็มศึกษาต้องทำอย่างไร?

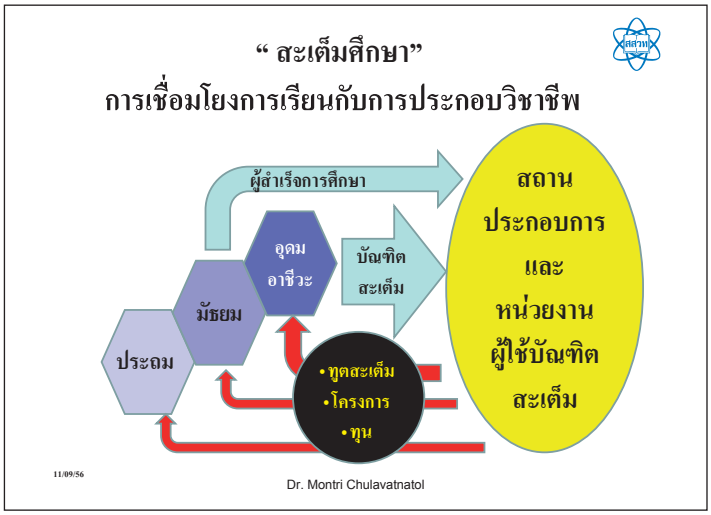
เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นวิธีใหม่ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับหลักสูตรในสามมิติ[2] กล่าวคือ มิติสาระจะเน้นความรู้ที่จำเป็นและทันสมัย และต้องแบ่งเวลาให้มิติการปฏิบัติในการคิดแก้ปัญหา การค้นคว้าหาข้อมูลและการทดลองทดสอบที่จะนำไปสู่ความรู้ใหม่หรือความจริงใหม่ ส่วนมิติบูรณาการสาระร่วมระหว่างวิชาแล้วทำโครงงานสร้างผลงานเชิงวิศวกรรมใหม่หรือนวัตกรรมที่ใช้ เมื่อมีการปรับหลักสูตร ครูก็ต้องปรับวิธีการสอนเนื้อหาสาระและสอนการคิดและการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์ การประเมินผลการเรียนก็ต้องประเมินทั้งสาระความรู้และทักษะในการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์ การปรับทั้งสามประการก็ยังต้องทำให้สอดคล้องกับสถานะของผู้เรียน ระดับชั้นเรียนและสภาวะแวดล้อมของสถานศึกษาด้วย นอกจากนี้ยังเตรียมผู้สำเร็จการศึกษาที่ต้องทำงาน หรือศึกษาต่อในสภาวะเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมในอนาคต

ทูตสะเต็มจำเป็นต่อการดำเนินสะเต็มศึกษา?

เนื่องจากสะเต็มศึกษาจะเน้นให้ผู้สำเร็จการศึกษาสามารถนำความรู้และทักษะการคิด วิเคราะห์แบบนักวิทยาศาสตร์และนักเทคโนโลยี ไปใช้ในชีวิตจริง การประกอบอาชีพและการศึกษาต่อ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความเชื่อมโยงกับสถานประกอบการและหน่วยงานที่จะรับผู้สำเร็จการศึกษาภาคบังคับ ภาคอาชีวศึกษา



และอุดมศึกษา โดยทั่วไปสถานที่จ้างงานมักจะให้ทุนสนับสนุนการศึกษา บ้างก็อาจจัดให้ผู้เรียนได้ทำโครงการที่เกี่ยวกับกิจการนั้น ๆ แต่ในบางประเทศ เช่น สหราชอาณาจักร[3] มีการจัดระบบที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญจากอุตสาหกรรม หรือ ศูนย์วิจัยและพัฒนา มาทำหน้าที่แนะนำครูและนักเรียนในโรงเรียนให้รู้จักงานที่ต้องใช้ความรู้และทักษะในการคิดวิเคราะห์ ทั้งนี้ก็เพื่อสร้างความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

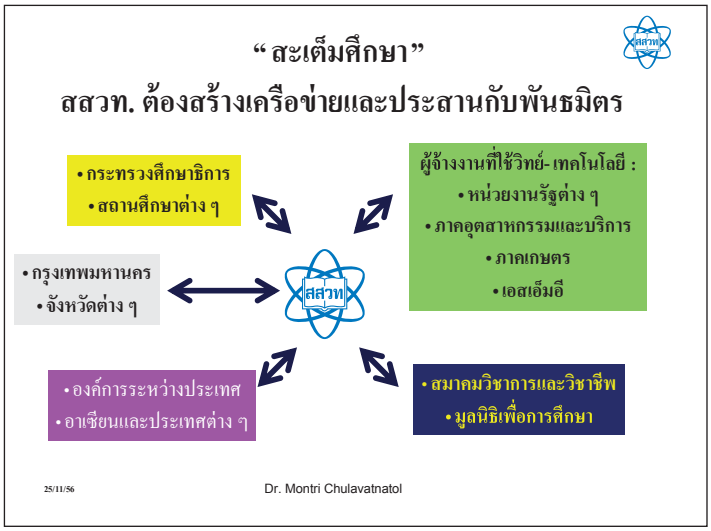


บทบาทของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

คณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีมติเห็นชอบให้ สสวท. ดำเนินการ สะเต็มศึกษา โดยให้จัดตั้งคณะกรรมการหนึ่งชุด และจัดตั้ง**ศูนย์สะเต็มศึกษา (STEM Academy)** เพื่อเริ่มทำโครงการนำร่องสะเต็มศึกษาใน 12 จังหวัด ๆ ละ 3 โรงเรียน ในปีแรก (พ.ศ. 2556) ศูนย์สะเต็มศึกษา เป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการดำเนินโครงการนำร่อง และจัดระบบการประชาสัมพันธ์ สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานต่าง ๆ ประสานการปรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และพัฒนาครูและการสอน ในปีที่สอง (พ.ศ. 2557) ศูนย์สะเต็มศึกษาของ สสวท. จะจัดให้มีการประเมินผลโครงการนำร่อง เพื่อพัฒนาเป็นแผนแม่บท (Master Plan) และแผนที่นำทาง (Roadmap) เพื่อนำไปสู่การยกร่างนโยบายแห่งชาติว่าด้วยสะเต็มศึกษาเสนอต่อรัฐบาล และเตรียมการขยายการดำเนินการขั้นต่อไป ซึ่งจะมุ่งการมีศูนย์สะเต็มศึกษา และทูตสะเต็มทุกจังหวัด เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนแบบบูรณาการตามกรอบสะเต็มศึกษาในโรงเรียนทั่วประเทศ นอกจากนี้ ในปีที่สอง สสวท. จะจัดตั้ง iSTEM เป็นศูนย์การกระจายสื่อการสอนผ่านทางอินเทอร์เน็ต และร้านสะดวกซื้อ เพื่อสนับสนุนสะเต็มศึกษา และจัดตั้ง**หอเกียรติยศสะเต็ม (STEM Hall of Fame)** เพื่อยกย่องเชิดชูเกียรตินักเรียน นักศึกษา ครู อาจารย์ ทูตสะเต็ม นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์และนักเทคโนโลยีดีเด่นของประเทศ

สะเต็มศึกษาประเทศไทย (STEM Education Thailand)

เนื่องจากการนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทยจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ดังนั้น สสวท. จึงจำเป็นต้องสร้างเครือข่ายพันธมิตรกับหลายหน่วยงาน นับตั้งแต่โรงเรียน สถาบันอาชีวศึกษา สถาบันอุดมศึกษา ส่วนราชการในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ นอกจากนี้ยังต้องขอความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งเป็นผู้จ้างผู้สำเร็จสะเต็มศึกษาสาขาต่าง ๆ รวมเรียกว่า **กำลังคนด้านสะเต็ม (STEM workforce)** ผู้จ้างงานเหล่านี้จะมีผู้เชี่ยวชาญที่จะทำหน้าที่เป็นทูตสะเต็มได้ และจะมีเครื่องมืออุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ โรงงาน อาคารและพื้นที่ภาคสนามที่จะให้นักเรียนไปเยี่ยมชมหรือฝึกงานได้ นอกจากนี้บางหน่วยงานอาจมอบโครงงานให้นักเรียนช่วยวิเคราะห์ทดสอบก็ได้ หน่วยงานที่ดูแลโรงเรียนในพื้นที่ เช่น กรุงเทพมหานคร หน่วยงานประจำจังหวัดก็ควรเป็นพันธมิตรกับ สสวท. ในการดำเนินงานสะเต็มศึกษาประเทศไทย เพื่อช่วยส่งเสริมและพัฒนางานอย่างยั่งยืน สสวท. จำเป็นต้องติดต่อกับหน่วยงานในต่างประเทศ สมาคมวิชาการและวิชาชีพ ตลอดจนมูลนิธิเพื่อการศึกษาด้วย ดังนั้นสะเต็มศึกษาประเทศไทยจึงไม่ใช่งานของ สสวท. แค่ฝ่ายเดียว แต่ต้องเป็นความร่วมมือจากทุกภาคส่วน[4]



ผลที่คาดหวัง

ผู้เขียนตั้งความหวังว่าเอกสารฉบับนี้จะช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และจะช่วยพัฒนาเครือข่ายที่จะนำสะเต็มศึกษาประเทศไทยสู่การปฏิบัติจนเกิดคุณประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะสนุก และมองเห็นอาชีพการงานที่สนใจจะทำหลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

3. ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรจะดีขึ้น

4. ปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่ห่างไกลจะบรรเทาลง ครูจะมีความเชื่อมั่นในสาระวิชาและกระบวนการสอนมากขึ้น แม้จะสอนไม่ตรงสาขาที่เคยเรียนมา

5. การศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จะเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี และกลุ่มสาระสุขศึกษาและพลศึกษา ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะครอบคลุม 4 กลุ่มสาระวิชาในจำนวนทั้งหมด 8 กลุ่มสาระวิชา ซึ่งเท่ากับว่านักเรียนไทยจะได้มีเวลาเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นเวลาครึ่งหนึ่งของเวลาเรียนทั้งหมด

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็ม ที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สรุป

สะเต็มศึกษาประเทศไทยเป็นความหวังในการสร้างเยาวชนไทยรุ่นใหม่ที่มีความรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรมและสิ่งใหม่ ๆ ที่จะนำไปสู่การประกอบอาชีพและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ประเทศไทยจะปรับตัวจากสังคมผู้บริโภคเป็นสังคมผู้สร้างนวัตกรรม

บรรณานุกรม

[1] Bybee, B. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*, 30-35.

[2] DCI Arrangements of the Next Generation Science Standards.

[3] STEM Ambassadors Illuminating Futures. STEMNET UK.

[4] Bayer Corporation. (2012). STEM Education, Science Literacy and the Innovation Workforce in America: 2012 Analysis and Insights from the Bayer Facts of Science Education Surveys 1995 - 2011.