ACADEMIC FOCUS
เอกสารวิชาการ

การบริหารจัดการน้ำ ในพื้นที่นอกพื้นที่เขตชลประทาน

สำนักวิชาการ
สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร

ดาวน์โหลดเอกสารได้จาก
https://library.parliament.go.th/

Academic Focus
พฤศจิกายน 2566

สารบัญ

บทนำ	1
สภาพปัญหา	2
การบริหารจัดการน้ำนอกพื้นที่เขตชลประทาน	2
การบริหารจัดการน้ำของต่างประเทศที่ประสบความสำเร็จ	19
บทสรุปและความเห็นของผู้ศึกษา	29
บรรณานุกรม	32

เอกสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์

สำนักวิชาการ
สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร
http://www.parliament.go.th/library

การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทาน

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมโดยมีน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งทางการเกษตร ในขณะเดียวกันประเทศไทยมีพื้นที่นอกเขตชลประทานจำนวนมากกว่าพื้นที่ในเขตชลประทาน ส่งผลให้ต้องอาศัยน้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลักในการทำการเกษตร การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานจึงมีการค้นหาและพัฒนาแหล่งน้ำ เพื่อให้มีการกักเก็บน้ำฝนไว้เป็นแหล่งน้ำสำรองสำหรับใช้ในช่วงฤดูแล้ง รวมทั้งมีการพัฒนาพื้นที่ให้สามารถรองรับน้ำในช่วงฤดูฝน เช่น การสร้างฝายเพื่อหน่วงดัก กัก ชะลอน้ำช่วยป้องกันและบรรเทาปัญหาน้ำท่วม

ปัจจุบันจากการร่วมมือกันในทุกภาคส่วน จึงมีน้ำบาดาลประกอบด้วยโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร ธนาคารน้ำใต้ดิน และมีฝายแกนดินซีเมนต์ตามศาสตร์พระราชา โครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว) ฝนหลวง รวมทั้งการจัดการน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริ เป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มน้ำต้นทุนสำหรับการนำน้ำมาใช้เพื่อการเกษตรในพื้นที่นอกเขตชลประทาน

อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการให้มีน้ำใช้อย่างยั่งยืนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อทุกภาคส่วนตระหนักถึงการใช้ประโยชน์จากน้ำอย่างรู้คุณค่า ประชาชนมีความร่วมมือร่วมใจในการบริหารจัดการน้ำภายในชุมชน และการจัดตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 จะก่อให้เกิดการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานที่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง

สภาพปัญหา

ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ทั้งสภาพดิน น้ำ และภูมิอากาศเป็นพื้นฐานสำคัญ จึงมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกทางการเกษตร โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณ 149.25 ล้านไร่ ซึ่งภายใต้พื้นที่การเกษตรดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีระบบชลประทานประมาณ 32.79 ล้านไร่ หรือร้อยละ 21.97 ของพื้นที่ทำการเกษตร ส่วนพื้นที่ที่เหลือ 116.45 ล้านไร่ หรือร้อยละ 78.02 เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมพัฒนาที่ดิน, 2565) พื้นที่นอกเขตชลประทานนั้นต้องอาศัยน้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลักในการทำการเกษตร จากการติดตามสถานการณ์ปริมาณฝนสะสมโดยสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ช่วงวันที่ 1 มกราคม–5 ตุลาคม 2566 พบว่าทั้งประเทศมีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,015.96 มิลลิเมตร น้อยกว่าค่าปกติร้อยละ 17.29 สำหรับปริมาณฝนสะสมรายภาค พบว่าพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีปริมาณฝนสะสมสูงสุด 2,025.64 มิลลิเมตร และภาคกลางมีปริมาณฝนสะสมต่ำสุด 631.09 มิลลิเมตร จากการเปรียบเทียบปริมาณสะสมกับค่าปกติ พบว่าทุกภาคยังคงมีค่าน้อยกว่าค่าปกติ ยกเว้นภาคใต้ฝั่งตะวันตก (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2566) ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้คาดการณ์พื้นที่เกษตรที่จะได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ปี 2566/67 จะมีพื้นที่นอกเขตชลประทานที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งจำนวน 60 จังหวัด พื้นที่ 9.17 ล้านไร่ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566ข) นอกจากมีโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งในพื้นที่นอกเขตชลประทานช่วงฤดูฝนแล้ว หากปริมาณฝนมีมากจนเกินไปพื้นที่นอกเขตชลประทานยังมีโอกาสประสบปัญหาน้ำท่วมพื้นที่ทางการเกษตรอีกด้วย โดยสภาพปัญหาภัยแล้ง น้ำท่วม มีสาเหตุเกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่ไม่เพียงพอหรือมากเกินไป การบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำและแหล่งน้ำสาธารณะ การเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของชุมชนเมือง การพัฒนาพื้นที่เศรษฐกิจการขยายตัวด้านอุตสาหกรรม การปลูกพืชที่ไม่เหมาะสมกับสภาพดินและน้ำ การสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริหารจัดการน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพเป็นปัญหาที่สะสมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันด้วยสาเหตุดังกล่าว จึงส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำทางการเกษตรและที่สำคัญพื้นที่นอกเขตชลประทานของประเทศไทยนั้นมีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ในเขตชลประทาน จึงส่งผลกระทบเป็นอย่างมากต่อการผลิตในภาคการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งรายได้สำคัญของประเทศ ดังนั้น รัฐบาลจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานให้มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง

การบริหารจัดการน้ำนอกพื้นที่เขตชลประทาน

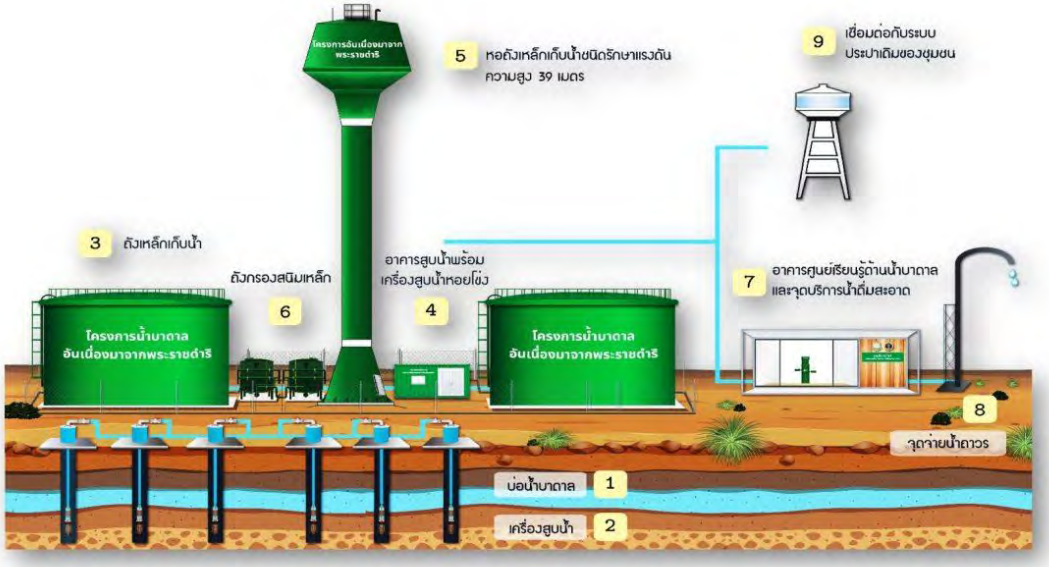
ประเทศไทยมีการบริหารจัดการน้ำนอกพื้นที่เขตชลประทานที่เกิดจากหน่วยงานราชการน้อมนำมาจากแนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร หน่วยงานภาครัฐ และภาคประชาชนร่วมมือกันในชุมชน เช่น น้ำบาดาล, ฝายแกนดินซีเมนต์ตามศาสตร์พระราชา, โครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว), ฝนหลวง และการจัดการน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริ กล่าวโดยสรุปได้ ดังนี้

1. น้ำบาดาล

1.1 โครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

จากการที่ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งเป็นระยะเวลายาวนานต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี ประกอบกับมีการขยายตัวของชุมชน ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำอุปโภคบริโภคมากขึ้น ระบบประปาที่มีอยู่เดิมไม่สามารถจ่ายน้ำได้ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ รวมถึงแหล่งน้ำจากผิวดินที่เป็นแหล่งน้ำหลักมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลทำให้ราษฎรประสบปัญหาขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคและทำการเกษตร พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชปณิธานอันแน่วแน่ที่จะสืบสาน รักษา และต่อยอดโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และแนวพระราชดำริต่าง ๆ ของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เพื่อบำบัดทุกข์บำรุงสุขแก่ราษฎรให้มีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ รับโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้ง ระยะแรก 15 โครงการ ครอบคลุม 11 จังหวัด ไว้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2564 เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของราษฎรที่ประสบปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยมีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นหน่วยงานรับผิดชอบ พิจารณาพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้งและขาดแคลนน้ำไม่มีศักยภาพในการเจาะบ่อน้ำบาดาล จำเป็นต้องทำการเจาะบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่พร้อมกับก่อสร้างระบบประปาบาดาลในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเพื่อช่วยเหลือราษฎรที่เดือดร้อน โดยจัดทำโครงการต้นแบบ จำนวน 2 พื้นที่ คือ โครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลดงเค็ง อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น และโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลหนองฝ้าย อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2565 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และสมเด็จพระนางเจ้าสุทิดา พัชรสุธาพิมลลักษณ พระบรมราชินี เสด็จพระราชดำเนินไปทรงเปิดโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในพื้นที่ตำบลหนองฝ้าย อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นโครงการต้นแบบ และทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ รับ “โครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้ง” เพิ่มเติม ระยะที่ 2 จำนวน 18 โครงการ ครอบคลุม 10 จังหวัด และระยะที่ 3 จำนวน 14 โครงการ ครอบคลุม 14 จังหวัด รวมจำนวนทั้งสิ้น 47 โครงการ ไว้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยมีส่วนราชการที่เกี่ยวข้องได้น้อมนำพระบรมราโชบายในการแก้ไขปัญหาความเดือดร้อนของราษฎร ไปดำเนินโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริอย่างต่อเนื่อง มีประชาชนได้รับประโยชน์ จำนวน 99,629 ครัวเรือน จำนวน 320,207 คน (หน่วยราชการในพระองค์, 2566) แสดงตามภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 แบบจำลองระบบน้ำบาดาลขนาดใหญ่

ที่มา: โครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, โดย หน่วยราชการในพระองค์, 27 กรกฎาคม 2566, สืบค้นจาก https://www.royaloffice.th/2023/07/27/โครงการจัดหาน้ำบาดาล-4/

1.2 โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร

พื้นที่การเกษตรของประเทศไทยส่วนใหญ่มักอยู่นอกเขตชลประทาน ไม่มีแหล่งน้ำผิวดินเพียงพอโดยเฉพาะฤดูแล้ง การนำน้ำบาดาลมาใช้เพื่อเกษตรกรรมช่วยสร้างอาชีพให้สามารถเพาะปลูกได้ตลอดปี ดังนั้น กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจึงกำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาจัดประเภทการใช้น้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรมให้สอดคล้องกับกิจการและลักษณะการใช้น้ำบาดาลของผู้ประกอบกิจการ ซึ่งพิจารณาจากการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเพาะปลูก การใช้น้ำบาดาลในที่ดินจัดสรรเพื่อสวนเกษตร การใช้น้ำบาดาลเพื่อการเลี้ยงสัตว์และการปศุสัตว์ประเภทต่าง ๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2564) ทั้งนี้ โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลจะเน้นการมีส่วนร่วมของท้องถิ่น และกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ร่วมกันบริหารจัดการแหล่งน้ำบาดาล โดยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มีแผนโครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร จำนวน 202 แห่ง ประกอบด้วย โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 150 แห่ง โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 300 ไร่ จำนวน 16 แห่ง และโครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 500 ไร่ จำนวน 36 แห่ง หากดำเนินการแล้วเสร็จจะเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนไม่น้อยกว่า 13.4136 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เกษตรกรจะได้รับประโยชน์มากกว่า 1,900 ครัวเรือน ครอบคลุมพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่า 31,800 ไร่ (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566) รายละเอียดโครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 สรุปได้ ดังนี้

1. โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรพื้นที่ 60 ไร่)

พื้นที่เป้าหมาย จำนวน 150 แห่ง รวม 61 จังหวัด คิดเป็นผู้ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 1,200 ครัวเรือน ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 4.8600 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และพื้นที่ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 9,000 ไร่ โดยมีหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการเข้าร่วมโครงการ คือ 1) พื้นที่มีความเดือดร้อนจริง 2) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการมอบพื้นที่ก่อสร้าง 3) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการรับมอบการบริหารจัดการและดูแลระบบให้ยั่งยืน 4) พื้นที่ให้บริการ ขนาดประมาณ 60 ไร่ 5) จำนวนเกษตรกร ไม่น้อยกว่า 8 ราย 6) ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ ไม่น้อยกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง/บ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 2566ก) แสดงตามภาพที่ 2 ดังนี้

ภาพที่ 2 โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 150 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 โดย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 3 มกราคม 2566ก, สืบค้นจาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9257

2. โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 300 ไร่

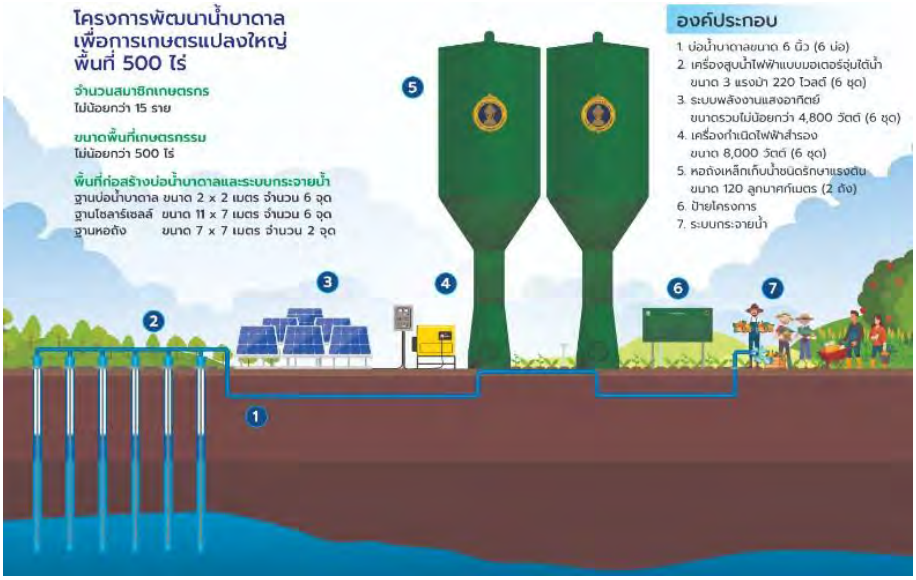
พื้นที่เป้าหมาย จำนวน 16 แห่ง รวม 15 จังหวัด คิดเป็นผู้ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 160 ครัวเรือน ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 1.5552 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และพื้นที่ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 4,800 ไร่ โดยมีหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการเข้าร่วมโครงการ คือ 1) พื้นที่มีความเดือดร้อนจริง 2) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการมอบพื้นที่ก่อสร้าง 3) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการรับมอบการบริหารจัดการและดูแลระบบให้ยั่งยืน 4) พื้นที่ให้บริการ ขนาดประมาณ 300 ไร่ 5) จำนวนเกษตรกร ไม่น้อยกว่า 10 ราย 6) ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ ไม่น้อยกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง/บ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 2566ข) แสดงตามภาพที่ 3 ดังนี้

ภาพที่ 3 โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 300 ไร่

ที่มา: โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 300 ไร่ จำนวน 16 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 โดย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 3 มกราคม 2566ข, สืบค้นจาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9192

3. โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 500 ไร่

พื้นที่เป้าหมาย จำนวน 36 แห่ง รวม 32 จังหวัด คิดเป็นผู้ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 540 ครัวเรือน ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 6.9984 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และพื้นที่ได้รับประโยชน์ไม่น้อยกว่า 18,000 ไร่ โดยมีหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการเข้าร่วมโครงการ คือ 1) พื้นที่มีความเดือดร้อนจริง 2) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการมอบพื้นที่ก่อสร้าง 3) ท้องถิ่นมีความพร้อมในการรับมอบการบริหารจัดการและดูแลระบบให้ยั่งยืน 4) พื้นที่ให้บริการ ขนาดประมาณ 500 ไร่ 5) จำนวนเกษตรกร ไม่น้อยกว่า 15 ราย 6) ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง/บ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 2566ค) แสดงตามภาพที่ 4 ดังนี้



ภาพที่ 4 โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 500 ไร่

ที่มา: โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 500 ไร่ จำนวน 36 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 โดย กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 3 มกราคม 2566ค, สืบค้นจาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9183

กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจะดำเนินงานสำรวจและพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสม

1.1) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง และทบทวนข้อมูลเบื้องต้นด้านสภาพธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา ศักยภาพน้ำบาดาลทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์พื้นที่น้ำบาดาลที่มีศักยภาพในการพัฒนาโครงการ

1.2) สำรวจข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม ประกอบด้วย ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ธรณีวิทยาสัณฐาน อุทกธรณีวิทยาและข้อมูลบ่อน้ำบาดาล พร้อมทั้งทำการตรวจวัดระดับและคุณภาพน้ำบาดาล สำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน (Surface Geophysical Investigation) เพื่อหาขอบเขตการแผ่กระจายตัวของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

ขั้นตอนที่ 2 การเจาะและพัฒนาบ่อ

2.1) ดำเนินการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล โดยมีรูปแบบการก่อสร้างบ่อตามมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินและหินที่ความลึกทุก ๆ 1 เมตร โดยต้องติดแผ่นป้ายแสดงหมายเลขบ่อ ความลึกเจาะ และความลึกพัฒนา ตามรูปแบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

2.2) ดำเนินการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ (Geophysical borehole logs or Electric logs) ของหลุมเจาะในข้อ 2.1)

2.3) สูบทดสอบปริมาณน้ำด้วยอัตราการสูบคงที่ (Constant-rate Pumping Test) ของบ่อน้ำบาดาลในข้อ 2.1) โดยดำเนินการสูบทดสอบปริมาณน้ำ เป็นระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง หรือจนกว่าระดับน้ำจะคงที่ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง และวัดระดับน้ำคืนตัว (Recovery Test) จนกว่าระดับน้ำจะคืนตัวถึงระดับน้ำก่อนสูบโดยดำเนินการสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล (Hydraulic Properties of Aquifers) ได้แก่ สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K) และสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) เพื่อนำไปกำหนดขนาดเครื่องสูบน้ำบาดาล พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.4) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางเคมี (Physical and chemical quality of groundwater) แบบสมบูรณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ให้ทราบถึงคุณภาพน้ำบาดาลทั้งทางกายภาพและทางเคมีแบบสมบูรณ์ ทั้งนี้ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังกล่าว อ้างอิงตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ยกเว้นในกรณีที่พบสารปนเปื้อนหรือค่าผิดปกติที่จะมีผลต่อชั้นน้ำบาดาลสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลได้ตามความเหมาะสม

2.5) การวิเคราะห์ แปลความหมายและประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะในด้านต่าง ๆ ของชั้นน้ำบาดาลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล

ขั้นตอนที่ 3 การก่อสร้างระบบกระจายน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร

ขั้นตอนที่ 4 ติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินการในแต่ละกิจกรรม ให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนด รวมทั้งจัดทำรายงานสรุปผลการดำเนินงานโครงการ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล, 2566ก)

1.3 ธนาคารน้ำใต้ดิน

ธนาคารน้ำใต้ดิน คือ รูปแบบการบริหารจัดการแหล่งน้ำใต้ดิน โดยการนำน้ำฝนหรือน้ำท่ามาเติมลงสู่ใต้ดิน และมีการนำขึ้นมาใช้ในช่วงที่มีความจำเป็นหรือขาดแคลน เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาภัยแล้งและบรรเทาปัญหาน้ำท่วม ซึ่งปัจจุบันมีทั้งรูปแบบธนาคารน้ำใต้ดินระบบเปิดที่เป็นสระ และธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดที่เป็นการขุดบ่อเติมน้ำและใส่วัสดุกรองน้ำไว้ในบ่อ (คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.), คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะทำงานขับเคลื่อนโครงการธนาคารน้ำใต้ดิน, 2564, น. 1)

หลักการของธนาคารน้ำใต้ดิน คือ การนำน้ำไปเก็บไว้ใต้ดินด้วยการขุดบ่อในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังหรือบริเวณซึ่งเป็นจุดรวมของน้ำเพื่อทำให้น้ำไหลซึมลงไปสู่ชั้นใต้ดิน มีลักษณะเปรียบได้กับธนาคารสำหรับเก็บสะสมน้ำ โดยสามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ตามความต้องการ โดยธนาคารน้ำใต้ดินมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1) ธนาคารน้ำใต้ดินระบบเปิด โดยการขุดบ่อน้ำหรือสระน้ำให้ลึกผ่านชั้นดินเหนียวจนถึงชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) เช่น หินทรายเพื่อให้ชั้นหินอุ้มน้ำดูดซับน้ำลงไปสู่ชั้นน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลเพราะชั้นหินอุ้มน้ำมีรูพรุนยอมให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย โดยขนาดของบ่อน้ำอาจมีความกว้าง 25 เมตร ยาว 40 เมตร หรือขนาดกว้าง 40 เมตร ยาว 40 เมตร ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ ซึ่งอาจจะขุดบ่อน้ำใหม่หรือทำการปรับปรุง

สระน้ำเก่าที่มีอยู่เดิมก็ได้ โดยมีความลึกเฉลี่ยในการขุดประมาณ 7-15 เมตร เพื่อให้ถึงชั้นหินอุ้มน้ำมีค่าใช้จ่ายประมาณ 100,000-500,000 บาทต่อบ่อน้ำ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และระยะเวลาในการขุด การทำธนาคารน้ำใต้ดินให้มีประสิทธิภาพจะขุดหลาย ๆ บ่อในบริเวณใกล้เคียงกัน โดยมีระยะห่างประมาณ 1-1.5 กิโลเมตร เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงของระบบการไหลของน้ำใต้ดิน โดยน้ำสามารถแพร่กระจายไปตามชั้นหินอุ้มน้ำและซึมผ่านไปยังบ่ออื่น ๆ ได้ ในฤดูฝนจะเป็นการเติมน้ำลงสู่ธนาคารน้ำใต้ดินผ่านชั้นหินอุ้มน้ำจนถึงชั้นน้ำใต้ดิน ในขณะเดียวกันน้ำจากชั้นใต้ดินก็จะซึมผ่านชั้นหินอุ้มน้ำขึ้นมาเพิ่มปริมาณน้ำในบ่ออย่างสม่ำเสมอ วิธีการนี้จึงเหมาะสมกับพื้นที่เกษตรกรรมเนื่องจากเกษตรกรสามารถสูบน้ำจากบ่อมาใช้เพาะปลูกได้ตลอดปี

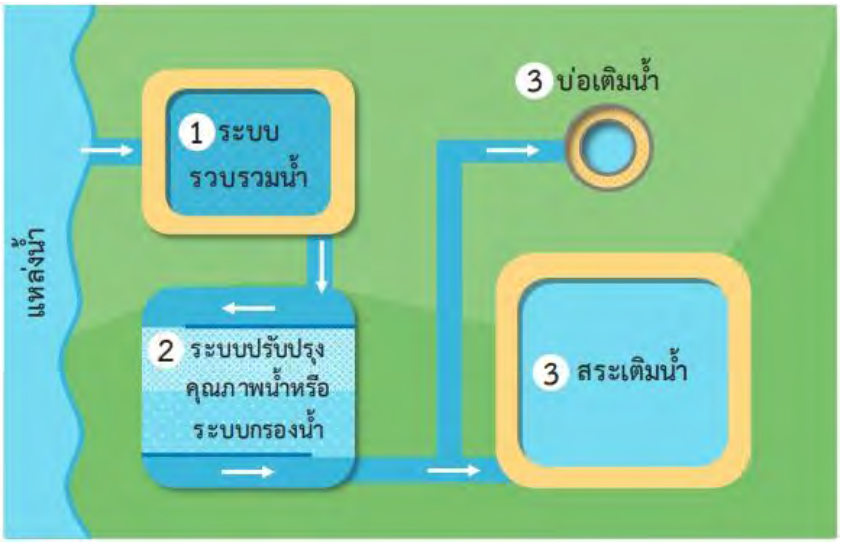
2) ธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิด คือ การเก็บน้ำไว้ใต้ดินในระดับชั้นดินเหนียว โดยการขุดบ่อให้มีความกว้างประมาณ 1-1.5 เมตร และความลึกประมาณ 1.5-3 เมตร ตามความเหมาะสมกับพื้นที่ จากนั้นจะนำท่อพีวีซีหรือลำไม้ไผ่ที่ทะลุข้อแล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 นิ้ว ตั้งไว้ตรงกลางบ่อเพื่อเป็นช่องระบายอากาศแล้วจึงใส่เศษหิน เศษอิฐ เศษไม้ หรือวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมลงไปในบ่อจนเต็ม เมื่อถึงฤดูฝนน้ำจะไหลลงบ่อและซึมไปยังชั้นดินได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยป้องกันหรือแก้ปัญหาน้ำท่วมพร้อมกับการเติมน้ำลงใต้ดินเพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้กับผิวดินและรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน สำหรับค่าใช้จ่ายในการทำธนาคารน้ำใต้ดินระบบปิดนี้มีราคาประมาณ 1,000 บาทต่อบ่อน้ำ (บัวหลวง ฝ้ายเยื่อ, รุ่งโรจน์ ฝ้ายเยื่อ, กนกพร คุ้มภัย และ พงศ์ไพบูลย์ ตุลารักษ์, 2564, น. 1-3)

การเติมน้ำใต้ดิน คือ การเพิ่มเติมปริมาณน้ำลงไปในชั้นใต้ดิน โดยการนำน้ำฝน น้ำท่วมหลาก หรือน้ำผิวดินอื่น ๆ เติมลงสู่ใต้ดินในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเป็นการเก็บสะสมน้ำไว้ในชั้นใต้ดิน เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ในช่วงเวลาที่ขาดแคลนเป็นการแก้ไขปัญหาการลดลงของระดับน้ำบาดาลจากการที่มีการสูบใช้ที่เกินสมดุล โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบเติมน้ำใต้ดินโดยทั่วไปมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

1. ระบบรวบรวมน้ำ ทำหน้าที่รวบรวมน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำฝนเข้าไปกักเก็บไว้ในบ่อรวบรวมน้ำหรือบ่อพักน้ำ เพื่อให้น้ำมีการปรับสภาพและลดความขุ่น

2. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นระบบที่ให้น้ำมีการปรับสภาพ หรือระบบที่ทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาดโดยระบายน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำหรือบ่อพักน้ำตามข้อ 1 เข้าสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือระบบกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีตามความเหมาะสม เช่น วิธีการกรองผ่านวัสดุกรองน้ำ หรือการใช้สารเคมีก่อนที่จะส่งไปเติมลงชั้นใต้ดิน

3. ระบบเติมน้ำ เป็นบ่อหรือสระที่ใช้เป็นที่ใช้สำหรับเติมน้ำลงชั้นใต้ดิน โดยนำน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วจากข้อ 2 ลงสู่ระบบเติมน้ำ ซึ่งอาจเป็นบ่อเติมน้ำหรือสระเติมน้ำต่อไป โดยการก่อสร้างแต่ละระบบจะต้องมีการควบคุมการก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบการก่อสร้างหรือปรับตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ สรุปได้ตามภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 แสดงองค์ประกอบของระบบการเติมน้ำใต้ดิน

ที่มา: คู่มือการเติมน้ำใต้ดิน (ปี 2564) โดย คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.), คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะทำงานขับเคลื่อนโครงการธนาคารน้ำใต้ดิน, ธันวาคม 2564, สืบค้นจาก http://www.dgr.go.th/th/downloadFile/?file=q2MZMT1jMl50A2xkrQujYJ1cq2SZnT1HMl10ZJx1rQEjZJ03qmMZA202Mmy0Z2x1rQMjZJ0gq2IZoT1cM2M0Y2yyrTkjnJ1zql9Zp213M2l0ozxirTEjLJ1iq2kZpT11Ml90pzyarTEjY213q3qZq20iM3W0LJy2rP8WewEb3Q&n=

ระบบของการเติมน้ำใต้ดินสามารถจำแนกได้ 4 ระบบ ดังนี้

1. ระบบเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นผ่านบ่อวงคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นวิธีการรวบรวมน้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำที่ไหลหลาก ผ่านระบบกรองกรวดทรายและบ่อวงคอนกรีตเสริมเหล็กลงสู่ชั้นดินชั้นหินที่น้ำซึมผ่านได้ดี

2. ระบบเติมน้ำฝนจากหลังคาผ่านบ่อวงคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นการรวบรวมน้ำฝนจากหลังคาบ้านเรือนและอาคารสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ โดยทำการต่อท่อรวบรวมน้ำฝนจากหลังคามาเติมลงสู่บ่อวงคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นบ่อเติมน้ำ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเป็นบ่อน้ำบาดาลหรือสระก็ได้ วิธีนี้ประชาชนทั่วไปสามารถทำได้ง่าย ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำฝนถือว่าเป็นน้ำที่สะอาดสามารถเติมผ่านบ่อเติมน้ำได้ทันที แต่มีข้อจำกัด คือ ปริมาณน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่หลังคาและปริมาณน้ำฝนที่ตก

3. ระบบเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นผ่านสระ เป็นการขุดสระโดยเปิดหน้าดินให้ลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้น ซึ่งอาจเป็นชั้นกรวดทรายหรือผิวหน้าของชั้นหินที่มีรอยแตกที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ดี เพื่อรับน้ำที่ระบายจากแหล่งน้ำผิวดิน หรือน้ำท่วมหลากที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำจนมีความเหมาะสม แล้วเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการซึมของน้ำโดยสระนี้ จะทำหน้าที่เหมือนแก้มลิงที่จะช่วยกักเก็บไว้และช่วยชะลอน้ำให้มีเวลาซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำดิบที่มีปริมาณน้ำและคุณภาพที่เหมาะสม ระบบเติมน้ำใต้ดินโดยวิธีอื่น ๆ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้รวบรวมวิธีการเติมน้ำใต้ดินทั้งในและต่างประเทศ 5 วิธีการหลัก จาก Dillon (2005) และ IGRAC (2018) ประกอบด้วย 1) วิธีการเติมน้ำผ่านบ่อ 2) วิธีเก็บเกี่ยวน้ำฝน 3) วิธีการเติมน้ำผ่านชั้นตะกอนริมน้ำ 4) วิธีการเติมน้ำผ่านทางน้ำ และ 5) วิธีการเติมน้ำแบบแพร่กระจาย

ซึ่งการเติมน้ำใต้ดินในประเทศไทยได้เริ่มทดลองโดยหน่วยงานราชการที่มีภารกิจด้านทรัพยากรน้ำบาดาล เช่น กรมทรัพยากรธรณีโดยกองน้ำบาดาล และกรมโยธาธิการโดยกองพัฒนาบ่อบาดาลมาแล้วไม่น้อยกว่า 30 ปี ต่อมาภารกิจด้านทรัพยากรน้ำบาดาลได้โอนมาอยู่ภายใต้หน่วยงานที่ตั้งขึ้นใหม่ คือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในระยะต่อมาภาคประชาชน ภาคเอกชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ริเริ่มทำการเติมน้ำใต้ดินในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาด้านแหล่งน้ำในพื้นที่ของตนเอง ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการเติมน้ำใต้ดินที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้นำไปสู่การปฏิบัติและไม่ให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำบาดาลในภาพรวม (คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.), คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะทำงานขับเคลื่อนโครงการธนาคารน้ำใต้ดิน, 2564, น. 1, น. 7, น. 9, น. 40, น. 102, น. 118)

2. ฝายแกนดินซีเมนต์ตามศาสตร์พระราชา

ดินซีเมนต์ (Soil cement) คือ การปรับปรุงคุณสมบัติดินทางวิศวกรรมด้วยการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 กับดินให้เข้ากันผสมผงปูนซีเมนต์เข้าไปในดินให้เข้ากัน มีอัตราส่วน 1:20–1:40 และนำมาผสมน้ำด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วทำการบดอัดแน่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดินซีเมนต์เมื่อเกิดปฏิกริยาไฮเดรชั่นสิ้นสุดลงจะเกิดผลึกดินซีเมนต์ที่ขรุขระ คดเคี้ยวลักษณะทางกายภาพเช่นนี้จะช่วยยืดเส้นทางเดินของน้ำใต้ดินมากขึ้น ทำให้ระยะการเดินทางของน้ำมากยิ่งขึ้น จะส่งผลให้น้ำใต้ดินมีแรงดันที่ลดลง น้ำจึงไม่สามารถนำพาเม็ดดินออกไปได้ ดังนั้น ฐานรากของฝายแกนดินซีเมนต์จึงมีความมั่นคงและสามารถหน่วง ดัก กัก ชะลอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อดินจะพิจารณาจากชนิดของดิน สัดส่วนจำนวนคละของดิน ลักษณะการใช้งานของดินซีเมนต์ ผลการทดสอบความแข็งของตัวอย่างดินซีเมนต์โดยค่ากำลังรับน้ำหนักต้องไม่น้อยกว่า 21 ksc หรือเทียบเท่าค่า CBR ร้อยละ 30 สรุปได้ตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปการรับน้ำหนักของดินซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ

ลำดับที่	ชนิดของดิน	อัตราส่วนผสม		
		1:10	1:15	1:20
1	ดินเหนียว	65 ksc	47 ksc	38 ksc
2	ดินเหนียวปนทราย	67 ksc	51 ksc	37 ksc
3	ดินทรายเหนียวปนดินเหนียว	67 ksc	51 ksc	37 ksc
4	ดินลูกรัง	75 ksc	56 ksc	48 ksc
5	ดินทรายแป้ง	57 ksc	43 ksc	29 ksc
6	ดินทรายปนกรวด	74 ksc	52 ksc	35 ksc
7	ดินร่วนปนทราย	68 ksc	45 ksc	30 ksc
8	ดินร่วนปนดินเหนียว	65 ksc	47 ksc	32 ksc

ที่มา: สืบสาน รักษา ต่อยอด สร้างสุขปวงประชาด้วยการน้อมนำศาสตร์พระราชามาประยุกต์ใช้เป็นฝายแกนดินซีเมนต์, โดย กรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา, ม.ป.ป., สืบค้นจาก https://anyflip.com/rjpir/vwux

ฝายแกนดินซีเมนต์เป็นฝายที่มีแกนเป็นร่องลึกฝังลงไปในดินลึก 4 เมตร และแผ่ออกด้านข้างอีกข้างละ 4 เมตร สามารถกักเก็บและสะสมน้ำในชั้นใต้ดิน เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมากกว่าฝายแบบทั่วไปที่ไม่มีแกน ภายในแกนดินซีเมนต์ประกอบด้วยเม็ดดินใหญ่น้อยยึดเหนี่ยวกันแน่นหนา นอกจากนี้ น้ำที่อยู่ระดับใต้สันฝายจะถูกร่องแกนกักเก็บสะสมไว้ก่อนถูกดูดซับให้ซึมผ่านเข้าสู่ชั้นใต้ดินและลาดตลิ่งด้านข้าง เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งน้ำที่ถูกดูดซับไปเก็บกักภายในชั้นดินดังกล่าว ก็จะซึมออกมาเติมลงไปในลำน้ำทำให้มีน้ำใช้ตลอด ขั้นตอนการผสมดินซีเมนต์กล่าวโดยสรุปได้ ดังนี้

1. นำผงปูนซีเมนต์ผสมกับดินตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. จากนั้นจึงสเปรย์ด้วยน้ำให้ทั่วถึงเมื่อความชื้นเหมาะสมจะสามารถปั้นดินให้เป็นก้อนได้ ลักษณะของเม็ดดินที่ได้สัดส่วนจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำดินซีเมนต์เพื่อให้ได้ความแข็งแรง
3. ทำการเกลี่ยปรับแต่งฝายให้เป็นชั้น ๆ มีความหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร ต่อชั้น
4. จากนั้นจึงทำการบดอัดแน่นด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักรให้มีความแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน
5. ระหว่างรอยต่อชั้นต่อชั้นให้ทำผิวหยาบแล้วราดน้ำปูนให้ทั่วพื้นผิวก่อนทำการลงดินซีเมนต์ชั้นต่อไป

แสดงตามภาพที่ 6 ดังนี้

ภาพที่ 6 ฝายแกนดินซีเมนต์ที่ตำบลทุ่งชมพู อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น
ที่มา: จีนชื่นชมไทย ใช้นวัตกรรม 'ฝายแกนดินซีเมนต์' ต้านภัยแล้ง โดย บริษัท ไทย บิซ พาโนรามา่ จำกัด สืบค้นจาก https://www.tap-magazine.net/blog-th/cementdam

การสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ใช้ระยะเวลาในการสร้างประมาณ 20 วัน โดยฝายแกนดินซีเมนต์สูง 2 เมตร จะฝังแกนดินลึก 4 เมตร ใช้งบประมาณ จำนวน 500,000 บาท ดร.สังศิต พิริยะรังสรรค์ ได้เสนอว่า ประเทศไทยมี 22 ลุ่มน้ำ ลุ่มน้ำชีมีความยาวมากที่สุด ระยะทางประมาณ 1,000 กิโลเมตร ถ้าสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ความสูง

2 เมตร ระยะทุก ๆ 5 กิโลเมตร ในแม่น้ำชีจะมีฝายแกนดินซีเมนต์ จำนวน 200 ฝาย หากสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ลักษณะนี้ 22 ลุ่มน้ำ จะได้ฝายแกนดินซีเมนต์ 4,400 ฝาย หากการสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ 1 ฝาย ใช้เงินงบประมาณ 1 ล้านบาท จะใช้เงินงบประมาณ รวมทั้งสิ้น 4,400 ล้านบาท แต่กักเก็บน้ำได้ร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั่วประเทศ ในขณะเดียวกันรัฐบาลต้องจัดสรรเงินงบประมาณให้แต่ละจังหวัดประมาณ 500 ล้านบาท ผ่านองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ในแม่น้ำสายหลัก แม่น้ำสายรอง และลำน้ำต่าง ๆ โดยฝายแกนดินซีเมนต์ขนาดเล็กใช้เงินงบประมาณฝายละ 500,000 บาท เท่ากับแต่ละจังหวัดมีฝายแกนดินซีเมนต์ จำนวน 1,000 ฝาย ครอบคลุมการใช้น้ำทั้งจังหวัดในประเทศไทย 76 จังหวัด ใช้เงินงบประมาณ 38,000 ล้านบาท ดังนั้น ต้นทุนรวมในการสร้างฝายแกนดินซีเมนต์ทั้ง 22 ลุ่มน้ำ รวมกับ 76 จังหวัด เท่ากับ 42,400 ล้านบาท (ลมกรด, 2566)

ประโยชน์ของฝายแกนดินซีเมนต์ สรุปได้ดังนี้

1. สร้างง่าย รวดเร็ว ด้วยวัสดุที่มีอยู่ทุกพื้นที่ แข็งแรง ดูแลรักษาง่ายเพียงพอต่อการแก้ไขปัญหาภัยแล้งได้ในเวลาที่จำกัด

2. เสริมความมั่นคงด้านน้ำ ส่งผลให้ภาคเกษตรกรรมมีแผนการผลิตที่แน่นอน ลดความเสี่ยง ลดความเสียหายด้านผลผลิตทางการเกษตรได้เป็นจำนวนมาก

3. ฝายแกนดินซีเมนต์บางแห่งทำหน้าที่เป็นฝายกั้นน้ำหรือฝายชะลอความชุ่มชื้น (CHECK DAM) เพื่อยกระดับน้ำในแม่น้ำให้สถานีสูบน้ำสามารถสูบและส่งน้ำแล้วเข้าสู่ระบบกระจายน้ำเพื่อการเกษตรได้ตลอดปี

4. ลดความรุนแรงจากปัญหาน้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วมเฉียบพลัน ปัญหาดินโคลนถล่มให้บรรเทาความรุนแรงลง

5. ลักษณะทางน้ำล้นของฝายแกนดินซีเมนต์คล้ายธรรมชาติไม่เป็นปัญหาในการขยายพันธุ์ของสัตว์น้ำ

6. ช่วยคืนความชุ่มชื้นฟื้นฟูวัฏจักรเก็บกักน้ำผิวดิน โดยได้ความจุปริมาณน้ำใต้ดินที่มากกว่าฝายประเภทอื่น

7. ทำหน้าที่เป็นแก้มลิงกักน้ำเป็นช่วง ๆ ในลุ่มน้ำ จึงคายน้ำเป็นน้ำซับที่ช่วยผลักดันน้ำเค็มในช่วงปลายน้ำด้วย (กรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา, ม.ป.ป., น. 6-14)

3. โครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มอบหมายให้กรมพัฒนาที่ดิน จัดทำโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน โดยการขุดสระน้ำในไร่นาขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร และให้เกษตรมีส่วนร่วมในการออกค่าใช้จ่าย จำนวนเงิน 2,500 บาทต่อบ่อ เป็นการบรรเทาสภาพปัญหาภัยแล้ง การขาดแคลนน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำในพื้นที่ทำการเกษตร ซึ่งคณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติ และมอบหมายให้กรมพัฒนาที่ดินดำเนินการก่อสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2548 เป็นต้นมา

การคัดเลือกพื้นที่เป้าหมาย

1. พื้นที่ซึ่งจะดำเนินการก่อสร้างแหล่งน้ำในไร่นาขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร ต้องเป็นพื้นที่ทำการเกษตรและมีเอกสารสิทธิที่ดินที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้ออกให้

2. พื้นที่เป้าหมายจะต้องเป็นพื้นที่อยู่นอกเขตชลประทาน ขาดแคลนระบบที่จะจัดส่งน้ำไปถึงได้ตลอดปี และประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเป็นประจำหรือแล้งซ้ำซาก ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการเข้าไปตรวจสอบพื้นที่ หรือสอบถามเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานในพื้นที่ โดยสถานีพัฒนาที่ดินควรจะมีการทำรายงานบันทึกข้อสังเกตไว้

3. พื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างแหล่งน้ำในไร่นาตามเงื่อนไขของโครงการต้องเป็นพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพในการเก็บกักน้ำ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่จะสามารถกักเก็บได้ ตามระดับความเหมาะสมของดิน ได้แก่ ความซึมน้ำของดิน (Permeability) ปริมาณหินพื้นที่โผล่อยู่บนดิน ความลาดชันของพื้นที่ไม่ควรเกินร้อยละ 15 และเป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ไม่ดี หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เป็นดินทรายซึ่งหากก่อสร้างไปจะทำให้ไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ได้

4. ในกรณีขุดสระน้ำความลึกไม่เกิน 3 เมตร ควรมีพื้นที่ดำเนินการจากปากสระน้ำข้างละ 2 เมตร เช่น พื้นที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 29x31.5 เมตร โดยจะใช้ก่อสร้างสระน้ำอย่างน้อยกว้าง 25 ยาว 27.5 ลึก 3 เมตร

5. พื้นที่ดำเนินการให้มีการจัดกลุ่มเป้าหมายการจัดสรรพื้นที่ก่อสร้างโดยขนาดของกลุ่มและการกระจายตัวของสระน้ำต้องเหมาะสมกับการบริหารจัดการเครื่องจักรกล ได้แก่ การจัดชุดเครื่องจักรกลเข้าทำงาน การเคลื่อนย้ายเครื่องจักรกลให้มีขนาดเหมาะสมกับระดับเศรษฐกิจซึ่งจะมีผลต่อการดำเนินการที่ทันเวลาและคุ้มค่ากับการลงทุน

การที่กรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว) ขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำไว้ใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรนอกเขตชลประทาน หรือในพื้นที่ระบบส่งน้ำชลประทานไปไม่ถึง ช่วยเพิ่มผลผลิตและรายได้แก่เกษตรกร อีกทั้งยังเป็นการบรรเทาปัญหาภัยแล้งให้กับเกษตรกร และเพื่อให้มีอายุการใช้งานได้นานจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาบ่อจิ๋วอย่างเหมาะสม เช่น ปลูกหญ้าแฝกรอบขอบบ่อเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน เพราะดินที่พังทลายลงไปในบ่อจะเกิดการสะสมเป็นตะกอนส่งผลให้การเก็บกักปริมาณน้ำในบ่อน้อยลง ควรตรวจสอบสภาพ ปริมาณและคุณภาพน้ำในบ่ออย่างต่อเนื่อง หากปริมาณน้ำในบ่อน้อย เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณน้ำในบ่อช่วงฤดูฝน โดยกำหนดทิศทางการไหลของน้ำฝนในพื้นที่อื่นให้ไหลเข้าบ่อมากที่สุด ในฤดูแล้งมีวิธีเติมน้ำลงบ่อโดยสูบน้ำใต้ดิน ด้วยระบบโซล่าเซลล์เพื่อสะสมน้ำในบ่อให้เพียงพอต่อกิจกรรมทางการเกษตร ในด้านคุณภาพน้ำควรมีการเลี้ยงปลากินพืช เช่น ปลานิล ไว้เป็นอาหารสำหรับเกษตรกร และมีการใช้ปุ๋ยหมักวางไว้ขอบบ่อเพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำในไร่นาอย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566ก) แสดงตามภาพที่ 7 ดังนี้

ภาพที่ 7 โครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน
ที่มา: “บ่อจิ๋ว” แหล่งน้ำเพื่อเกษตรกร เพิ่มผลผลิต สร้างรายได้ สู้ภัยแล้ง, โดย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 14 กรกฎาคม 2566ก, สืบค้นจาก https://www.moac.go.th/news-preview-451491791784

4. ฝนหลวง

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงสรุปขั้นตอนกรรมวิธีการปฏิบัติการฝนหลวงโดยทรงประดิษฐ์ภาพ “ตำราฝนหลวง” ด้วยคอมพิวเตอร์แสดงขั้นตอนและกรรมวิธีการดัดแปลงสภาพอากาศให้เกิดฝนจากเมฆอุ่นและเมฆเย็น และพระราชทาน “ตำราฝนหลวง” แก่นักวิทยาศาสตร์ฝนหลวง เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2542 เพื่อให้เป็นแบบอย่างใช้ในการปฏิบัติการฝนหลวง โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติการฝนหลวงตามตำราฝนหลวงได้ 6 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ปฏิบัติการเพื่อเร่งให้เกิดเมฆในขณะที่ท้องฟ้าโปร่งหรือมีเมฆเดิมก่อตัวอยู่บ้าง และมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 60 โดยโปรยสารฝนหลวง สูตร 1 คือ เกลือแป้ง: NaCl ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแกนกลั่นตัว (Cloud Condensation Nuclei: CCN) ในการดูดซับความชื้นที่มีอยู่ในอากาศเกิดการควบแน่นกลายเป็นเม็ดน้ำและรวมตัวกันเป็นเมฆ และเมฆเหล่านี้จะพัฒนาขึ้นเป็นเมฆก้อนใหญ่

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติการเพื่อเร่งการพัฒนาตัวของเมฆที่ก่อขึ้น หรือเมฆเดิมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยโปรยสารฝนหลวง สูตร 6 (แคลเซียมคลอไรด์: $CaCl_2$) หรือสูตร 8 (แคลเซียมออกไซด์: CaO) เข้าไปในกลุ่มเมฆที่ระดับสูงกว่าฐานเมฆไม่น้อยกว่า 1,000 ฟุต เมื่อสารฝนหลวงละลายน้ำหรือดูดซับความชื้นหรือเม็ดน้ำภายในเมฆทำให้เกิดความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาของไอน้ำกับสารฝนหลวงโดยตรง และมีความร้อนอันเนื่องมาจากการคายความร้อนแฝงจากการกลั่นตัวรอบ CCN อีกทั้งพลังความร้อนจากแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ จะช่วยเร่งหรือเสริมแรงยกตัวของมวลอากาศภายในเมฆยกตัวขึ้น เร่งการกลั่นตัวของไอน้ำและการรวมตัวกันของเม็ดน้ำภายในเมฆ ทำให้เมฆเจริญเติบโตต่อไปได้ดี ก่อยอดสูงขึ้นและมีความหนาแน่นมากขึ้น จนมีขนาดใหญ่และก่อยอดขึ้นถึงระดับ 15,000 ฟุต ได้เร็วกว่าที่จะปล่อยให้เจริญเติบโตขึ้นเองตามธรรมชาติ

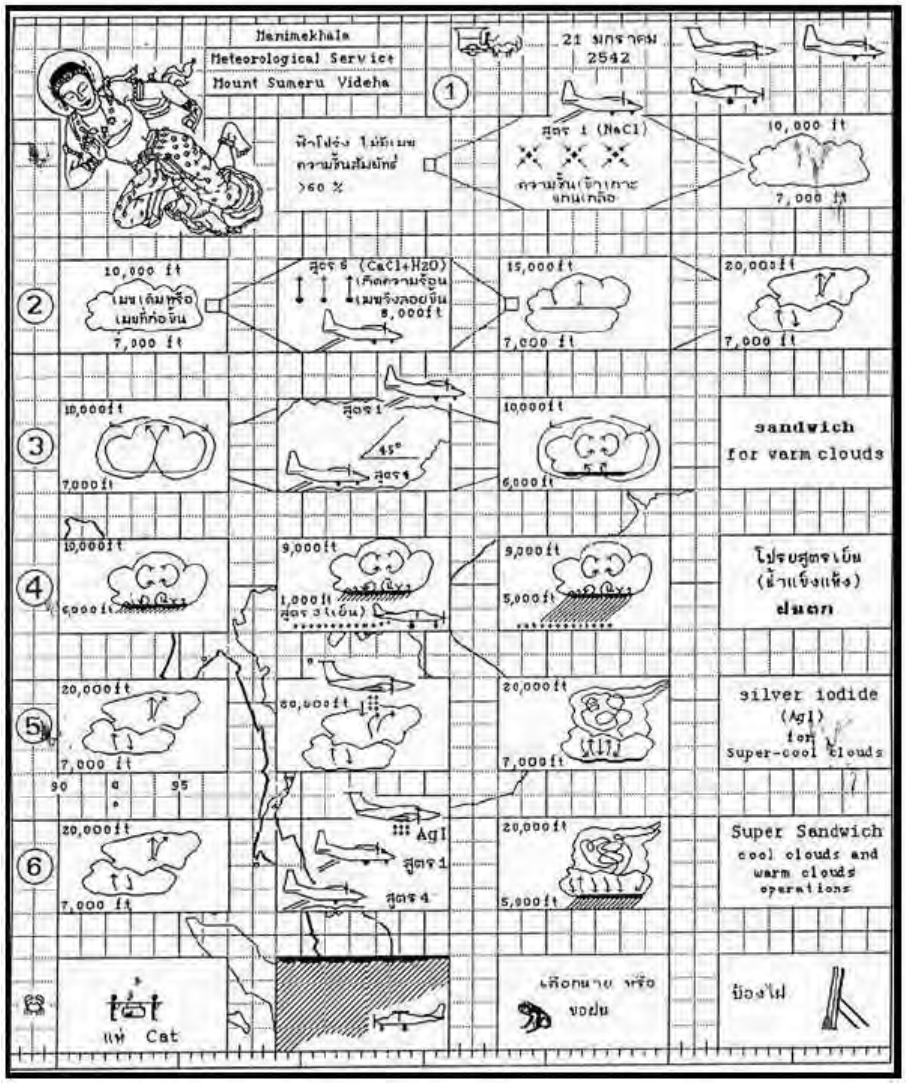
ซึ่งการยกตัวขึ้นและจมตัวลงของมวลอากาศการกลั่นและการรวมตัวของเม็ดน้ำยังคงเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกันไป บางครั้งก้อนเมฆอาจจะมีแรงยกตัวมากพอที่จะทำให้ยอดเมฆเจริญเติบโตขึ้นไปถึงระดับ 20,000 ฟุต ซึ่งเรียกว่า “เมฆเย็น” คือ เมฆที่มีอุณหภูมิภายในยอดเมฆต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง 0 องศาเซลเซียส และเมฆนั้นกำลังเคลื่อนตัวตามทิศทางลมเข้าหาพื้นที่เป้าหมายหวังผลที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 3 คือ ขั้นตอนเร่งหรือบังคับให้เกิดฝน เมื่อเมฆอุ่นเจริญเติบโตขึ้น ยอดเมฆคมชัด เมฆมีความหนามากกว่า 3,000 ฟุต ฐานเมฆเรียบสีเทาและเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมายจะทำการบังคับให้มีฝนตกด้วยเทคนิคการโจมตีเมฆอุ่นด้วยเทคนิค Sandwich โดยใช้เครื่องบินเมฆอุ่นตั้งแต่ 2 ลำ เครื่องหนึ่งโปรยสารฝนหลวง สูตร 1 คือ เกลือแป้ง: NaCl ทับยอดเมฆหรือไหล่เมฆที่ระดับ 9,000-10,000 ฟุต ทางด้านเหนือลมของก้อนเมฆ ส่วนเครื่องบินอีกเครื่องหนึ่งโปรยสารฝนหลวง สูตร 4 คือ ยูเรีย: $Co(NH_2)_2$) ที่ระดับฐานเมฆแนวโปรยสารฝนหลวงทั้งสองทำมุมเยื้องกันประมาณ 45 องศา เพื่อทำให้ฐานเมฆเริ่มลดระดับลง จากการที่เม็ดน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีปริมาณและความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ร่วงหล่นสู่บริเวณฐานเมฆหนาแน่นจนใกล้ตกเป็นฝนหรือเริ่มตกเป็นฝน

ขั้นตอนที่ 4 คือ การเสริมการโจมตีเมฆอุ่น เพื่อเพิ่มปริมาณฝนให้มากขึ้น โดยการโปรยเกล็ดน้ำแข็งแห้งที่บริเวณต่ำกว่าฐานเมฆประมาณ 1,000 ฟุต เพื่อปรับลดอุณหภูมิของอากาศใต้ฐานเมฆ ซึ่งจะช่วยลดการระเหยของน้ำออกจากเม็ดฝนลง ซึ่งกลุ่มฝนจะตกจากฐานเมฆถึงพื้นดินได้เร็วขึ้น และเม็ดฝนมีขนาดใหญ่ฝนจึงตกหนักขึ้น และทำให้ได้ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าการปล่อยให้ตกเองตามธรรมชาติ และนำมาสู่การเกิดกลุ่มฝนเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่ตามเป้าหมายได้แม่นยำขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 คือ การโจมตีเมฆเย็นด้วยพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) ที่ระดับความสูง 20,000 ฟุตขึ้นไปเพื่อให้ไอน้ำระเหยจากเม็ดน้ำเย็นยิ่งยวด (Super Cooled Vapour) มาเกาะรอบพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ ทำให้มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นจำนวนมากยิ่งขึ้นบริเวณยอดเมฆ และมีกระแสอากาศปั่นป่วน เนื่องจากการคายความร้อนแฝงผลึกน้ำแข็งจะเจริญเติบโตได้ดี และตกลงมาละลายกลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน หรือรวมตัวกับเม็ดน้ำในเมฆอุ่นเป็นเม็ดน้ำขนาดใหญ่ขึ้นและเป็นฝนตก

ขั้นตอนที่ 6 คือ การโจมตีแบบซุปเปอร์แซนวิช (Super Sandwich) ขณะที่ทำการโจมตีเมฆอุ่นตามขั้นตอนที่ 3 และทำการโจมตีเมฆเย็นตามขั้นตอนที่ 5 ควบคู่ไปในขณะเดียวกัน จะทำให้ฝนตกหนักและต่อเนื่องยาวนาน มีปริมาณน้ำฝนสูงยิ่งขึ้น เนื่องจากการประสานประสิทธิภาพของการโจมตีเมฆอุ่นในขั้นตอนที่ 3 และโจมตีเมฆเย็นในขั้นตอนที่ 5 ปฏิบัติการพร้อมกันหรือช่วงเวลาใกล้เคียงกัน (กรมฝนหลวงและการบินเกษตร, กองปฏิบัติการฝนหลวง, กลุ่มวิชาการปฏิบัติการฝนหลวง, 2566) แสดงตามภาพที่ 8 ดังนี้



ภาพที่ 8 ตำราฝนหลวงพระราชทาน

ที่มา: สรุปถอดบทเรียนประจำปี 2566 โครงการ “สัมมนาการจัดทำ AFTER ACTION REVIEW ถอดบทเรียนจากการปฏิบัติการฝนหลวง”, โดย กรมฝนหลวงและการบินเกษตร, กองปฏิบัติการฝนหลวง, กลุ่มวิชาการปฏิบัติการฝนหลวง, กุมภาพันธ์ 2566, สืบค้นจาก https://www.royalrain.go.th/UploadFile/11232425660526.pdf

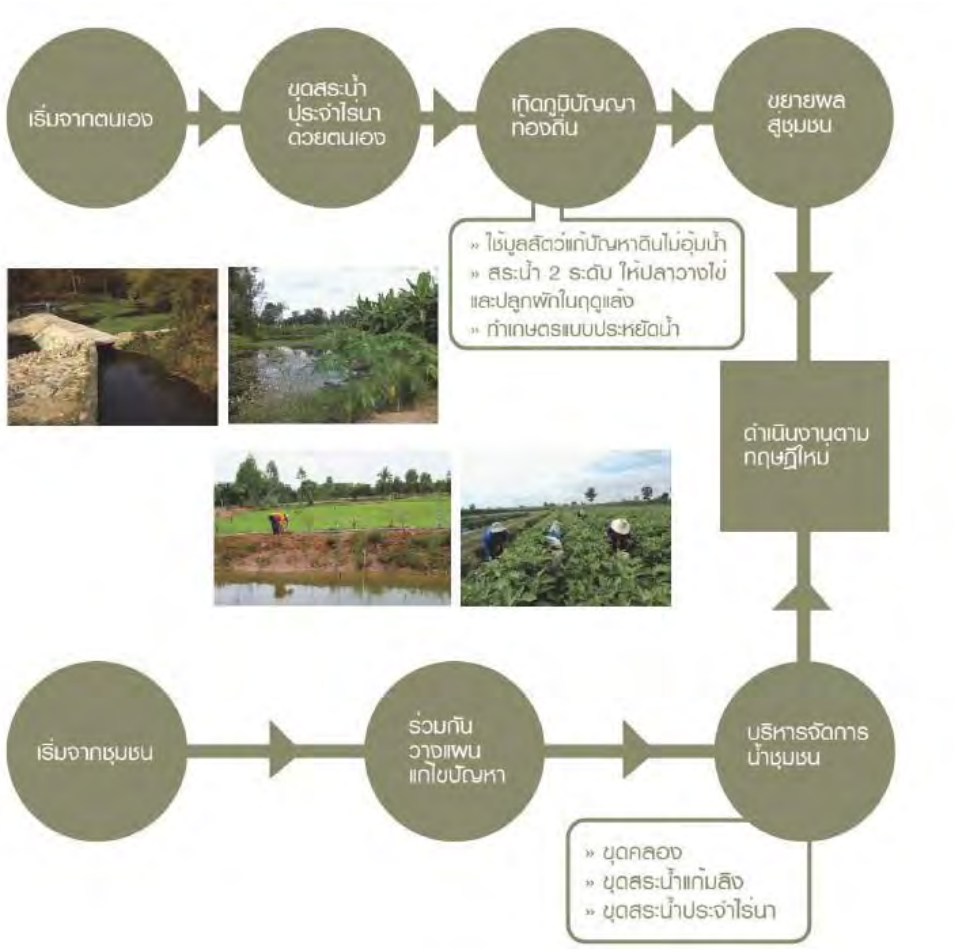
อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันสถานการณ์ในพื้นที่การเกษตรมีปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมอย่างต่อเนื่อง ทำให้หลายพื้นที่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเกษตร บางพื้นที่เกิดน้ำท่วมขังและน้ำป่าไหลหลาก รวมถึงเขื่อนและอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำกักเก็บอยู่ในเกณฑ์น้ำมาก และประกอบกับช่วงเวลานี้ประเทศไทยกำลังจะเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว ซึ่งทำให้โอกาสในการปฏิบัติการฝนหลวงลดน้อยลง กรมฝนหลวงและการบินเกษตรจึงได้ปรับแผนการปฏิบัติการฝนหลวง ประจำปี 2566 โดยได้กำหนดให้ปิดหน่วยปฏิบัติการฝนหลวง จำนวน 11 หน่วยทั่วประเทศ ได้แก่ หน่วยปฏิบัติการฝนหลวงจังหวัดตาก เชียงใหม่ พิษณุโลก กาญจนบุรี ลพบุรี ขอนแก่น นครราชสีมา สุรินทร์ ระยอง นครศรีธรรมราช และหน่วยปฏิบัติการฝนหลวง อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยให้เครื่องบินเดินทางกลับที่ตั้ง ณ สนามบินนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ตั้งแต่วันที่ 15 ตุลาคม 2566 เป็นต้นไป อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อม กรมฝนหลวงและการบินเกษตร

ได้จัดตั้งหน่วยปฏิบัติการฝนหลวงเคลื่อนที่เร็ว จำนวน 3 ชุด โดยมีเครื่องบินสำหรับปฏิบัติการชุดละ 2 ลำ ชุดที่ 1 เป็นเครื่องบินขนาดกลาง 2 ลำ ส่วนชุดที่ 2 และ ชุดที่ 3 ใช้เครื่องบินขนาดเล็กชุดละ 2 ลำ เพื่อพร้อมปฏิบัติการฝนหลวงให้กับพื้นที่ที่ยังมีความต้องการน้ำ รวมทั้งพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทาน

สรุปผลการปฏิบัติการฝนหลวงตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 ถึงวันที่ 9 ตุลาคม 2566 มีการขึ้นบินปฏิบัติการฝนหลวง 188 วัน รวม 4,037 เที่ยวบิน มีการรายงานฝนตกจากการปฏิบัติการ 184 วัน คิดเป็นร้อยละ 89.1 มีจังหวัดที่มีรายงานฝนตก 67 จังหวัด โดยมีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ จำนวน 192.63 ล้านไร่ และมีน้ำไหลเข้าเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ จำนวน 272 แห่ง ปริมาณน้ำสะสมรวม 599.73 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยการปฏิบัติการฝนหลวงในระยะต่อจากนี้ กรมฝนหลวงและการบินเกษตรยังคงเน้นย้ำให้ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงทั่วประเทศ ติดตามสภาพอากาศอย่างใกล้ชิดและให้ปฏิบัติการฝนหลวงในช่วงที่สภาพอากาศมีความเหมาะสม เพื่อช่วยเหลือพื้นที่ที่มีความต้องการน้ำต่อไป (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566ค)

5. การจัดการน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริ

การจัดการน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร นับเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มความเข้มแข็งและความมั่นคงในการจัดการน้ำของประเทศไทย แม้นว่าประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำต้นทุนมากแต่ไม่สามารถเก็บกักหรือนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยต้องประสบปัญหาภัยแล้ง และน้ำท่วมซ้ำซากเป็นประจำทุกปี แต่หากมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี มีการวางแผน รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ก็สามารถบริหารจัดการน้ำได้ วิธีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำชุมชนในพื้นที่น้ำแล้งและน้ำหลากที่สำคัญ คือ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อเป็นพื้นที่กักเก็บน้ำเวลาน้ำหลาก หรือน้ำฝน และเป็นแหล่งสำรองน้ำไว้ใช้ในเวลาหน้าแล้ง การพัฒนาแหล่งน้ำทำได้หลายวิธี เช่น การขุดลอกหนอง บึง หรือแหล่งน้ำอื่นภายในชุมชน เพื่อเพิ่มปริมาณการกักเก็บน้ำ การทำสระเก็บน้ำตามการจัดพื้นที่ตามทฤษฎีใหม่ด้วยการจัดการแหล่งน้ำและที่ดินเพื่อแก้ปัญหาความแห้งแล้งดินเสื่อมคุณภาพ โดยเริ่มจากประชาชนทำการขุดสระเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้เพื่อทำการเกษตรตลอดปีในพื้นที่ของตน โดยใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านในการจัดการร่วมกับแนวทางพระราชดำริทฤษฎีใหม่ การปรับปรุงสภาพลำน้ำเพื่อเวลาน้ำหลากน้ำไหลผ่านได้โดยสะดวกช่วยลดความรุนแรงของการเกิดน้ำหลากได้ การจัดทำพื้นที่แก้มลิงหรือพัฒนาพื้นที่ลุ่มเพื่อกักเก็บน้ำ และเพื่อพัฒนาพื้นที่เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำหลากและสำรองน้ำไว้ใช้เวลาหน้าแล้ง เป็นต้น การจัดการน้ำชุมชนถือเป็นการจัดการแหล่งน้ำทั้งตามธรรมชาติและที่สร้างขึ้นเอง การจัดรูปที่ดินโดยมุ่งเน้นให้ชุมชนมีแหล่งน้ำสะอาดเพื่อใช้อุปโภค บริโภค และทำการเกษตร รวมทั้งสามารถเป็นแหล่งรับน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมและสำรองไว้ในช่วงหน้าแล้ง โดยชุมชนเป็นผู้วิเคราะห์ปัญหาของชุมชนโดยใช้ความคิดริเริ่มภูมิปัญญา และการเรียนรู้ของตนเพื่อการวางแผนจัดการ และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา โดยบริหารจัดการได้เอง มีกระบวนการคิดแสดงความเห็น กลั่นกรอง ตัดสินใจ และลงมือทำร่วมกัน รวมทั้งรับการสนับสนุนจากภาครัฐ ภาคเอกชน กระทั่งสามารถพึ่งพาตนเองได้เป็นหลัก ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการจัดการน้ำในท้องถิ่นของตนเองอย่างเป็นรูปธรรม (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2560, น. 7, น. 14-16) แสดงตามภาพที่ 9 ดังนี้



ภาพที่ 9 การจัดการน้ำชุมชนในพื้นที่น้ำแล้งและน้ำหลาก

ที่มา: คู่มือการจัดการทรัพยากรน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริ ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, โดย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), พฤษภาคม 2560, สืบค้นจาก https://www.hii.or.th/wp-content/uploads/2019/10/2017-คู่มือการจัดการทรัพยากรน้ำชุมชน_web.pdf

การบริหารจัดการน้ำของต่างประเทศที่ประสบความสำเร็จ

ประเทศอิสราเอล (Israel) เป็นประเทศที่มีสภาพอากาศแห้งแล้งขั้นรุนแรง โดยมีพื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกเพียงร้อยละ 20 ของประเทศ และพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกปกคลุมไปด้วยทะเลทราย ซึ่งติดอันดับต้น ๆ ของโลกว่ามีปริมาณฝนตกน้อย แต่ประเทศอิสราเอลสามารถเปลี่ยนประเทศจากพื้นที่ทะเลทรายให้กลายเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยการบริหารจัดการน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดด้วย 4 เทคโนโลยี (น้ำคอยได้, 2564) สรุปได้ดังนี้

1. Water Recycling คือ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ประเทศอิสราเอลสามารถนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่าร้อยละ 86 ซึ่งถือว่ามากที่สุดในโลก โดยศูนย์บำบัดน้ำเสียในเมืองชาฟดัน ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของกรุงเทลอาวีฟ ถือเป็นโรงงานบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศอิสราเอลครอบคลุมเขตเทศบาล 7 แห่ง ในพื้นที่ใกล้เคียง ปัจจุบันสามารถบำบัดน้ำเสียสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตร ได้ประมาณปีละ

130 ล้านลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามความปลอดภัยของประชาชนต้องมาเหนือสิ่งอื่นใด ด้วยเหตุนี้กฎหมายของประเทศอิสราเอลจึงกำหนดให้พืชที่จะได้รับการหล่อเลี้ยงด้วย “น้ำประเภทสอง” เช่นนี้ จะต้องเป็นพืชที่ใช้งานเพื่อการอุตสาหกรรมเท่านั้น และต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียดว่า สารเคมีที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในน้ำจะไม่เป็นอันตรายต่อสภาพดินในบริเวณนั้นด้วย (ภัทราพร ไพบูลย์ศิลปะ, 2560)

2. Desalination คือ การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล โดยกระบวนการแยกเกลือออกจากน้ำ ทำให้สามารถเปลี่ยนน้ำทะเลให้เป็นน้ำดื่มคุณภาพ ปัจจุบันประเทศอิสราเอลผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 585 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

3. Combating Leaky Infrastructure คือ การแก้ไขปัญหาน้ำรั่วในระบบลำเลียง โดยประเทศอิสราเอลหลายแห่งได้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบลำเลียงน้ำในชุมชนเมือง แก้ไขปัญหาน้ำรั่วในระบบประหยัดน้ำในครัวเรือน

4. Drip Irrigation Systems คือ ระบบชลประทานน้ำหยด เกิดจากการคิดค้นของบริษัทเนตาฟิม (Netafim) ที่หยดน้ำลงไปยังรากของพืชโดยตรงเป็นระบบการให้น้ำแก่พืชในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำได้สูงถึงร้อยละ 70 หรือร้อยละ 80 จึงเป็นการประหยัดน้ำอย่างมากและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น บริษัทเนตาฟิม (Netafim) จึงเป็นต้นแบบของการคิดค้นระบบน้ำหยดแห่งแรกของโลกที่ทำให้ผืนทะเลทรายกลายเป็นแปลงเกษตร โดยใช้ระบบที่ต้นทุนน้อย ประหยัดเวลา แต่ได้ผลผลิตถึง 3 เท่า มีระบบตรวจสอบและควบคุมแปลงเกษตรที่มีสภาพอากาศแตกต่างกันที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงของระบบหยดน้ำ นวัตกรรมควบคุมน้ำและปุ๋ย และในเวลานี้มีนวัตกรรมใหม่ที่เรียกว่า NetBeat ที่ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุมสภาพความชื้นในดินแบบเรียลไทม์ พร้อมคำแนะนำผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน โดยสามารถสั่งการให้ปรับปรุงดินและแก้ไขความชื้นได้ทันทีผ่านคลื่นวิทยุ ซึ่งจะครอบคลุมระยะไกลได้มากกว่าใช้ระบบ Wi-Fi

ด้วยการบริหารจัดการน้ำ 4 เทคโนโลยีดังกล่าวนี้ ประเทศอิสราเอลจึงเป็นประเทศที่มีระบบชลประทานดีที่สุดของโลก นอกจากนั้นยังได้รับการขนานนามว่าเป็น “ต้นแบบของชลประทานน้ำหยด” ที่มีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับระบบฉีดน้ำฝอยที่หลายประเทศเกษตรกรรมรวมทั้งประเทศไทยใช้ แต่มีประสิทธิภาพการจ่ายน้ำน้อยกว่าประมาณร้อยละ 75 ถึงร้อยละ 85 ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อความสิ้นเปลืองน้ำแล้ว ยังกระทบถึงปริมาณการผลิตที่ไม่ตรงตามเป้าหมายด้วย (อิสราเอลแก้ปัญหาความแห้งแล้งพลิกผืนทะเลทรายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม, 2561)

นอกจากนั้น ประเทศอิสราเอลได้มีการบริหารจัดการเชื่อมโครงข่ายน้ำจืดด้วยระบบท่อใต้ดิน เพื่อนำน้ำจืดจากทางเหนือลงมาทางใต้ของประเทศ รวมระยะทางประมาณ 6,500 กิโลเมตร ปริมาณน้ำทั้งระบบประมาณ 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับการอุปโภคบริโภคและผลิตกระแสไฟฟ้า และเชื่อมกับแหล่งผลิตน้ำตามชายฝั่งต่าง ๆ โยงเป็นผังใยแมงมุมเพื่อส่งน้ำให้ทั่วถึงทุกพื้นที่ ในส่วนของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดทั้งจากโรงบำบัดขนาดใหญ่และโรงบำบัดระดับชุมชน จะถูกเติมน้ำลงสู่ใต้ดินบริเวณพื้นที่ทะเลทรายช่วงฤดูหนาวเพื่อช่วยป้องกันการระเหยเป็นการคืนน้ำสู่ชั้นดินและนำกลับมาใช้เป็นน้ำชลประทาน จึงไม่เกิดการสูญเสียน้ำโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ประกอบกับการลดสัดส่วนการใช้น้ำดีในภาคเกษตรลงเรื่อย ๆ โดยปัจจุบันสัดส่วนน้ำเสียที่เอามาใช้ในภาคเกษตรมีถึงร้อยละ 86 ในขณะเดียวกันประเทศอิสราเอลได้ปรับวิถีเกษตรเป็นแบบใช้น้ำน้อย โดยพื้นที่เพาะปลูกกว่าร้อยละ 70 ของประเทศ เป็นระบบชลประทานแบบน้ำหยด (Drip Irrigation) และอีกร้อยละ 30 เป็นการปลูกพืชด้วยระบบสปริงเกอร์ ซึ่งระบบชลประทานน้ำหยดสามารถจ่ายน้ำให้กับพืชไร่

ได้มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับการสูบน้ำเข้าไร่นา จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดปัญหาการแย่งน้ำในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (โมเดลการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน “อิสราเอล - สิงคโปร์ - เนเธอร์แลนด์” ...เพราะน้ำคือชีวิต ต้องไม่เสียน้ำสักหยด, 2563) สรุปได้ตามภาพที่ 10 ดังนี้

ภาพที่ 10 การหาแหล่งน้ำของประเทศอิสราเอล
ที่มา: คิดยกกำลังสอง: เปลี่ยนทะเลทราย...ให้กลายเป็นแหล่งน้ำ, โดย สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์, 19 เมษายน 2565, สืบค้นจาก https://tdri.or.th/2022/04/thinkx_444/

การที่ประเทศอิสราเอลสามารถพัฒนาจากพื้นที่ร้อยละ 60 เป็นทะเลทราย และพื้นที่ในส่วนที่เหลือร้อยละ 40 เป็นพื้นที่กึ่งแห้งแล้ง ประกอบกับการมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 10 เท่าหลังจากก่อตั้งประเทศอิสราเอลขึ้นมา โดยเป็นประเทศที่ขาดแคลนน้ำกลับพลิกฟื้นให้เป็นประเทศมีน้ำเหลือใช้สามารถเพาะปลูกทางการเกษตร และส่งออกสินค้าทางการเกษตรไปสู่ต่างประเทศได้ นอกจากการนำเทคโนโลยี 4 เทคโนโลยี ประกอบด้วย 1) Water Recycling 2) Desalination 3) Combating Leaky Infrastructure และ 4) Drip Irrigation Systems ที่กล่าวมาแล้วนั้น ประเทศอิสราเอลยังมีการสร้างนวัตกรรมโดยบริษัท Watergen เป็นบริษัทนวัตกรรมชั้นนำของประเทศอิสราเอลในด้านการผลิตน้ำจากอากาศได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2552 ซึ่งเป็นหนึ่งในบริษัทที่คิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีในการแปลงน้ำจากความชื้นในอากาศมาเป็นน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค (water-from-air solutions) เพื่อตอบโจทย์ปัญหาการอยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ การขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาดและเพิ่มความเสมอภาคในการเข้าถึงน้ำดื่มสะอาดของประชาชนทั่วโลก โดยนวัตกรรมของบริษัท Watergen ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางเมื่อปี 2561 บริษัท Watergen ได้รับเลือกจาก World Economic Forum ให้อยู่ในกลุ่ม “Technology Pioneers” ซึ่งเป็นกลุ่ม Start-up รุ่นใหม่ที่คิดค้นนวัตกรรมซึ่งสามารถสร้างผลกระทบต่อสังคมและภาคธุรกิจได้ นอกจากนี้ยังได้รับรางวัลด้านนวัตกรรมอื่น ๆ ได้แก่ Time Magazine the Best Innovation in 2019 CES 2020 Innovation Awards รวมทั้งการรับรองมาตรฐานน้ำดื่มคุณภาพจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านอาหารและยาระดับนานาชาติ ในส่วนของกระบวนการผลิตบริษัท Watergen ใช้เทคโนโลยีกระบวนการกรองหลายชั้นในการฆ่าเชื้อโรค ฝุ่นละออง และมลภาวะในอากาศ รวมทั้งการเพิ่มเกลือแร่ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้น้ำที่ผลิตออกมามีความสะอาดและคุณภาพได้มาตรฐาน โดยสามารถผลิตน้ำได้

6,000 ลิตรต่อวัน และสามารถใช้งานได้ในทุกแห่งทั่วโลกไม่ว่าประเทศนั้น ๆ จะมีสภาพความชื้นในอากาศมากหรือน้อย นอกจากนี้ บริษัท Watergen ได้พัฒนาเครื่องแปลงอากาศเป็นน้ำเพื่อให้ตอบโจทย์การใช้งานและ life style ที่หลากหลาย อาทิ GEN-L เครื่องแปลงอากาศเป็นน้ำขนาดใหญ่สำหรับชุมชนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์แทนการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ GENNY เครื่องแปลงอากาศเป็นน้ำที่มีขนาดตัวเครื่องขนาดเล็กสำหรับใช้ในสำนักงานและครัวเรือน Mobile Box เครื่องแปลงอากาศเป็นน้ำมีล้อเคลื่อนที่ได้ ทั้งนี้ เครื่องผลิตน้ำจากอากาศของบริษัท Watergen ถูกจัดส่งไปยัง 80 ประเทศทั่วโลก ทั้งในเชิงพาณิชย์และเป็นความช่วยเหลือด้านมนุษยธรรมที่ศูนย์ความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศของอิสราเอล (MASHAV) มอบให้ประเทศต่าง ๆ ยิ่งไปกว่านั้นภาคประชาสังคมทั้งของประเทศอิสราเอลและประเทศต่าง ๆ ได้ทำโครงการ CSR โดยซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อส่งมอบให้ประชาชนในพื้นที่ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มสะอาด ชุมชนด้อยโอกาส รวมทั้งประชาชนในพื้นที่ประสบภัยธรรมชาติ (กระทรวงการต่างประเทศ, กรมเศรษฐกิจระหว่างประเทศ, ศูนย์ธุรกิจสัมพันธ์, 2565) แสดงตามภาพที่ 11 ดังนี้

ภาพที่ 11 GENNY เครื่องแปลงอากาศเป็นน้ำที่มีขนาดเล็กสำหรับใช้ในสำนักงานและครัวเรือน
ที่มา: Watergen บริษัทชั้นนำด้านการพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำจากอากาศแห่งอิสราเอล, โดย กระทรวงการต่างประเทศ, กรมเศรษฐกิจระหว่างประเทศ, ศูนย์ธุรกิจสัมพันธ์, 10 กรกฎาคม 2565, สืบค้นจาก https://globthailand.com/israel-110722/

ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ (Netherlands) มีพื้นที่ทั้งสิ้น 41,526 ตารางกิโลเมตร แม้ว่าจะมีพื้นที่เล็กกว่าประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ 513,115 ตารางกิโลเมตร แต่ถ้าประเมินพื้นที่โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยมีความใกล้เคียงกับลุ่มน้ำภาคกลาง ได้แก่ ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีพื้นที่ 20,125 ตารางกิโลเมตร รวมกับลุ่มน้ำป่าสักมีพื้นที่ 16,292 ตารางกิโลเมตร และลุ่มน้ำท่าจีนมีพื้นที่ 13,681 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย และเป็นพื้นที่ประสบปัญหาอุทกภัยในฤดูฝนทุกปี ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์มีประชากรประมาณ 17,000,000 คน การใช้ที่ดินของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 66.2 ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์มีแม่น้ำ Rhine เป็นแม่น้ำสายหลัก ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยสูงถึง 700-900 มิลลิเมตรต่อปี คล้ายกับลุ่มน้ำภาคกลางของประเทศไทย (อริยา อรุณินท์, ม.ป.ป., น. 68)

เนื่องจากภูมิประเทศส่วนใหญ่ของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์เป็นพื้นที่ราบลุ่มและพื้นที่ประมาณหนึ่งในสี่ของประเทศต่ำกว่าระดับน้ำทะเล ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ได้ปรับพื้นที่โดยการสูบน้ำออกจากทะเลสาบเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนั้นราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ได้สร้างเขื่อน ทางระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำจำนวนมากเพื่อป้องกันไม่ให้พื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของประเทศประสบภาวะอุทกภัย ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำจึงเป็นประเด็นสำคัญที่สุดของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ โดยพื้นที่ประมาณสองในสามของปัจจุบันเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมแต่ในขณะเดียวกันบริเวณดังกล่าวจัดได้ว่าเป็นพื้นที่มีประชากรหนาแน่นที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ซึ่งเป็นที่มีแนวสันทรายและผนังกั้นน้ำ เขื่อนและประตูป้องกันน้ำท่วมที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันคลื่นใหญ่และน้ำทะเลหนุน เขื่อนกั้นแม่น้ำมีไว้เพื่อป้องกันน้ำท่วมจากแม่น้ำสายใหญ่ คือ Rhine และ Meuse ในอดีตอาศัยกังหันลมปั๊มน้ำออกเพื่อทำให้บริเวณเพาะปลูกแห้งเพื่อให้สามารถทำการเกษตรได้ นอกจากนั้นราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ได้มีคณะกรรมการป้องกันน้ำท่วม (Water control boards) เป็นองค์กรรัฐบาลท้องถิ่นที่เป็นอิสระมีอำนาจหน้าที่ในการดูแลรักษาและจัดการระบบน้ำ รวมทั้งบริเวณที่เป็นผลจากเขื่อนหรือผนังกั้นน้ำที่สร้างขึ้น

โครงการเดลต้า (The Delta Project) เป็นโครงการขนาดใหญ่เกิดขึ้นหลังจากเหตุการณ์น้ำท่วม ปี 2496 มีระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างประมาณ 40 ปี ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการจัดการน้ำสร้างแนวกำแพงป้องกันน้ำท่วม ป้องกันน้ำทะเลเข้าสู่แหล่งน้ำจืด และการสร้างเขื่อน นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มโครงข่ายถนนเชื่อมโยงระหว่างเกาะต่าง ๆ ประกอบด้วยโครงการย่อย 16 โครงการ ตั้งแต่เขื่อน ประตูระบายน้ำ พนังกั้นน้ำ สถานีสูบน้ำ คันกั้นดิน และกำแพงกั้นคลื่นทะเล ทั้งแบบเป็นที่กั้นถาวร และแบบที่สามารถเปิด-ปิดได้ กั้นตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำจนเข้ามาถึงลำน้ำในประเทศ เพื่อป้องกันน้ำท่วมให้บริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ปัจจุบันถือว่าเป็นโครงการจัดการน้ำขนาดใหญ่ที่สุดในโลก โดยใช้งบประมาณกว่า 2.4 แสนล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 0.84 ของ GDP ทั้งประเทศ (พัชรี บอนคำ, 2563) ทั้งนี้ ได้มีการก่อสร้างเขื่อน จำนวน 13 ตำแหน่ง สรุปได้ตามภาพที่ 12 ดังนี้

ภาพที่ 12 ตำแหน่งก่อสร้างโครงการเดลต้า 13 ตำแหน่ง

ที่มา: ‘Delta Works’ โปรเจกต์จัดการน้ำที่ดีที่สุดในโลกของชาวดัตช์ลบคำว่า “น้ำท่วมซ้ำซาก” ออกจากสารบบของเนเธอร์แลนด์, โดย Reporter Journey, 13 ตุลาคม 2564, สืบค้นจาก https://www.blockdit.com/posts/6165e10a908957028ae4071a

หลักการก่อสร้างโครงการเดลต้า คือ การเริ่มสร้างจากเขื่อนขนาดเล็กที่สุดก่อนเรียงตามลำดับ ดังนี้

1. Hollandsche Ijsselkering สร้างเสร็จใน ค.ศ.1958 มีความยาว 80 เมตร และมีประตูกั้นน้ำขนาดใหญ่ 2 ชั้น ซึ่งแต่ละประตูมีความสูงประมาณ 44 เมตร และมีช่องทางเดินเรืออยู่ทางด้านข้างของประตูเขื่อน
2. Zandkreekdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1960 มีความยาว 320 เมตร ปัจจุบันกลายเป็นแนวกำแพงป้องกันน้ำท่วมไม่มีประตูระบายน้ำ
3. Veerse Gatdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1961 มีความยาว 6,000 เมตร ใช้ระยะเวลาสร้าง 7 ปี
4. Grevelingendam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1965 มีความยาว 1,200 เมตร
5. Volkerakdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1969 ใช้ระยะเวลาสร้าง 12 ปี มีความยาว 1,200 เมตร
6. Haringvlietdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1971 ใช้ระยะเวลา 14 ปี มีความยาว 4,500 เมตร มีประตูระบายน้ำ 17 ประตู รวมความกว้างทั้ง 17 ประตูมีความยาว 1,000 เมตร

7. Brouwersdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1972 ใช้ระยะเวลา 9 ปี มีความยาว 6,500 เมตร เมื่อสร้างเขื่อนเสร็จเกิดทะเลสาบหลังเขื่อน และในระยะเวลา 10 ปี หลังจากสร้างเสร็จ จึงมีการสร้างประตูระบายน้ำสำหรับการถ่ายเทน้ำจากทะเลเหนือเข้าสู่ทะเลสาบเพื่อรักษาระดับความเค็มของน้ำในทะเลสาบ

8. Oosterscheldekering สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1987 ใช้เวลาสร้าง 19 ปี มีความยาว 8,000 เมตร จัดได้ว่าเป็นโครงการที่ยากที่สุดเนื่องจากความสูงของคลื่นในพื้นที่สูงเฉลี่ย 3 เมตร และมีบริเวณที่ลึกที่สุดประมาณ 40 เมตร เขื่อนนี้มีช่องระบายน้ำขนาดใหญ่ จำนวน 3 ช่อง เฉลี่ยความกว้างช่องละ 1,000 เมตร

9. Oesterdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1987 มีความยาว 11,000 เมตร ซึ่งเป็นเขื่อนที่ยาวที่สุด

10. Philipsdam สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1987 จุดเด่นของเขื่อนนี้ คือ มีระบบป้องกันน้ำทะเลและน้ำจืดที่อยู่ด้านซ้ายและด้านขวาของเขื่อนผสมกันโดยใช้หลักการความหนาแน่นของน้ำทะเลที่มากกว่าน้ำจืด

11. Bathse Spuisluis (Discharge Canal) คลองมีความยาว 8,000 เมตร ขุดเสร็จใน ค.ศ. 1987 สามารถระบายน้ำได้ 8.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน

12. Hartelkering สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1997 มีความยาว 5,000 เมตร

13. Maeslantkering (Storm Surge Barrier) ใช้ระยะเวลาสร้าง 6 ปี สร้างเสร็จใน ค.ศ. 1997 มีช่องทางไหลของน้ำ 360 เมตร มีประตูปิด เปิดได้ แบบทรงกลมโดยกำแพงมีความสูง 22 เมตร ความพิเศษของเขื่อนนี้ คือ มีประตูปิด เปิดที่ขนาดใหญ่มาก และยังมีระบบการควบคุม 2 ระบบ คือ 1) ระบบตัดสินใจ (BOS) จะเป็นระบบการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำ ทิศทางลม ความเร็วลม ปริมาณน้ำที่ไหลต่อวินาที เป็นต้น โดยทุก 10 นาทีจะประมวลผลเป็นข้อมูลระดับน้ำ และ 2) ระบบปฏิบัติการ (BES) จะได้รับคำสั่งให้ปิดหรือเปิดประตูเขื่อน โดยระบบปฏิบัติการ (BES) ยังควบคุมความสูงของระดับน้ำภายในเขื่อนและระยะเวลาการปิดหรือเปิดประตูเขื่อน ทั้งนี้ Maeslantkering ได้มีการออกแบบเพื่อป้องกันน้ำท่วมเมื่อระดับน้ำทะเลสูงมากกว่า 3 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระบบจะสั่งการให้ปิดประตูทันที

นอกจากเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมสำหรับการออกแบบและพัฒนาการสร้างเขื่อนกำแพงป้องกันน้ำและประตูป้องกันคลื่นขนาดใหญ่สำหรับการป้องกันน้ำท่วมมาเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำแล้ว ยังมีเทคโนโลยีที่สำคัญสำหรับการใช้ในการบริหารจัดการน้ำ ดังนี้

1. การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics Technology) สำหรับการจัดการและวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่น การทำแผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม หรือการประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม

2. การใช้เทคโนโลยีแบบจำลองทางอุทกวิทยา (Hydrology Model) สำหรับการพยากรณ์ในเชิงเวลา (Real Time) เช่น การใช้แบบจำลองโครงข่ายสำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำล่วงหน้า หรือการใช้แบบจำลอง 2 มิติทางอุทกวิทยาในการประเมินความเสี่ยง (ชมพูนุช ดลสุขเลิศ, 2563, น. 21-24)

นอกจากระบบป้องกันน้ำท่วม รัฐบาลของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์มองไปไกลถึงปัญหาและความท้าทายในอนาคต คือ การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรซึ่งมาพร้อมกับความต้องการใช้พื้นที่ที่มากขึ้น ศาสตร์ความรู้เรื่องการจัดการน้ำของรัฐบาลราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์จึงขยายไปถึงการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่เคยเป็นน้ำมาก่อน ตัวอย่างที่ดีที่สุด คือ สนามบินสกิปโฮล สนามบินหลักของประเทศ โดยพื้นที่สนามบินนี้อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลถึง 4 เมตร และที่สำคัญในอดีตคือ พื้นที่น้ำอันกว้างใหญ่รัฐบาลของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์สั่งระบายน้ำออกจากจุดนี้ด้วยเครื่องจักรไฮโดรลิกที่เดินเครื่องอยู่เกือบ 3 ปี และเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่สร้างสนามบิน

และพื้นที่ทำการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ดังนั้นโครงการเดลต้า (The Delta Project) จึงเป็นตัวอย่างและต้นแบบของการจัดการน้ำที่ทั่วโลกยกย่อง (รู้จัก “Delta Works” ระบบป้องน้ำท่วมที่ดีสุดในโลกของเนเธอร์แลนด์, 2564)

สาธารณรัฐสิงคโปร์ (Republic of Singapore) มีประชากรจำนวนประมาณ 5.6 ล้านคน พื้นที่ประมาณ 720 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีฝนตกชุก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,320 มิลลิเมตรต่อปี โดยในหนึ่งปีนั้นมีฝนตกประมาณ 6 เดือน แต่ประสบปัญหาการกักเก็บน้ำจืดเนื่องจากมีพื้นที่จำนวนจำกัด ไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำฝนอย่างเพียงพอสำหรับภายในประเทศและไม่มีแหล่งน้ำใต้ดิน หน่วยงานบริหารจัดการน้ำของสาธารณรัฐสิงคโปร์มีชื่อว่า คณะกรรมการสาธารณูปโภคสาธารณะ (Public Utilities Board) หรือ PUB สังกัดภายใต้กระทรวงความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่หลัก 4 ประการ ประกอบด้วย การจัดหาน้ำประปา การบำบัดน้ำทิ้งเพื่อนำมาใช้ใหม่ การควบคุมปริมาณน้ำฝน การป้องกันชายฝั่งจากภาวะน้ำทะเลหนุน จึงแบ่งการบริหารจัดการน้ำออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) การจัดการแหล่งน้ำภายในประเทศ 2) การบริหารจัดการระบบประปา 3) การรวบรวมและบำบัดน้ำทิ้ง 4) การนำน้ำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (NEWater) 5) การผลิตน้ำประปาจากน้ำทะเล โดยภายใต้องค์ประกอบทั้ง 5 ประการนี้อยู่ภายใต้แนวคิดว่า “เก็บน้ำทุกหยดและใช้อย่างคุ้มค่าไม่เกิดการสูญเสีย”

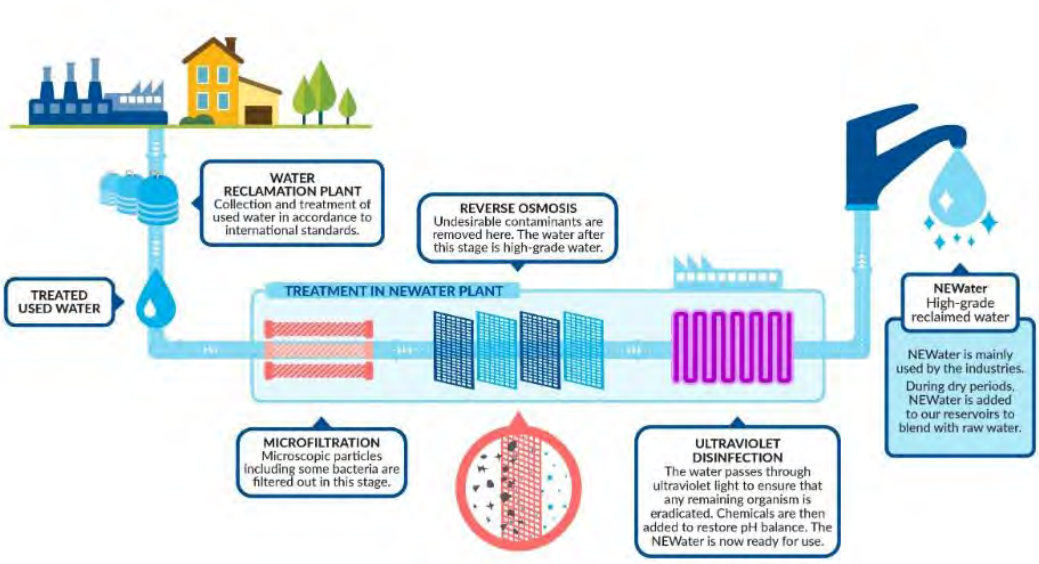
การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของสาธารณรัฐสิงคโปร์ได้ดำเนินงานโดยใช้นโยบาย 4 ก๊อกน้ำแห่งชาติ หรือ Four National Taps โดยนโยบายนี้ประกอบด้วย 1) การกักเก็บน้ำในพื้นที่ท้องถิ่น (Local Catchment Water) 2) การนำน้ำเข้าจากประเทศมาเลเซีย (Imported Water) 3) การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (NEWater) และ 4) การกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalinated Water) เป็นนโยบายในการพัฒนาความมั่นคงทางด้านน้ำในระยะยาว

ในส่วนของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในการนำน้ำกลับมาใช้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีกระบวนการสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกรองแบบไมโครฟิลเตรชัน/อัลตราฟิลเตรชัน: เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิต NEWater เรียกว่าการกรองแบบไมโครฟิลเตรชัน (MF) หรืออัลตราฟิลเตรชัน (UF) ในขั้นตอนนี้ น้ำที่ใช้แล้วที่ผ่านการบำบัดจะถูกส่งผ่านเมมเบรนเพื่อกรองอนุภาคและแบคทีเรียที่มีขนาดเล็กมาก

ขั้นตอนที่ 2 รีเวิร์สออสโมซิส: เป็นกระบวนการผลิต NEWater เรียกว่า รีเวิร์สออสโมซิส (RO) ใน RO จะใช้เมมเบรนแบบกึ่งซึมผ่านได้ เมมเบรนแบบกึ่งซึมผ่านได้มีรูพรุนขนาดเล็กมากซึ่งยอมให้โมเลกุลขนาดเล็กมาก เช่น โมเลกุลของน้ำทะลุผ่านได้เท่านั้น ส่งผลให้สารปนเปื้อนที่ไม่พึงประสงค์รวมทั้งไวรัสไม่สามารถผ่านเมมเบรนได้

ขั้นตอนที่ 3 การฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต: หลังจากขั้นตอน RO น้ำจะมีคุณภาพน้ำระดับสูงอยู่แล้ว ดังนั้น การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการผลิต NEWater จะฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ทั้งแบคทีเรียและไวรัส กระบวนการนี้ทำหน้าที่เป็นมาตรการความปลอดภัยเพิ่มเติมเพื่อรับประกันความบริสุทธิ์ของ NEWater โดยในช่วงฤดูแล้ง NEWater จะถูกเติมลงในอ่างเก็บน้ำเพื่อผสมกับน้ำดิบ จากนั้นน้ำดิบในอ่างเก็บน้ำจะถูกบำบัดที่โรงประปาก่อนที่จะจ่ายให้กับผู้บริโภคเป็นน้ำประปา ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ สรุปได้ตามภาพที่ 13 ดังนี้



ภาพที่ 13 กระบวนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (NEWater)

ที่มา: NEWater by PUB Singapore's National Water Agency, (n.d.), from https://info.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater

การนำน้ำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (NEWater) ผ่านกระบวนการตรวจสอบที่เข้มงวดทุกปี ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทั้งในประเทศและต่างประเทศในด้านวิศวกรรม เคมีของน้ำ พิษวิทยา และจุลชีววิทยา คุณภาพของ NEWater สม่ำเสมอตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ในแนวทางคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO) และมาตรฐานน้ำดื่มของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (USEPA) กระบวนการ NEWater รีไซเคิลน้ำที่ใช้แล้วที่ผ่านการบำบัดให้เป็นน้ำที่สะอาดมีคุณภาพสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะช่วยลดปริมาณน้ำประปาของสาธารณรัฐสิงคโปร์และขับเคลื่อนสาธารณรัฐสิงคโปร์ไปสู่ความยั่งยืนของน้ำ (PUB Singapore's National Water Agency, 2023)

สาธารณรัฐสิงคโปร์นอกจากกำหนดนโยบายด้านน้ำเป็นเรื่องสำคัญลำดับหนึ่งของประเทศและใช้ระยะเวลา 50 ปี ในการปรับปรุงระบบการบริหารจัดการน้ำโดยมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาผ่านคณะกรรมการวิจัยนวัตกรรมที่มีนายกรัฐมนตรีเป็นประธานให้การส่งเสริมสนับสนุนทุนวิจัยในการพัฒนาไปสู่ระดับอุตสาหกรรมส่งผลให้ปัจจุบันกลายเป็นศูนย์รวมองค์ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านน้ำอย่างแท้จริง สาธารณรัฐสิงคโปร์สามารถพัฒนาจากสภาวะการสร้างความอยู่รอด (Survival) ไปสู่ภาวะความยั่งยืน (Sustainability) ด้วย 3 กลยุทธ์ ดังนี้

1. รวบรวมน้ำทุกหยด ระบบระบายน้ำในสาธารณรัฐสิงคโปร์แยกระบบท่อรวบรวมน้ำฝนและน้ำทิ้งออกจากกัน โดยน้ำฝนจะถูกเก็บลงอ่างเก็บน้ำที่กระจายอยู่ทั่วเกาะ ส่วนน้ำทิ้งนำไปเข้าโรงงานบำบัดเพื่อให้มีคุณภาพที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ซ้ำหรือเก็บลงอ่างเก็บน้ำ นอกจากนั้นยังมีการสร้างทำนบหรือเขื่อนปิดปากแม่น้ำรอบเกาะเพื่อสร้างเป็นแหล่งเก็บน้ำจืดเพื่อไม่ให้เสียน้ำจืดโดยไหลลงสู่ทะเล

2. การใช้น้ำอย่างไม่สิ้นสุด ด้วยระบบอุโมงค์รวบรวมน้ำเสียเข้าสู่โรงงานบำบัดได้ทั้งหมดน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้นถูกส่งเข้าสู่โรงงาน NEWater เพื่อผลิตเป็นน้ำสะอาดนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหรือกิจกรรมที่ไม่ต้องการน้ำสะอาด น้ำจาก NEWater ส่วนที่เหลือจะนำไปเก็บผสมกับน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาต่อไป ส่วนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วในส่วนที่เกินความต้องการจะระบายทิ้งลงทะเล ปัจจุบันสาธารณรัฐสิงคโปร์พัฒนากระบวนการบำบัดน้ำจนสามารถนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้ร้อยละ 75

3. การผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล สาธารณรัฐสิงคโปร์เป็นเกาะล้อมรอบด้วยน้ำทะเล ดังนั้น จึงพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถกำจัดเกลือออกไปจากน้ำทะเลได้ และยังคงพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อลดต้นทุนการผลิต ปัจจุบันกำลังการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลสูงถึงร้อยละ 55 ของความต้องการใช้น้ำในปัจจุบัน และตั้งเป้าหมายเพิ่มกำลังการผลิตในปี พ.ศ. 2603 ครอบคลุมร้อยละ 80 ของความต้องการใช้น้ำในอนาคต

สาธารณรัฐสิงคโปร์นอกจากมีการนำนโยบาย 4 ก๊อกน้ำแห่งชาติ หรือ Four National Taps เพื่อให้มีน้ำต้นทุนอย่างเพียงพอต่อความต้องการแล้วยังนำหลักการ 3 P คือ people public participation มาใช้จัดการความต้องการใช้น้ำ (Demand Management) เพื่อสร้างความมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำให้มีใช้ได้อย่างยั่งยืน โดยประยุกต์หลักการไปสู่การวางนโยบาย แผนงาน และวิธีการปฏิบัติโดยมีทั้งการออกกฎหมายบังคับใช้รวมทั้งโครงการต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. การใช้กลไกราคา เพื่อต้องการให้มีการใช้อย่างรู้คุณค่าเนื่องจากน้ำทุกหยดมีต้นทุนสูงจึงมีการกำหนดโครงสร้างราคาที่สะท้อนต้นทุนการผลิตน้ำที่สูง โดยต้องรวมกับภาษีสินค้าและบริการเทียบได้กับภาษีมูลค่าเพิ่มของประเทศไทยร้อยละ 7 และภาษีอนุรักษ์น้ำที่รัฐบาลให้เรียกเก็บในอัตราร้อยละ 50 ของค่าน้ำที่ใช้แต่ละเดือน รวมทั้งค่าธรรมเนียมบำบัดน้ำเสียอีก 0.92 เหรียญต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้น หากบ้าน 1 หลังมีการใช้น้ำไม่เกิน 40 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือนต้องจ่ายค่าน้ำประปารวมลูกบาศก์เมตรละ 2.93 เหรียญ หรือประมาณ 73 บาท ในขณะที่ประเทศไทยราคาน้ำประปาของการประปานครหลวงลูกบาศก์เมตรละ 9 บาท

2. การกำหนดกฎระเบียบ ตั้งแต่เดือนเมษายน 2562 เป็นต้นมา สาธารณรัฐสิงคโปร์ได้กำหนดกฎระเบียบสำหรับอุปกรณ์ประหยัดน้ำเพื่อควบคุมปริมาณการใช้น้ำ โดยกำหนดให้แสดงฉลากประหยัดน้ำคล้ายกับฉลากประหยัดไฟของประเทศไทยบนอุปกรณ์การใช้น้ำต่าง ๆ เช่น ฝักบัว ก๊อกน้ำ เครื่องล้างจาน เครื่องซักผ้า เป็นต้น โดยอุปกรณ์ประหยัดน้ำระดับ 2 ขึ้นไป (คล้ายกับเครื่องใช้ไฟฟ้าฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของประเทศไทย) จึงจะได้รับการอนุญาตให้ขายได้ในสาธารณรัฐสิงคโปร์

3. การสร้างการมีส่วนร่วม ในส่วนของการให้ผู้ใช้น้ำมีส่วนร่วมในการประหยัดน้ำและรายจ่ายค่าน้ำ โดยการติดตั้งเครื่องวัดอัตราไหลของน้ำประปาที่ฝักบัว เมื่อใช้น้ำจะสามารถทราบปริมาณการใช้น้ำได้ทันที ทำให้เกิดความตระหนักถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในขณะที่กำลังใช้น้ำ และมีการติดตั้งมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) ที่สามารถเชื่อมโยงกับแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือเพื่อให้ผู้ใช้น้ำสามารถทราบปริมาณการใช้น้ำทั้งสิ้นและยังสามารถทราบการรั่วไหลของน้ำได้ตลอดเวลา สำหรับผู้ใช้น้ำที่เป็นสถานประกอบการมีการประหยัดน้ำโดยเพิ่มการใช้น้ำซ้ำ และลดปริมาณน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสาธารณรัฐสิงคโปร์ตั้งเป้าหมายในปี พ.ศ. 2593 เพื่อให้โรงแรมทุกแห่งจะต้องไม่ปล่อยน้ำทิ้ง (Zero Emission) ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่ได้นำกลับมาใช้ใหม่

4. การให้ความรู้ การตั้ง Singapore Water Academy เพื่อเป็นศูนย์การศึกษาวิจัยและให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีการจัดการน้ำ โดยมีความร่วมมือกับสถาบันต่าง ๆ ทั้งมหาวิทยาลัยชั้นนำ และบริษัทเอกชน จัดหลักสูตรอบรมที่ออกแบบมาให้เหมาะสมกับผู้เรียน ทั้งในระดับบุคคลทั่วไป ผู้ประกอบการ นักเทคนิคที่ทำงานด้านน้ำโดยตรง รวมทั้ง คณะกรรมการสาธารณูปโภคสาธารณะ (Public Utilities Board) หรือ PUB ได้ให้ความรู้แก่ประชาชนผ่านสื่อและกิจกรรมต่าง ๆ (ฉวีพันธ์ ทรวงเกียรติกุล, 2565, น. 6-10)

บทสรุปและความเห็นของผู้ศึกษา

ประเทศไทยมีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณ 149.25 ล้านไร่ เป็นพื้นในเขตชลประทานประมาณ 32.79 ล้านไร่ หรือร้อยละ 21.97 ของพื้นที่ทำการเกษตร ส่วนพื้นที่อีก 116.45 ล้านไร่ หรือร้อยละ 78.02 ของพื้นที่ทำการเกษตรนั้นเป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน ต้องอาศัยน้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตทางการเกษตร แต่ความแปรปรวนของปริมาณฝนได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำ หากฝนมีปริมาณน้อยเกินไปจะเกิดปัญหาภัยแล้ง แต่ถ้าฝนมีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดภาวะน้ำท่วม ดังนั้น พื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานจึงมิได้ประสบปัญหาเฉพาะภัยแล้งเท่านั้น แต่ยังประสบปัญหาน้ำท่วมด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อกล่าวถึงพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานคนส่วนใหญ่มักจะให้ความสำคัญในเรื่องของภัยแล้งเป็นหลัก จากการศึกษาพบว่าการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานมีการดำเนินการโดยการค้นหาและเก็บกักน้ำจากน้ำใต้ดิน น้ำบนดิน และน้ำจากฟ้า ดังนี้

1. น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล ประกอบด้วยโครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร และธนาคารน้ำใต้ดิน โดยมีหลักการคล้ายกัน คือ การค้นหาน้ำที่มีการกักเก็บหรือสะสมตัวอยู่ใต้ดิน จากนั้นจึงดำเนินการเจาะและพัฒนาเป็นบ่อน้ำบาดาล ใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อดึงน้ำที่อยู่ใต้ดินมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ต่อมามีการพัฒนามาเป็นธนาคารน้ำใต้ดิน มีหลักการคล้ายกับธนาคารฝากเงินเก็บไว้และถอนเงินมาใช้ได้เมื่อยามจำเป็น ธนาคารน้ำใต้ดินมีหลักการโดยการนำน้ำไปเก็บไว้ใต้ดินด้วยการขุดบ่อในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังหรือบริเวณซึ่งเป็นจุดรวมของน้ำเพื่อทำให้น้ำไหลซึมลงไปสู่ชั้นใต้ดิน มีลักษณะเปรียบได้กับธนาคารสำหรับเก็บสะสมน้ำ โดยสามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้เมื่อต้องการ

2. น้ำบนดิน ประกอบด้วยฝายแกนดินซีเมนต์ตามศาสตร์พระราชา และโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว) โดยฝายแกนดินซีเมนต์มีหลักการในการหน่วง ดัก กัก ชะลอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (บ่อจิ๋ว) ช่วยบรรเทาสภาพปัญหาภัยแล้ง การขาดแคลนน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพของการเก็บกักน้ำในพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรในพื้นที่นอกเขตชลประทานได้มีแหล่งน้ำไว้ใช้ประโยชน์ได้

3. น้ำจากฟ้า คือ ฝนหลวงเป็นฝนที่เกิดจากเมฆที่ได้รับการกระตุ้นหรือเสริมกระบวนการเจริญเติบโตด้วยสารเคมีดัดแปลงสภาพอากาศจนกระทั่งเกิดฝนในพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการในปริมาณที่สูงกว่าฝนตกเองตามธรรมชาติ สามารถบรรเทาปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานช่วยเติมน้ำให้กับเขื่อนอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ รวมถึงสร้างความชุ่มชื้นให้พื้นดิน

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจุดเด่นในการบริหารจัดการน้ำของต่างประเทศที่ประสบความสำเร็จ พบว่า ประเทศไทยควรนำวิธีการหาน้ำจากทุกแหล่งโดยเพิ่มการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ การผลิตน้ำจืดจากทะเล การสร้างท่อส่งน้ำที่มีประสิทธิภาพแบบประเทศอิสราเอล และที่น่าสนับสนุนเป็นอย่างยิ่ง คือ นวัตกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีการแปลงน้ำจากความชื้นในอากาศเป็นน้ำสะอาดจะเป็นการเพิ่มแหล่งน้ำ โดยผลิตน้ำจากฟ้าที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง ส่วนสาธารณรัฐสิงคโปร์ได้ให้ความสำคัญกับหลักการเก็บน้ำทุกหยดและใช้อย่างคุ้มค่าไม่เกิดการสูญเสียที่ประเทศไทยสามารถนำมาเป็นแบบอย่างได้ เช่น การกักเก็บน้ำในพื้นที่ท้องถิ่น การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด เป็นต้น วิธีการเหล่านี้เป็นการช่วยแก้ปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานได้ แต่ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ทางการเกษตรนอกเขตชลประทานนั้น เมื่อพิจารณาระบบบริหารจัดการน้ำของราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกับลุ่มน้ำภาคกลางของประเทศไทยที่ประสบปัญหาน้ำท่วมนั้น โครงการเดลต้าอาจจะยังไม่มีความเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการสร้างมากเกินไป แต่ถ้าหากพิจารณาเจาะลึกเป็นบริเวณพื้นที่ให้มีเนื้อที่ขนาดการก่อสร้างที่มีขนาดเล็กลง อาจมีความเหมาะสมกับการสร้างในบริเวณพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง เพราะมีลักษณะปัญหาคล้ายกัน คือ เคยประสบปัญหาน้ำท่วมหนัก แต่จำเป็นต้องพิจารณาศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นที่ของการเกิดน้ำท่วมว่าสามารถแก้ไขปัญหาได้จริงหรือไม่ รวมทั้งความคุ้มค่าในการลงทุนว่ามีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานควรพิจารณารูปแบบการก่อสร้างสำหรับค้นหาและเก็บกักน้ำให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ โดยเริ่มจากการบริหารจัดการในระดับลุ่มน้ำด้วยการสร้างฝายแกนดินซีเมนต์จะเป็นการวางระบบบริหารจัดการลุ่มน้ำครอบคลุม 22 ลุ่มน้ำทั่วประเทศ โดยใช้เงินงบประมาณ 42,400 ล้านบาท ถ้าคิดเป็นระยะเวลา 4 ปี จะใช้เงินงบประมาณเฉลี่ยปีละ 10,600 ล้านบาท ส่วนจังหวัดที่มีพื้นที่นอกเขตชลประทานใกล้ทะเล เช่น ภาคตะวันออก คือ ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา ควรนำเทคโนโลยีการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดมาใช้ในพื้นที่นอกเขตชลประทาน ประกอบกับรัฐบาลควรให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการเพิ่มน้ำต้นทุน เช่น นวัตกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีการแปลงน้ำจากความชื้นในอากาศเป็นน้ำสะอาด การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น และควรวางระบบโครงสร้างท่อสำหรับการกระจายน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการทำฝนหลวงให้มีความครอบคลุมทั่วถึงพื้นที่ทางการเกษตรที่ประสบปัญหาภัยแล้ง ส่วนของการบริหารจัดการน้ำในระดับพื้นที่ของเกษตรกรแต่ละรายควรมีการบริหารจัดการพื้นที่ทำการเกษตรโดยการสร้างแหล่งน้ำของตนเอง เช่น โครงการน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร ธนาคารน้ำใต้ดิน การขุดสระน้ำในไร่นาขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษามีความเห็นว่า นอกจากการกำหนดรูปแบบการก่อสร้างสำหรับค้นหาและเก็บกักน้ำให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ และการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยเพิ่มน้ำต้นทุนจะช่วยในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทาน แต่การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานที่ยั่งยืน จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีความร่วมมือร่วมใจในการบริหารจัดการน้ำภายในชุมชน โดยเริ่มต้นจากการหากลุ่มแกนนำที่มีศักยภาพ

มาร่วมกันช่วยเก็บข้อมูลและออกแบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกัน ช่วยกันเขียนแผนที่ และข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำในพื้นที่ รวมทั้งวิเคราะห์ว่าประชาชนในพื้นที่ต้องการใช้น้ำจำนวนเท่าใด เพาะปลูกพืชอะไร นำไปสู่การวิเคราะห์การสร้างแหล่งน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่ โดยประชาชนสามารถรวมตัวกันจดทะเบียนก่อตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำ ซึ่งเป็นกลไกในการบริหารจัดการน้ำในระดับพื้นที่ ดังนั้น การจัดตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 จะเป็นหัวใจสำคัญของการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทานให้มีประสิทธิภาพได้อย่างแท้จริง

จัดทำโดย
นางสาวพรรณทิภา นิลโสภณ
วิทยากรเชี่ยวชาญ
กลุ่มงานบริการวิชาการ 2 สำนักวิชาการ
โทร. 0 2242 5900 ต่อ 5741

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (15 กันยายน 2564). **แบบไหน...เรียกว่าใช้น้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรม**. สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก http://www.dgr.go.th/th/newsAll/124/5781

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, สำนักพัฒนาน้ำบาดาล. (3 มกราคม 2566ก). **โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 150 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566**. สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9257

_____. (3 มกราคม 2566ข). **โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 300 ไร่ จำนวน 16 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566**. สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9192

_____. (3 มกราคม 2566ค). **โครงการพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่ 500 ไร่ จำนวน 36 แห่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566** สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก http://www.dgr.go.th/bgd/th/newsAll/292/9183

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร, กองปฏิบัติการฝนหลวง, กลุ่มวิชาการปฏิบัติการฝนหลวง. (กุมภาพันธ์ 2566). **สรุปถอดบทเรียนประจำปี 2566 โครงการ "สัมมนาการจัดทำ AFTER ACTION REVIEW ถอดบทเรียนจากการปฏิบัติการฝนหลวง"**. สืบค้น 30 ตุลาคม 2566 จาก https://www.royalrain.go.th/UploadFile/11232425660526.pdf

กรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา. (ม.ป.ป.). **สืบสาน รักษา ต่อยอด สร้างสุขปวงประชาด้วยการน้อมนำศาสตร์พระราชามาประยุกต์ใช้เป็นฝายแกนดินซีเมนต์**. สืบค้น 5 พฤศจิกายน 2566 จาก https://anyflip.com/rjpir/vwux

กระทรวงการต่างประเทศ, กรมเศรษฐกิจระหว่างประเทศ, ศูนย์ธุรกิจสัมพันธ์. (10 กรกฎาคม 2565). **Watergen บริษัทชั้นนำด้านการพัฒนานวัตกรรมการผลิตน้ำจากอากาศแห่งอิสราเอล**. สืบค้น 17 ตุลาคม 2566 จาก https://globthailand.com/israel-110722/

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (14 กรกฎาคม 2566ก). **"บ่อจิ๋ว" แหล่งน้ำเพื่อเกษตรกร เพิ่มผลผลิต สร้างรายได้ สู้ภัยแล้ง**. สืบค้น 20 ตุลาคม 2566 จาก https://www.moac.go.th/news-preview-451491791784

_____. (22 สิงหาคม 2566ข). **กระทรวงเกษตรฯ ประชุมซักซ้อมเตรียมพร้อมแผนรองรับภัยแล้ง ปี 2566/67 คาดการณ์พื้นที่เสี่ยง 16.51 ล้านไร่**. สืบค้น 14 พฤศจิกายน 2566 จาก https://www.moac.go.th/news-preview-451591792189

_____. (12 ตุลาคม 2566ค). **ฝนหลวงฯ ปรับแผนการปฏิบัติการฝนหลวง เริ่ม 16 ตุลาคม 2566**. สืบค้น 30 ตุลาคม 2566 จาก https://www.moac.go.th/news-preview-452791791502

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมพัฒนาที่ดิน. (กุมภาพันธ์ 2565). **หนังสือคู่มือโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน (ปรับปรุงครั้งที่ 2)**. สืบค้น 31 ตุลาคม 2566 จาก https://saraban.ldd.go.th/

archive/openAttachFileServlet?attSeq=602191&sid=ZWZlNjNkMmE2NTM2YjQyOTY5YWMxOTE4ZWQ3Y2NmMzY=

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2566). **รายงานผลการดำเนินงานตามนโยบายรัฐบาลและข้อสั่งการนายกรัฐมนตรี (ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2564 – 26 เมษายน 2566)**. สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก https://www.mnre.go.th/th/view/?file=oJMaMUEjnF54BKN0oGS3ARjjoGMaZaD0nGS4AUN4oGM3ZHj1oGOaAKDknGA4ZaNjoGW3YHjjoGyaAaDjnGu4AKNloGE3ZHj0oGuaAaDknGI4ZUN1oGS3Z0jloGOaZaDgnJI4oUOcoJM3Y0kyoJkanKEznF94oKOjoF93MRkuoJ9aoUEjnKI4Yjweweb3Qweweb3Q&n=รายงานผลการดำเนินงานตามนโยบายรัฐบาล%20พลเอก%20ประยุทธ์%20จันทร์โอชา%20นายกรัฐมนตรี%20เดือน%20มกราคม%202564%20-%20เมษายน%202566&t=GTMgq2qxqS9cMUug

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). (พฤษภาคม 2560). **คู่มือการจัดการทรัพยากรน้ำชุมชนตามแนวพระราชดำริ ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. สืบค้น 31 ตุลาคม 2566 จาก https://www.hii.or.th/wp-content/uploads/2019/10/2017-คู่มือการจัดการทรัพยากรน้ำชุมชน_web.pdf

คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.), คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะทำงานขับเคลื่อนโครงการธนาคารน้ำใต้ดิน. (ธันวาคม 2564). **คู่มือการเติมน้ำใต้ดิน (ปี 2564)**. สืบค้น 30 ตุลาคม 2566 จาก http://www.dgr.go.th/th/downloadFile/?file=q2MZMT1jMl50A2xkrQujYJ1cq2SZnT1HMl10ZJx1rQEjZJ03qmMZA202Mmy0Z2x1rQMjZJ0gq2IZoT1cM2M0Y2yyrTkjnJ1zql9Zp213M2I0ozxirTEjLJ1iq2kZpT11Ml90pzyarTEjY213q3qZq20iM3W0LJy2rP8WewEb3Q&n=

ฉวีพันธ์ ทรวงเกียรติกุล. (3 มิถุนายน 2565). **รายงานผลการฝึกอบรม Leaving No One Behind: Sustainable WASH Services in a Rapidly Changing Context**. สืบค้น 17 ตุลาคม 2566 จาก https://kmstakeholder.mwa.co.th/file-get//eyJpZCI6NDI0MDQsIm5hbWUiOiJcdTBlMjNcdTBlMzJcdTBlMjJcdTBlMDdcdTBlMzJcdTBlMTlcdTBlMVNcdTBlMjVcdTBlMDFcdTBlMzJcdTBlMjNcdTBlMWRcdTBlMzZcdTBlMDFcdTBlMmRcdTBlMWFcdTBlMjNcdTBlMjFXQVNlLnBkZiJ9.pdf

ชมพูนุช ดลสุขเลิศ. (กันยายน 2563). **รายงานการศึกษาส่วนบุคคล (Individual Study) เรื่อง การพัฒนาความร่วมมือระหว่างประเทศด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ**. สืบค้น 13 ตุลาคม 2566 จาก https://image.mfa.go.th/mfa/0/yZ0EO327fd/เอกสาร/nbt/nbt12/IS/12042.pdf

น้ำคอยได้. (12 พฤษภาคม 2564). **4 เทคโนโลยีของอิสราเอลช่วยให้เราใช้น้ำอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน**. สืบค้น 11 ตุลาคม 2566 จาก https://www.blockdit.com/posts/609b6d390f70be0502fd976e

บริษัท ไทย บิซ พาโนราม่า จำกัด. (27 มิถุนายน 2566). **จีนชื่นชมไทย ใช้นวัตกรรม 'ฝายแกนดินซีเมนต์' ต้านภัยแล้ง**. สืบค้น 5 พฤศจิกายน 2566 จาก https://www.tap-magazine.net/blog-th/cementdam

บัวหลวง ฝ้ายเยื่อ, รุ่งโรจน์ ฝ้ายเยื่อ, กนกพร คุ้มภัย และ พงศ์ไพบูลย์ ตุลารักษ์. (5 กรกฎาคม 2564). **นวัตกรรมสู้ภัยแล้ง-ตัวอย่างทางเลือกและทางรอดสำหรับเกษตรกรไทย**. สืบค้น 29 ตุลาคม 2566 จาก https://ej.eric.chula.ac.th/storage/ckeditor/file/file-306-Thai-332309887.pdf

พัชรี บอนคำ. (10 กรกฎาคม 2563). **'เนเธอร์แลนด์' ประเทศที่คนจ่ายภาษี เพื่อระบบจัดการน้ำที่ดีที่สุดในโลก**. สืบค้น 6 พฤศจิกายน 2566 จาก https://urbancreature.co/flood-netherlands/

ภัทราพร ไพบูลย์ศิลป. (2 กรกฎาคม 2560). **'อิสราเอล' กับการบริหารน้ำ เทคโนโลยีชั้นนำกลางผืนทราย**. สืบค้น 11 ตุลาคม 2566 จาก https://d.dailynews.co.th/article/582904/

โมเดลการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน "อิสราเอล – สิงคโปร์ – เนเธอร์แลนด์" ...เพราะน้ำคือชีวิต ต้องไม่เสียน้ำสักหยด. (11 มกราคม 2563). สืบค้น 13 ตุลาคม 2566 จาก https://thaipublica.org/2020/01/thailand-sustainable-water-management-20-6-2559/

Reporter Journey. (13 ตุลาคม 2564). **'Delta Works' โปรเจกต์จัดการน้ำที่ดีที่สุดในโลกของชาวดัตช์ลบคำว่า "น้ำท่วมซ้ำซาก" ออกจากสารบบของเนเธอร์แลนด์**. สืบค้น 13 ตุลาคม 2566 จาก https://www.blockdit.com/posts/6165e10a908957028ae4071a

รู้จัก "Delta Works" ระบบป้องน้ำท่วมที่ดีสุดในโลกของเนเธอร์แลนด์. (4 ตุลาคม 2564). สืบค้น 13 ตุลาคม 2566 จาก https://www.pptvhd36.com/news/ต่างประเทศ/157803

ลมกรด. (24 กุมภาพันธ์ 2566). **ลงทุน 4 หมื่นล้านมีน้ำใช้ทั้งปี หมดภัยแล้ง เกษตรกรหายจน**. สืบค้น 13 พฤศจิกายน 2566 จาก https://www.thairath.co.th/news/local/northeast/2637231

สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์. (19 เมษายน 2565). **คิดยกกำลังสอง: เปลี่ยนทะเลทราย...ให้กลายเป็นแหล่งน้ำ**. สืบค้น 13 ตุลาคม 2566 จาก https://tdri.or.th/2022/04/thinkx_444/

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2566). **สรุปภาพรวมสถานการณ์ ฤดูฝน ปี 2566 (ช่วงระหว่างวันที่ 30 กันยายน–6 ตุลาคม 2566)**. สืบค้น 30 ตุลาคม 2566 จาก http://rbmd.onwr.go.th/wp-content/uploads/2023/10/18-รายงานผลฤดูฝน-ปี-2566-30-ก.ย.-6-ต.ค.-66-V3.pdf

หน่วยราชการในพระองค์. (27 กรกฎาคม 2566). **โครงการจัดหาน้ำบาดาลขนาดใหญ่แก้ปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ**. สืบค้น 24 ตุลาคม 2566 จาก https://www.royaloffice.th/2023/07/27/โครงการจัดหาน้ำบาดาล-4/

อริยา อรุณินท์. (ม.ป.ป.). **การป้องกันน้ำท่วมเมือง:ประสบการณ์จากประเทศเนเธอร์แลนด์**. สืบค้น 12 ตุลาคม 2566 จาก http://www.land.arch.chula.ac.th/sites/default/files/magazine68_0.pdf

อิสราเอลแก้ปัญหาความแห้งแล้งพลิกผืนทะเลทรายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม. (6 ธันวาคม 2561). สืบค้น 11 ตุลาคม 2566 จาก https://www.bangkokbanksme.com/en/17502

ภาษาต่างประเทศ

PUB Singapore's National Water Agency. (n.d.). **NEWater**. Retrieved October 17, 2023 from https://info.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater