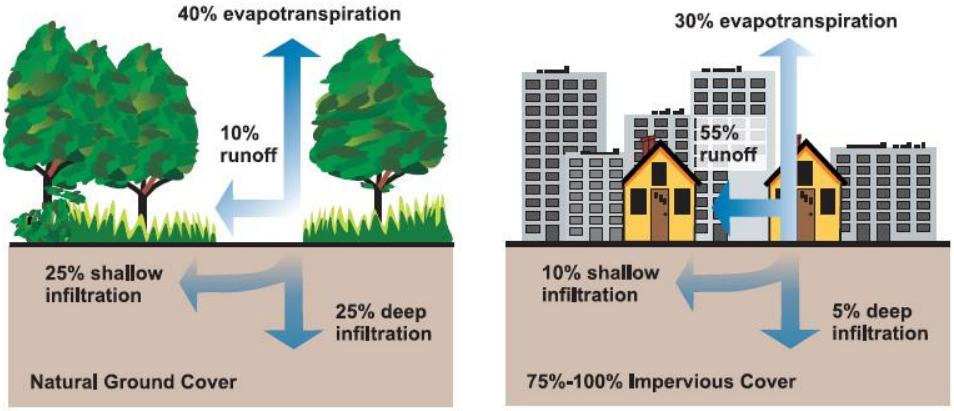
การจัดการเติมน้ำใต้ดินในภาคอุตสาหกรรม

โพยม สราภิรมย์ สถาบันทรัพยากรน้ำใต้ดิน[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์[2] มหาวิทยาลัยขอนแก่น

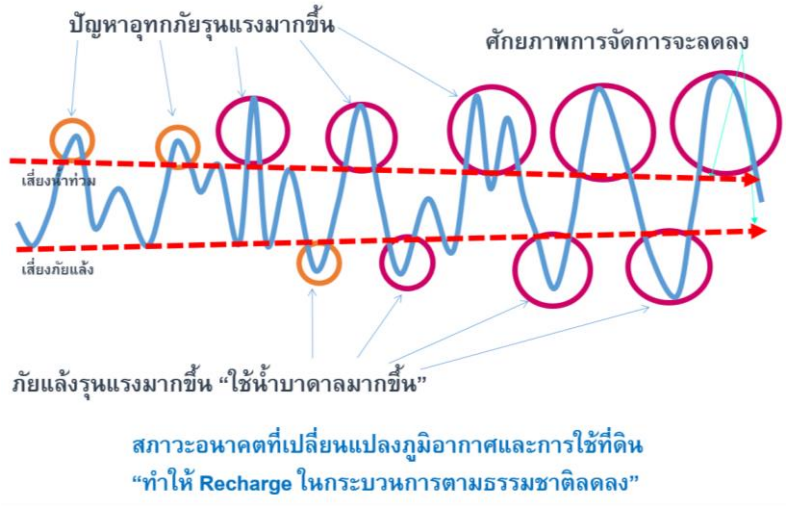
พื้นที่ในหลายภาคส่วนของประเทศไทยประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากการแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลาในทุกๆ ภาคส่วน ประกอบกับในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินกลับมีปริมาณมากขึ้น แต่การไหลซึมเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินกลับน้อยลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่และการใช้ที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน (groundwater recharge) เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ธรรมชาติไปเป็นพื้นที่ปิดทับด้วยวัสดุทึบน้ำมีผลต่อการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินอย่างมาก น้ำที่ไม่สามารถไหลซึมลงสู่ชั้นดินและชั้นน้ำบาดาลนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำท่วมขังเนื่องจากปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (runoff) ที่มากขึ้นอีกด้วย (รูปที่ 1)



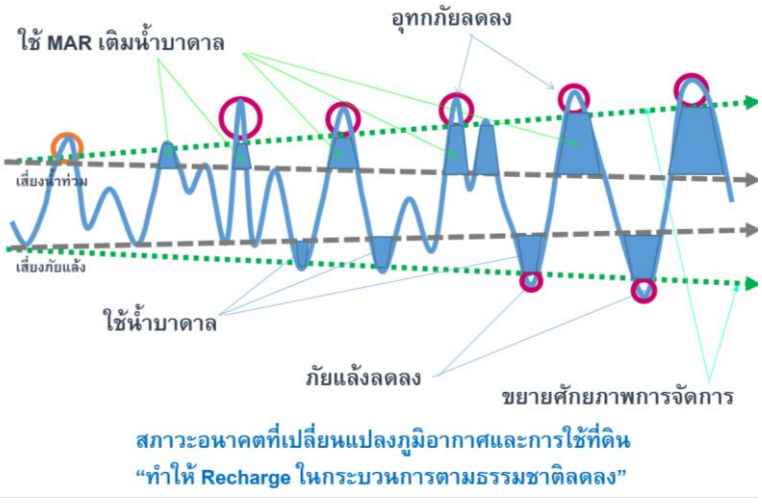
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงการเติมน้ำใต้ดินเนื่องจากการพัฒนาพื้นที่เขตเมือง (จาก USEPA, 2003)

นอกจากนั้นยังพบว่าปัจจุบันแอ่งน้ำบาดาลหลายแอ่งของประเทศไทย ประสบกับภาวะวิกฤตเชิงปริมาณและคุณภาพของน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องยาวนานมากกว่า 40 ปี จากการพัฒนานำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างกว้างขวางในปริมาณมาก อันเนื่องมาจากการแปรปรวนของปริมาณฝน ทำให้ขาดแคลนน้ำผิวดินในช่วงฤดูแล้ง จึงมีการพัฒนาน้ำบาดาลมาใช้มากขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งสิ่งที่บ่งชี้ คือ การลดลงของระดับน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องและการคืนตัวของระดับน้ำน้อยส่งผลในระยะยาวต่อการเสียสมดุลตามธรรมชาติของแอ่งน้ำบาดาล การรุกล้ำหรือการแทรกตัวเข้ามาของน้ำเค็มสู่ชั้นน้ำบาดาลจืด ทำให้แหล่งน้ำบาดาลจืดถูกแทนที่และกลายเป็นน้ำบาดาลเค็มในที่สุด จนอาจจะสูญเสียชั้นน้ำบาดาลนั้นอย่างถาวรไม่สามารถนำน้ำขึ้นมาใช้ได้อีกต่อไป ทำให้ศักยภาพของการรับมือภัยพิบัติด้านน้ำของเราก็จะค่อยๆ ลดลงทั้งในกรณีน้ำมากและน้ำน้อย

(รูปที่ 2 ก) สิ่งที่เห็นได้ชัด คือ การท่วมขังของน้ำในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรมที่มากขึ้น การลดลงของระดับน้ำบาดาลในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม ดังนั้น การนำน้ำส่วนเกินในช่วงน้ำมากมาเติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลจึงเป็นแนวทางในการลดผลกระทบการใช้น้ำบาดาลและช่วยเพิ่มศักยภาพการรับมือการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งที่กำลังนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (รูปที่ 2 ข) การเติมน้ำใต้ดินนับได้ว่าเป็นเครื่องมือทำสำคัญในการจัดการน้ำผิวดินร่วมกับน้ำบาดาล หรือ conjunctive water management ในปัจจุบันเรียกว่า การจัดการเติมน้ำใต้ดิน (Managed Aquifer Recharge หรือนิยมเรียกว่า MAR (Evans and Dillon, 2018)



(ก) ศักยภาพการจัดการน้ำทรัพยากรน้ำภายใต้สภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงแปรปรวนมากขึ้นและการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปและใช้น้ำบาดาลแก้ปัญหาภัยแล้ง



(ข) ศักยภาพการจัดการน้ำทรัพยากรน้ำภายใต้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงแปรปรวนมากขึ้นและการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้น้ำบาดาลและมีระบบ MAR

รูปที่ 2 ศักยภาพการจัดการน้ำทรัพยากรน้ำภายใต้สภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงแปรปรวนมากขึ้น การใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป และการจัดการเติมน้ำใต้ดิน

การจัดการเติมน้ำใต้ดิน หรือ Managed Aquifer Recharge (MAR) คือ “The purposeful recharge of water to aquifers for subsequent recovery or environmental benefit. It is not a method for waste disposal.” การจัดการให้มีการเติมน้ำสู่แหล่งน้ำใต้ดินตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น เพื่อรักษาระดับหรือแรงดันน้ำบาดาล เพื่อการกักเก็บและนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในช่วงเวลาหรือในพื้นที่ที่ต้องการ หรือเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และไม่ใช่วิธีการทิ้งของเสีย (Dillon et al., 2020) ซึ่งระบบเติมน้ำใต้ดินมีหลายรูปแบบ (Dillon et al., 2005) ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ (ดังรูปที่ 3) เช่น

1) การเติมผ่านบ่อน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อกักเก็บและสูบกลับขึ้นมาใช้ (aquifer storage and recovery, ASR) เป็นวิธีการอัดน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาลลงไปในชั้นน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้งหรือช่วงเวลาที่ต้องการ ส่วนการเติมผ่านบ่อน้ำบาดาลระดับลึกเพื่อกักเก็บและส่งต่อไปเพื่อสูบใช้ในพื้นที่อื่น (aquifer storage transfer and recovery, ASTR) เป็นการอัดน้ำผ่านบ่อน้ำบาดาล แต่สูบขึ้นมาใช้ในบ่อผลิตในพื้นที่อื่นที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย

2) การเติมผ่านบ่อแห้ง (dry wells) ส่วนใหญ่เป็นบ่อน้ำตื้น โดยการปล่อยน้ำที่มีคุณภาพดีลงไปในระดับลึกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง การเติมน้ำด้วยวิธีนี้สามารถผันน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินให้เติมลงไปสู่ชั้นน้ำบาดาลโดยตรง ชั้นน้ำบาดาลต้องมีความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดี คุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้เติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเดิม บริเวณพื้นที่ชุมชนน้ำที่ไหลบ่าในฤดูฝนสามารถทำร่องระบายเติมผ่านตัวกรองลงสู่บ่อบาดาลได้

3) การเติมน้ำผ่านฝายเติมน้ำ (percolation tanks หรือ recharge weirs) เป็นการกักเก็บน้ำผิวดินเพื่อให้น้ำไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาล ซึ่งบริเวณที่เหมาะสมในการสร้างฝายเติมน้ำต้องมีพื้นที่รับน้ำของลำน้ำและปริมาณน้ำฝนมากเพียงพอ ควรมีลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำที่มีความสามารถในการซึมผ่านได้ดี ชั้นน้ำบาดาลด้านล่างฝายเติมน้ำต้องมีความต่อเนื่องไปจนถึงพื้นที่รับประโยชน์ ฝายเติมน้ำควรสร้างบริเวณด้านล่างของบริเวณ run off zone หรือบริเวณที่มีความลาดชันระหว่าง 3-5 %

4) การเก็บเกี่ยวน้ำฝน (rainwater harvesting) เป็นวิธีการรวบรวมน้ำฝนจากหลังคาบ้านเรือน โรงงาน โรงเรียน และสนามกีฬา แล้วส่งต่อลงบ่อน้ำตื้นหรือหลุมที่มีทรายหรือกรวดบรรจุอยู่ วิธีการนี้เปรียบเสมือนการนำน้ำฝนที่เหลือใช้ไปเก็บไว้ใต้ดิน เพื่อนำน้ำขึ้นมาใช้ในช่วงที่ขาดแคลน วิธีการนี้เหมาะสมกับบริเวณที่รองรับด้วยชั้นน้ำไร้แรงดัน และเป็นบริเวณที่มีการลดระดับของน้ำบาดาลเพื่อสามารถมีระยะกักเก็บน้ำที่เติมลงไปใหม่ได้

5) การสูบน้ำผ่านตะกอนตลิ่งแม่น้ำ (river bank filtration, RBF) เป็นวิธีการกระตุ้นการไหลซึมของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินให้เข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดิน โดยใช้น้ำจากแม่น้ำ แอ่งน้ำ หรือทะเลสาบ ใช้ตะกอนดินทรายในธรรมชาติช่วยกรองน้ำ โดยทั่วไปใช้วิธีนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำใต้ดินเพื่อการอุปโภคบริโภค

6) ระเบียงเติมน้ำ (infiltration galleries) เป็นการใช้ร่องคูบรรจุวัสดุพรุนที่กลบปิดด้วยดินเดิม รับน้ำดิบและปล่อยผ่านแรงโน้มถ่วงให้ซึมลงไปเพิ่มเติมในชั้นหินอุ้มน้ำที่ไม่มีแรงดัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ลงทุนสูงแต่ประหยัดเนื้อที่เหมาะกับพื้นที่เมือง ที่อยู่อาศัย หรือสวนสาธารณะ

7) การเติมน้ำผ่านสันทราย (dune filtration) เป็นการเติมน้ำตามหลักวิธี Bank filtration แต่ใช้น้ำจากสระน้ำหรือเขื่อนที่สร้างขึ้นบนเนินทราย สูบน้ำขึ้นไปกักเก็บไว้ โดยทั่วไปใช้วิธีนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำและช่วยสร้างสมดุลให้เกิดในระบบและตอบสนองการใช้น้ำจากใต้ดิน

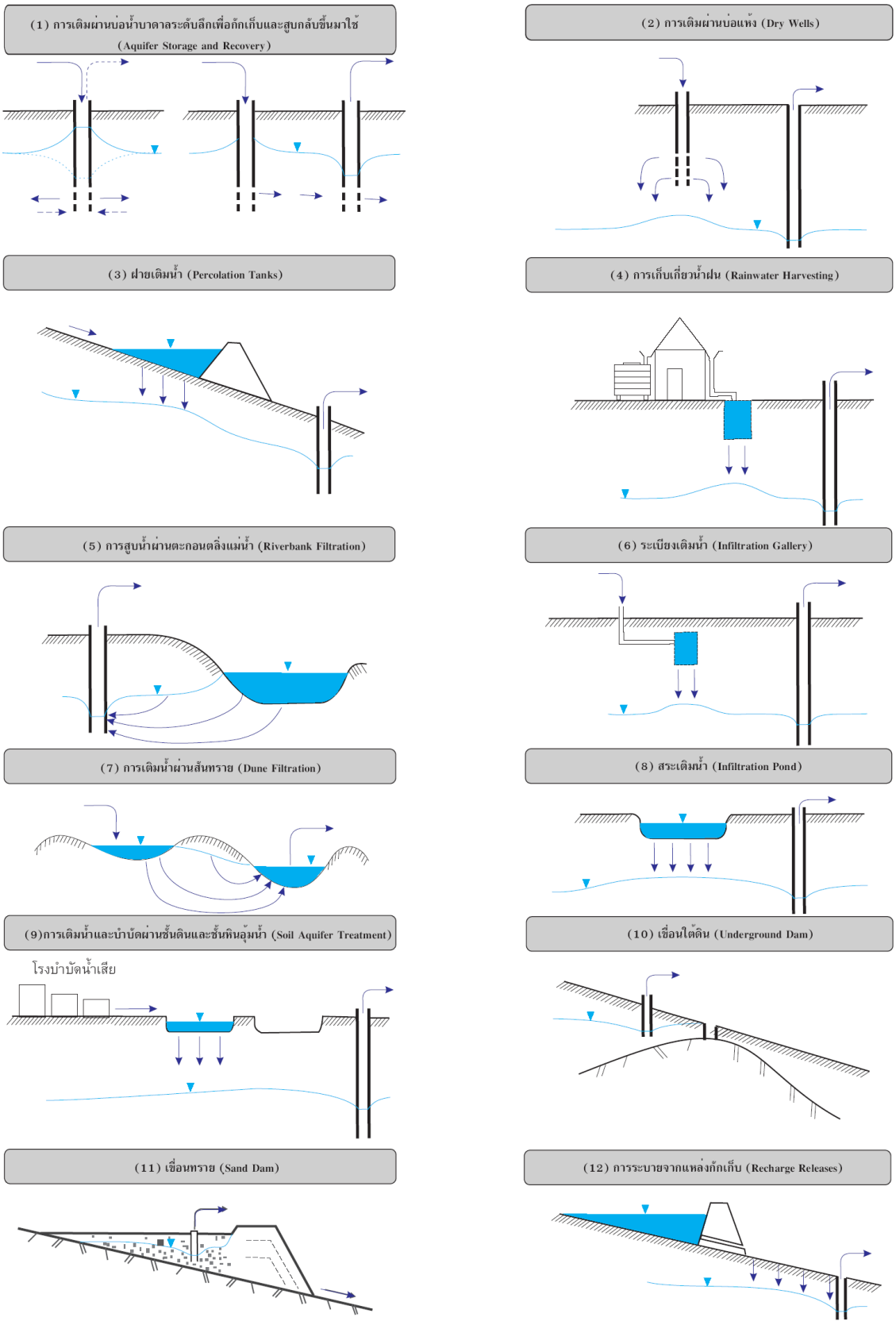
8) การเติมน้ำผ่านสระ (infiltration pond) เป็นการสร้างสระน้ำในพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มเวลาและพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับผิวดินให้มากขึ้นในพื้นที่ที่มีตะกอนดินทรายที่ซึมได้เร็ว และมีแหล่งน้ำดิบที่มีปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเติมลงไปกักเก็บไว้ในชั้นน้ำบาดาล

9) การเติมน้ำและบำบัดผ่านชั้นดินและชั้นหินอุ้มน้ำ (soil aquifer treatment, SAT) เป็นการใช้น้ำหมุนเวียนผ่านการนำน้ำเสียที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพแล้วปล่อยให้ซึมผ่านสระ เพื่อให้น้ำซึมลงใต้ดิน โดยอาศัยชั้นดินชั้นหินเป็นตัวช่วยกรองและปรับปรุงคุณภาพน้ำตามระยะทางที่น้ำไหลผ่าน แล้วสูบกลับขึ้นมาใช้ใหม่

10) เขื่อนใต้ดิน (underground dam) เป็นวิธีการสร้างอ่างเก็บน้ำใต้ดิน โดยการสร้างผนังกั้นขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาล เพื่อยกระดับน้ำและเพิ่มปริมาณน้ำกักเก็บไว้ใช้ในพื้นที่ชุมชนหรือการชลประทาน ในช่วงเวลาที่ต้องการใช้น้ำ พื้นที่ที่เหมาะสมของวิธีนี้ต้องมีหินแข็งรองรับด้านล่างเพื่อความมั่นคงของโครงสร้าง ชั้นน้ำบาดาลบริเวณเขื่อนต้องมีการซึมผ่านได้ดี และควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดธรณีพิบัติภัย เช่น แผ่นดินไหว

11) เขื่อนทราย (sand dam) เป็นวิธีการเก็บน้ำไว้ใต้ดิน โดยสร้างฝายกักน้ำและตะกอนทรายไว้เหนือพื้นที่ที่มีชั้นดินทรายร่วนทับถมกันอยู่หนาพอสมควร โดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นดินทรายร่วนเหล่านี้ทับถมตัวอยู่บนชั้นหินเนื้อแน่น น้ำฝนที่ตกลงมาเก็บกักอยู่ในอ่างน้ำจะซึมลงไปเก็บอยู่ในรูพรุนของทราย การเจาะบ่อเพื่อนำน้ำขึ้นมาใช้สามารถเจาะบริเวณท้องหรือขอบอ่างเก็บน้ำ

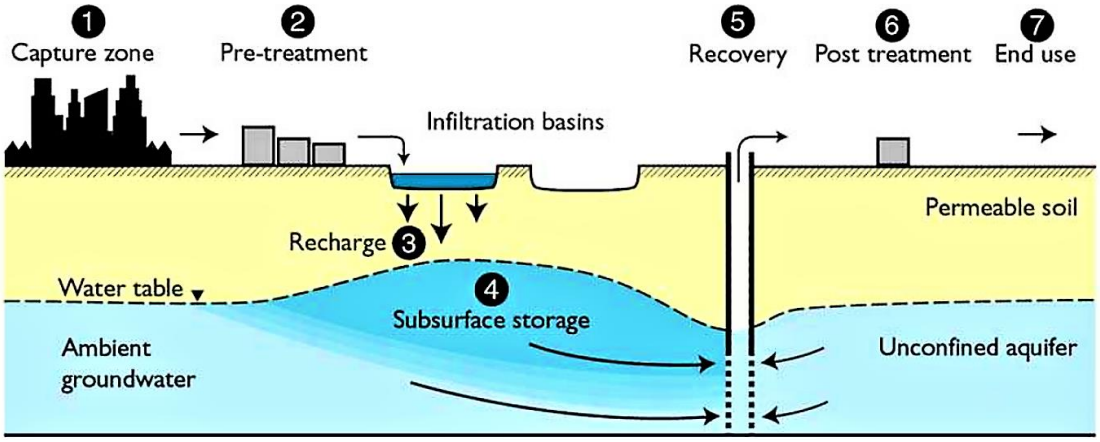
12) การระบายจากแหล่งกักเก็บ (recharge releases) เป็นวิธีการปล่อยน้ำจากเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำอย่างช้าๆ ที่สัมพันธ์กับปริมาณการไหลซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำที่รองรับอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 3 การจัดการเติมน้ำใต้ดินรูปแบบต่างๆ (ดัดแปลงจาก Dillon, 2005)

องค์ประกอบของระบบเติมน้ำใต้ดิน

โดยทั่วไประบบเติมน้ำใต้ดิน ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ พื้นที่รวบรวมน้ำ การบำบัดน้ำก่อนเติม การเติมน้ำใต้ดิน (recharge) แหล่งกักเก็บใต้ดิน การนำกลับมาใช้ การบำบัดก่อนใช้ และการใช้งาน ทั้งนี้การออกแบบก่อสร้างองค์ประกอบต่างๆ ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละพื้นที่เสียก่อน เช่น ปริมาณและคุณภาพน้ำดิบในพื้นที่รวบรวมน้ำ ระดับน้ำใต้ดินและคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ๆ จะเติมน้ำ เป็นต้น ดังรูปที่ 4 และตารางที่ 1



รูปที่ 4 องค์ประกอบของระบบเติมน้ำใต้ดิน ที่มา: MIOTLINSKI et al. (2010)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของระบบเติมน้ำใต้ดิน

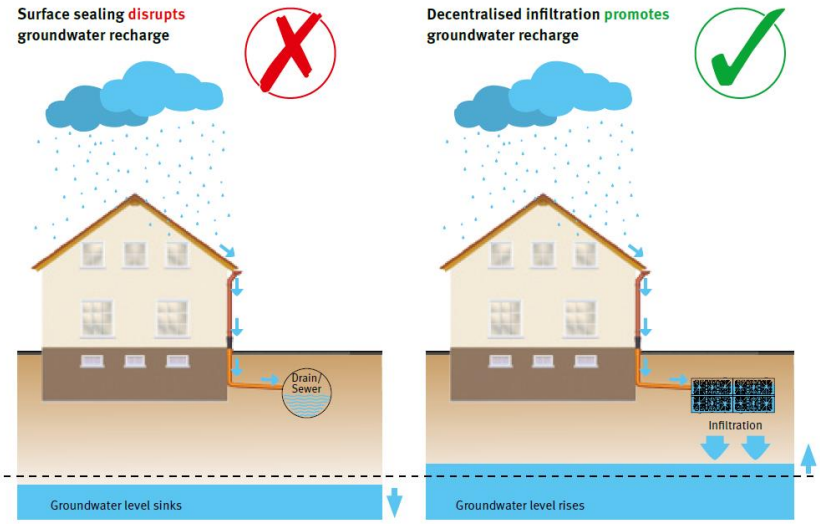
องค์ประกอบ	ตัวอย่าง
พื้นที่รวบรวมน้ำ	แหล่งรวมน้ำและกักน้ำ ฝาย อ่าง บึง พื้นที่ชุมน้ำ ท่อรวมน้ำ
การบำบัดน้ำก่อนเติม	โรงบำบัดน้ำเสีย บึงประดิษฐ์ หรือระบบกรองด้วยทราย
การเติมน้ำใต้ดิน (recharge)	ผ่านบ่อน้ำบาดาลเดิม บ่อเติมน้ำระดับลึก สระเปิด ระบบเก็บน้ำที่ฝังใต้ดิน
แหล่งกักเก็บใต้ดิน	ชั้นหินอุ้มน้ำแบบต่างๆ ที่มีที่ว่าง
การนำกลับมาใช้	การสูบกลับมาใช้ หรือ ใช้จากแหล่งน้ำซับ และคืนสู่ระบบนิเวศน์
การบำบัดก่อนใช้	การกรองทั่วไป ระบบกรองแบบ RO (ถ้าจำเป็น)
การใช้งาน (end use)	เกษตรกรรม ประมง อุปโภคบริโภค และ อุตสาหกรรม

(ดัดแปลงจาก Dillon et al., 2009)

การเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่อุตสาหกรรม

ในต่างประเทศหลายๆ ประเทศได้กำหนดเป็นกฎหมายและบังคับให้การขออนุญาตก่อสร้างอาคารต้องทำการหน่วงน้ำในพื้นที่ของตน โดยในยุโรป กฎหมายน้ำ (Water Resources Acts) ของประเทศต่างๆ ได้กำหนดว่า "rainwater should be drained away and irrigated locally ..., as long as this is not opposed by water legislation, other provisions of public law or water management issues." ทำ

ให้ท้องถิ่นและเจ้าของที่ดินทุกๆ ส่วนต้องหน่วงน้ำ เก็บน้ำ หรือทำการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ตนเองเพื่อสิ่งแวดล้อมและลดน้ำระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะ



รูปที่ 5 รูปแบบแนวทางการเติมน้ำใต้ดินในเขตชุมชนเมืองและอุตสาหกรรมในยุโรป (GRAF)

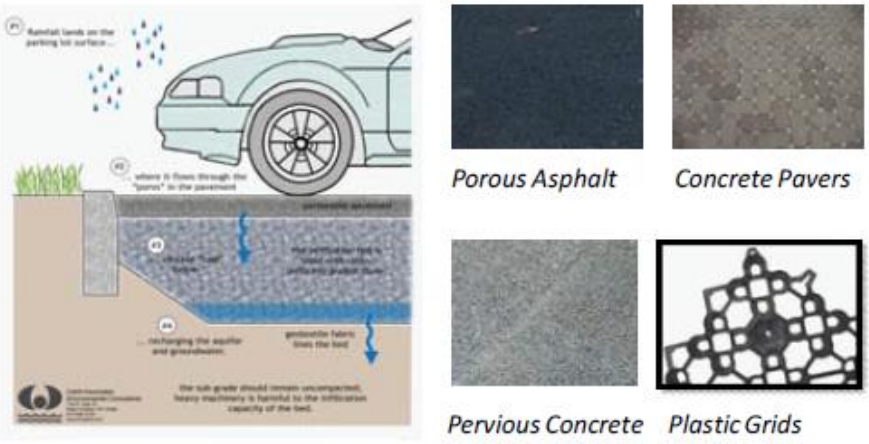
การพัฒนาระบบเติมน้ำใต้ดินในเขตอุตสาหกรรมและเมือง ควรมีการใช้พื้นที่สร้างระบบเติมน้ำน้อย มีความสอดคล้องกับการใช้ที่ดินในเขตอุตสาหกรรม และมีระบบป้องกันการปนเปื้อนของมลสารในน้ำได้ ซึ่งองค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณาในการวางแผน ออกแบบ และก่อสร้างระบบในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม คือ พื้นที่รวบรวมน้ำ ระบบบำบัดน้ำก่อนเติมน้ำ และสภาพชั้นดินชั้นหินของพื้นที่เติมน้ำ เนื่องจากน้ำที่จะรวบรวมได้อาจจะมีการปนเปื้อนของมลสารหลากหลายชนิด เช่น น้ำมัน โลหะหนัก ดังนั้นขั้นตอนการเติมน้ำจะต้องประกอบด้วย (1) การรวบรวมส่งเข้าระบบ (transport) (2) บำบัด (treatment) (3) กักเก็บ (storage) และ (4) ปล่อยให้ซึม (infiltrate)

โดยระบบเติมน้ำในเขตอุตสาหกรรมและเมือง แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเติมน้ำที่ผิวดิน เช่น การสร้างผิวซึมน้ำ หรือ surface infiltration และ permeable pavement และระบบเติมน้ำใต้ชั้นดินหรือระบบที่มีการเปิดพื้นผิวดินเพื่อเติมน้ำ เช่น ระบบ infiltration gallery ระบบเก็บเกี่ยวน้ำฝน (Rainfall harvesting) และระบบบำบัดด้วยดินและหินอุ้มน้ำ (SAT) เป็นต้น

1) ระบบการเติมน้ำใต้ดินติดตั้งบนผิวดิน

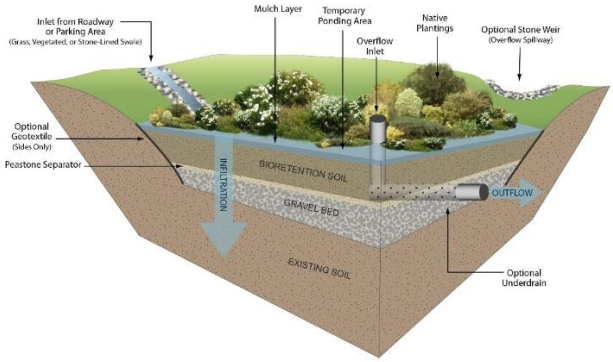
1.1) การเติมน้ำที่ผิวดิน เป็นการปรับเปลี่ยนพื้นที่ผิวดินจากพื้นที่ที่มีการซึมน้ำได้น้อย เช่น พื้นลาดยาง พื้นคอนกรีตทึบน้ำ ให้สามารถซึมน้ำได้มากขึ้น เช่น การสร้างผิวซึมน้ำ หรือ surface infiltration และ permeable pavement เช่น การใช้ porous asphalt, concrete pavers, pervious concrete และ

plastic grids เป็นต้น ดังรูปที่ 6 ซึ่งการเพิ่มเติมน้ำแบบนี้ต้องพิจารณาสภาพการใช้พื้นที่และอัตราการซึมน้ำของดินในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วย



รูปที่ 6 ตัวอย่างการเพิ่มการเติมน้ำใต้ดินโดยการใช้การเติมน้ำผ่านผิวดินแบบพื้นผิวซึมน้ำ (จาก Allen, 2010)

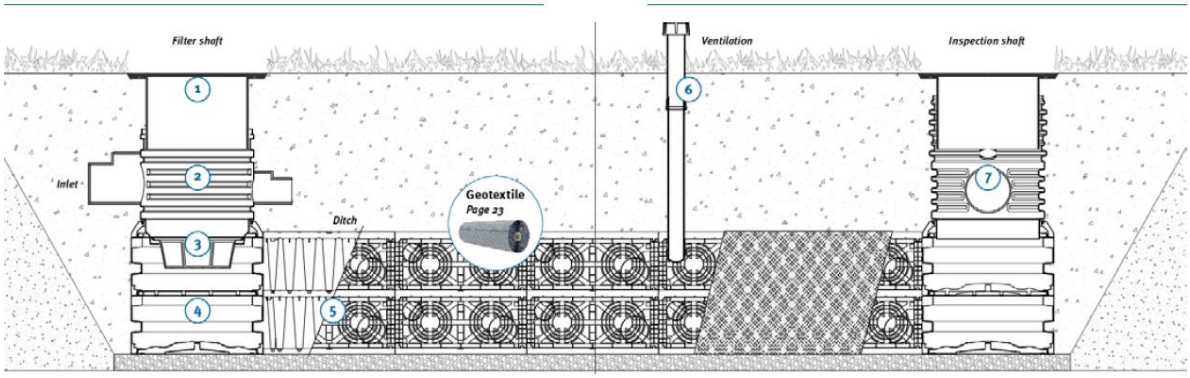
1.2) ระบบ Bioretention areas หรือเรียกว่า bioretention cells หรือ rain gardens หรือ park type recharge structure เป็นการใช้ดิน พืช และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (microbes) ในการบำบัดน้ำฝน ก่อนปล่อยให้ไหลซึมลงไปเพิ่มเติมความชื้นในดินและเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน Bioretention areas เป็นพื้นที่ลุ่มที่ออกแบบไว้รับน้ำฝนที่ไม่มีการปนเปื้อนมากนัก เช่นพื้นที่ลานจอดรถ และพื้นที่ว่างของโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำทรายและดินมาใช้ในการปลูกต้นไม้ที่ทนน้ำขัง ดังรูปที่ 7 สามารถช่วยลดกรอง อนุภาคตะกอนขนาดเล็ก โลหะหนัก (heavy metals) hydrocarbons สารอาหารพืช (nutrients) (Allen, 2010)



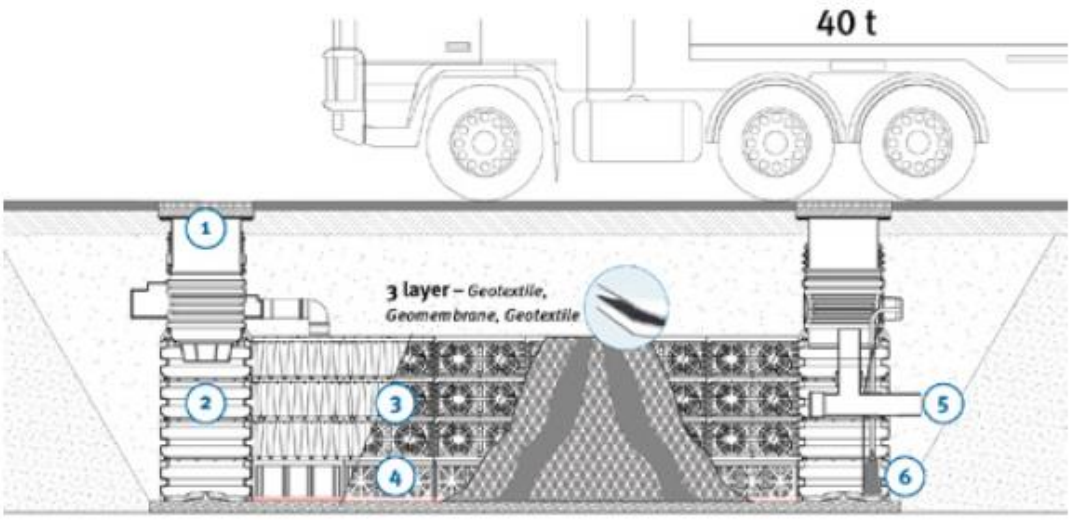
รูปที่ 7 ตัวอย่างระบบรวบรวมและเติมน้ำฝน Bioretention areas หรือ Rain garden
(จาก Massachusetts Department of Environmental Protection)

2) ระบบเติมน้ำใต้ดินที่ติดตั้งใต้ผิวดิน

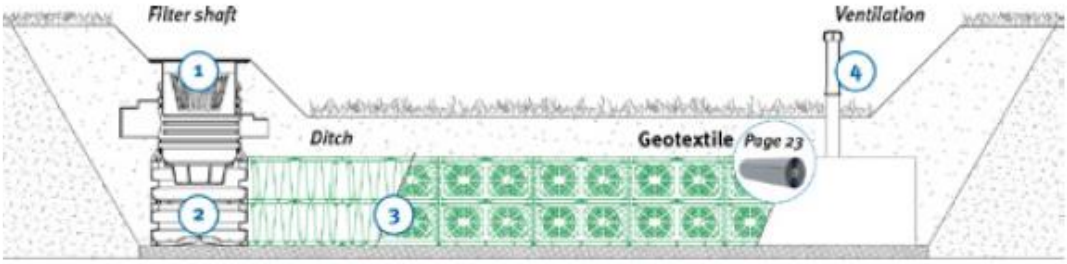
ระบบเติมน้ำใต้ดินที่ดำเนินการติดตั้งใต้ดิน หรือ เติมน้ำลงชั้นใต้ดินที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดีในพื้นที่อุตสาหกรรม คือ ระบบที่ผสมผสานระหว่างระบบเก็บเกี่ยวน้ำฝนจากหลังคา (rainfall harvesting) และอุโมงค์เก็บน้ำและเติมน้ำใต้ดิน (infiltration gallery) ระบบเหล่านี้ประหยัดการใช้พื้นที่เนื่องจากสามารถติดตั้งไว้ใต้ดินและนำพื้นที่ด้านบนกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียต่างกัน ในยุโรปนิยมผลิตระบบเก็บน้ำ หน่วงน้ำ และเติมน้ำใต้ดิน ใช้ในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรมไว้ใต้ดิน และใช้พลาสติกรีไซเคิลที่ได้มาตรฐานในเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้เป็นโครงสร้างใต้ดิน (ระบบรวบรวมน้ำ ระบบกรองและบำบัดคุณภาพน้ำที่รวบรวมมาได้ ระบบกักเก็บน้ำ และระบบเติมน้ำใต้ดิน) ดังรูปที่ 8 ถึง รูปที่ 14 โดยใช้วัสดุที่ทำจากคอนกรีต โลหะ พลาสติก ทั้งนี้ระบบจะถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักได้ตามความต้องการของการใช้พื้นที่ด้านบน เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้จอดรถบรรทุก สามารถเลือกใช้วัสดุที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกได้ตามกำหนด โดยสามารถออกแบบระบบได้หลายรูปแบบ รวมทั้งผสมผสานกับระบบเก็บน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียได้ด้วย ระบบเติมน้ำใต้ดินเหล่านี้ สามารถสำรวจและดูแลรักษาได้โดยการใช้เครื่องมือสำรวจติดกล้องลงไปสำรวจการอุดตันของระบบและทำความสะอาดหรือล้างระบบได้ผ่านช่องทางที่ติดตั้งไว้ โดยระบบกรองสามารถเลือกได้ว่าจะใช้ระบบกรองทางกายภาพอย่างเดียว หรือเลือกใช้ระบบกรองที่สามารถกรองน้ำมัน หรือโลหะหนักอื่นๆ ได้



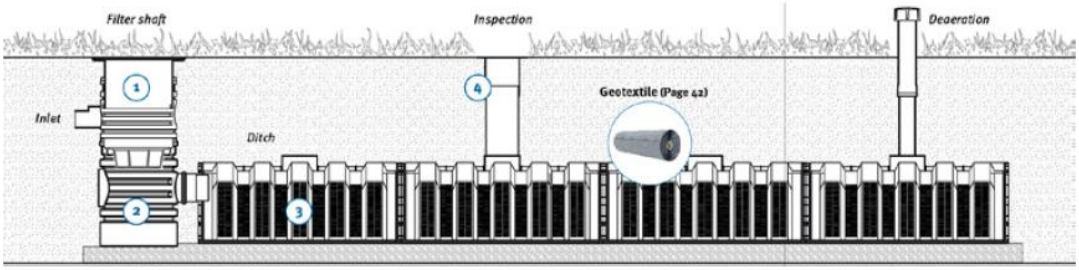
รูปที่ 8 ลักษณะโครงสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินโดยทั่วไปมีองค์ประกอบ คือ (1) ระบบรับน้ำ (2) (3) ระบบกรองน้ำ (4) ช่องน้ำเข้า (5) โครงสร้างกักเก็บน้ำ (6) ทางระบายอากาศ (7) ช่องลงสำรวจ และห่อหุ้มด้วยแผ่นซึมน้ำจาก GRAF)



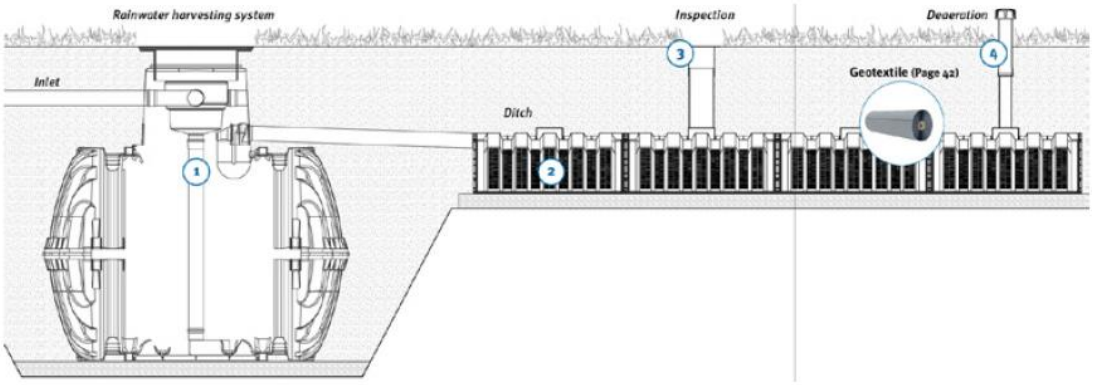
รูปที่ 9 ลักษณะโครงสร้างระบบรวมน้ำฝนและเติมน้ำใต้ดินที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม องค์ประกอบ (1) ระบบกรองน้ำ (2) รับน้ำ (3) โครงสร้างกักเก็บน้ำ (4) ช่องว่างที่ใช้สำรวจสภาพระบบ (5) ทางระบายน้ำล้น (6) ปั้มระบายน้ำ และแผ่นซึมน้ำจีโอเทกไทล์ (จาก GRAF)



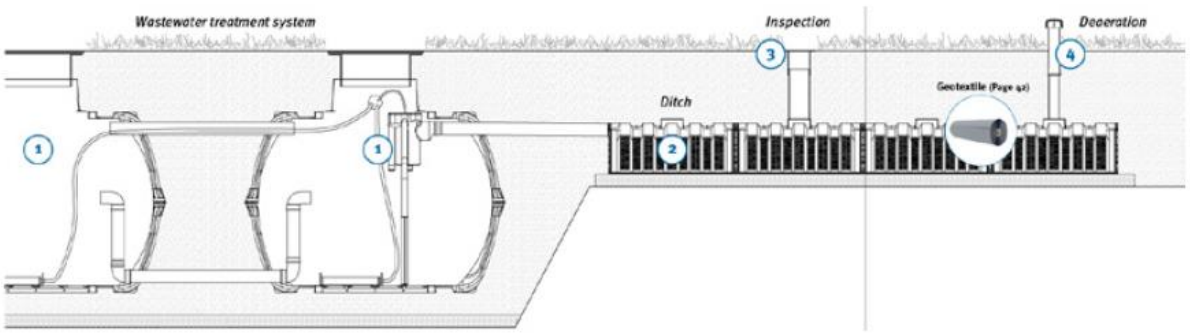
รูปที่ 10 ลักษณะโครงสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินในที่ราบลุ่มในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม แสดงองค์ประกอบระบบเติมน้ำใต้ดิน (1) ระบบกรองน้ำ (2) รับน้ำ (3) โครงสร้างกักเก็บน้ำ (4) ทางระบายอากาศ และแผ่นซึมน้ำจีโอเทกไทล์ (จาก GRAF)



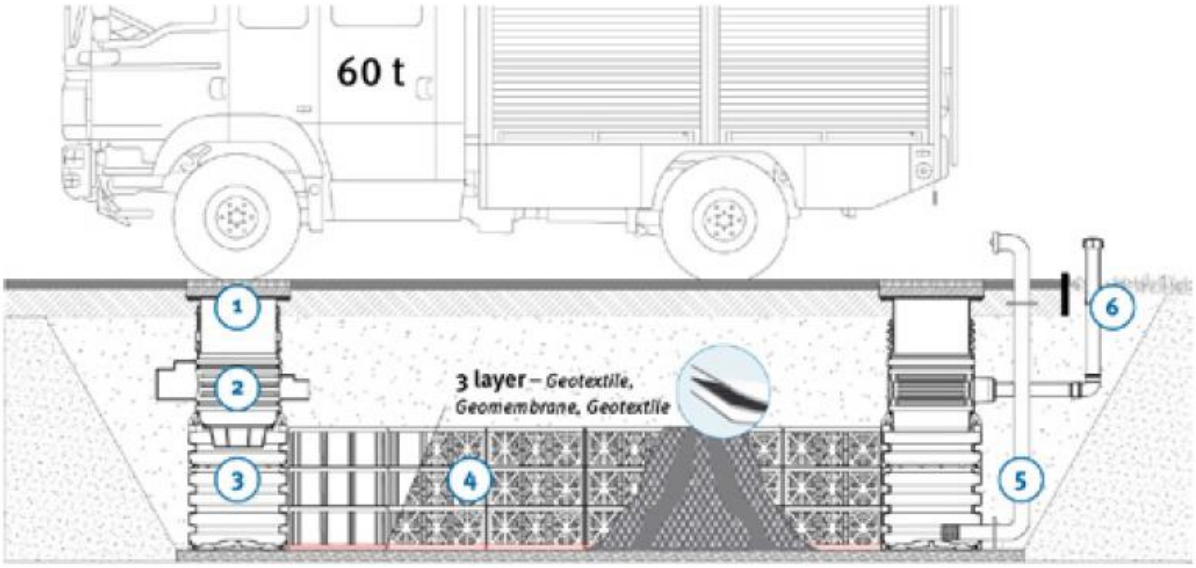
รูปที่ 11 ลักษณะโครงสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่อ่อนในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม แสดงองค์ประกอบระบบเติมน้ำใต้ดิน (1) ระบบกรองน้ำ (2) รับน้ำ (3) โครงสร้างอุโมงค์กักเก็บน้ำ (4) ทางระบบสำรวจ และทางระบายอากาศ (จาก GRAF)



รูปที่ 12 ลักษณะโครงสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินที่ต่อเชื่อมกับระบบเก็บน้ำใต้ดินในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม (จากGRAF)



รูปที่ 13 ลักษณะโครงสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินที่ต่อเชื่อมกับระบบบำบัดน้ำเสียในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม (จาก GRAF)



รูปที่ 14 ลักษณะโครงสร้างระบบเก็บและเติมน้ำใต้ดินที่ต่อเชื่อมกับระบบดับเพลิงในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม (1) ช่องรับน้ำ (2) ระบบกรองน้ำ (3) ท่อรับน้ำ (4) โครงสร้างอุโมงค์กักเก็บน้ำ (5) ท่อส่งน้ำดับเพลิง และ (6) ทางระบายอากาศ (จาก GRAF)

3) ระบบสระเติมน้ำ

ระบบสระเติมน้ำ หรือ Recharge pond สามารถประยุกต์ใช้ได้ในกรณีที่เป็นเขตอุตสาหกรรมเบาในพื้นที่ห่างไกลชุมชนมีพื้นที่มากๆ และไม่มีมลพิษมากนัก ก็ โดยออกแบบให้มีระบบรวบรวมน้ำ สระตกตะกอน จะตรวจสอบคุณภาพน้ำและส่งต่อไปยังสระเติมน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 โครงการและเติมน้ำบาดาลผ่านระบบสระเติมน้ำในสหรัฐอเมริกา (จาก USGS, 2005)

4) ระบบ Soil Aquifer Treatment (SAT)

ระบบ SAT หรือเรียกว่า Land Treatment จะต้องพัฒนาออกแบบให้มีระบบบำบัดน้ำที่รวบรวมได้ให้ได้มาตรฐานเสียก่อน แล้วเลือกพื้นที่ก่อสร้างสระเติมน้ำที่ผ่านการบำบัด เป็นระบบขนาดใหญ่ได้ซึ่งจะได้ปริมาณน้ำที่เติมมากขึ้น ในกรณีที่เลือกใช้ระบบ SAT มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาอัตราการซึมศักยภาพการรับน้ำของพื้นที่ ความหนาของตะกอนดินรองรับการเติมน้ำใต้ดิน ระดับความลึกของน้ำใต้ดินและผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบให้ชัดเจนเสียก่อน

รูปที่ 16 โครงการบำบัดน้ำเสียและเติมสู่ชั้นน้ำบาดาลระบบ Soil Aquifer Treatment (SAT) ในเขต Dan region ประเทศ Israel เป็นโครงการที่มีระบบ SAT ที่ใหญ่ที่สุดในโลก (จาก Allen, 2010)

สรุปและเสนอแนะ

ในช่วงวิกฤติภัยแล้งที่ผ่านมา มีโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำบาดาลในการผลิตหลายๆ แห่งมีความกังวลเรื่องความยั่งยืนของแหล่งน้ำบาดาลของตน เริ่มทำการใช้น้ำร่วมกับน้ำแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำประปา น้ำผิวดิน เป็นต้น และมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีแผนการที่จะทำการเติมน้ำบาดาลให้แก่ระบบแหล่งน้ำบาดาลของตนเอง ซึ่งเป็นเรื่องที่น่ายินดี แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินการจัดการเติมน้ำใต้ดินในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม ต้องดำเนินการอย่างเหมาะสมและรอบคอบ ตามขั้นตอนจึงจะเกิดการใช้งบประมาณอย่างคุ้มค่าและได้ผลลัพธ์ที่ดี กล่าวคือ ต้องเข้าใจสภาพอุทกธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม (hydrogeological environment) พื้นที่ของตนเอง คือ มีการใช้น้ำบาดาลในชั้นน้ำไหน พื้นที่ใช้น้ำกับพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้น้ำบาดาลเป็นอย่างไร พื้นที่เพิ่มเติมน้ำอยู่ตรงไหน เมื่อประเมินแล้วมีความต้องการพัฒนาระบบเติมน้ำใต้ดิน ก็จะต้องเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงเสียก่อน โดยพิจารณาจากสภาพพื้นที่โรงงาน ขนาดพื้นที่ การใช้ประโยชน์พื้นที่ สภาพพื้นที่โดยรอบ อุทกธรณีวิทยา ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำใต้ดิน น้ำที่จะนำมาใช้เติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน และศักยภาพการบำบัดของระบบที่จะใช้งาน (NRMMC–EPHC–NHMRC, 2009) และต้องทำการออกแบบโดยคำนวณพื้นที่รับน้ำ ปริมาณฝน ปริมาณมลสารที่ต้องบำบัด และปริมาณน้ำที่จะใช้เติม อัตราการซึมน้ำของดิน เพื่อออกแบบ ระบบรวบรวม กักเก็บ บำบัด เติมน้ำ และออกแบบระบบระบายน้ำล้นให้ออกไปในพื้นที่ที่เหมาะสม และต้องทำการติดตามคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่เติมน้ำและพื้นที่โดยรอบโครงการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการเติมน้ำใต้ดินจะเกิดความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

Allen V., 2010. Rainwater Harvesting and Recharge Techniques for Flood Control and Improved Stormwater Quality, 55th Annual NM Water Conference, How Will Institutions Evolve to Meet Our Water Needs in the Next Decade? December 1-3, 2010, Corbett center, New Mexico State University WRRI Report No. 359.

Dillon, P., Page D, Vanderzalm J, Toze S, Simmons C., 2020. Lessons from 10 Years of Experience with Australia's Risk-Based Guidelines for Managed Aquifer Recharge, WATER, MDPI, Water 2020, 12, 537; doi:10.3390/w12020537.

Dillon, P.J. 2005. Future Management of Aquifer Recharge, Hydrogeol J., 2005, 13: 313–316.

Dillon, P.J., Pavelic, P., Page, D., Beringen, H., and Ward, J. 2009. Managed Aquifer Recharge: An Introduction, Waterlines Report Series No. 13, Australia: the National Water Commission.

Dillon, P.J., Vanderzalm, J., Sidhu, J., Page, D., Chadha D., 2014. A Water Quality Guide to Managed Aquifer Recharge in India, CSIRO Land and Water Flagship

Evans R.S. and Dillon p., 2018. Linking groundwater and surface water: conjunctive water management. In Villholth Karen G.; Lopez-Gunn, E.; Conti, K.; Garrido, A.; Van Der Gun, J. (Eds.). Advances in groundwater governance. Leiden, Netherlands: CRC Press. pp. 329-351.

FRANKISCHE ROHRWERKE, 2016. Treating Stromwater, Handling polluted stromwater. Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG | 97486 Konigsberg/Germany.

GRAF. 2016. Stormwater Management, INFILTRATION MODULES INFILTRATION FILTERS RETENTION CISTERNS SHAFTS AND ACCESSORIES. Edition 2016, 960288 – V36-2 EN.

Massachusetts Department of Environmental Protection. Bioretention Areas & Rain Gardens. http://prj.geosyntec.com/npsmanual/bioretentionareasandraingardens.aspx.

NRMMC–EPHC–NHMRC. 2009. Australian Guidelines for Water Recycling (Phase 2): Managed Aquifer Recharge. (Natural Resource Ministerial Management Council, Environment Protection and Heritage Council and National Health and Medical Research Council), Canberra, www.ephc.gov.au/taxonomy/term/39.

USGS, 2005 Water Quality in the Equus Beds Aquifer and the Little Arkansas River Before Implementation of Large-Scale Artificial Recharge, South-Central Kansas, 1995–2005.