# การพัฒนาเทคโนโลยีของการบำบัดน้ำเสีย

# (Technology Development of Wastewater Treatment)

**ขนิษฐา หทัยสมิทธ์[*] สมบัติ ฑีฆทรัพย์[**]**

*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหริรัญจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
**ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
200 ถนนรังสิต-ปทุมธานี แขวงรังสิต เขตธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

เมื่อพ.ศ. 855 สมัยยุคกลาง (Middle Age) ชาวโรมปล่อยน้ำเสียและสิ่งปฏิกูลต่างๆ ลงสู่แม่น้ำไทเบอร์ (Tiber) จนเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ทำให้แหล่งน้ำสกปรกและเกิดโรคระบาดขึ้น ต่อมาชาวโรมได้สร้างท่อส่งน้ำเพื่อแยกน้ำดื่มกับน้ำทิ้งออกจากกัน

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มลพิษทางน้ำมีความซับซ้อนและมีสารพิษร้ายแรงมากขึ้น จนธรรมชาติไม่สามารถบำบัดและฟื้นฟูสภาพแหล่งน้ำเองได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังเช่นเช่น เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2532 เรือบรรทุกน้ำมันของบริษัทเอกซอน วอลเดซ (Exxon Valdez) เกิดรั่วบริเวณอ่าว ปรินซ์ วิลเลียม ซาวด์ (Prince William Sound) เมืองอลาสกา (Alaska) ส่งผลให้คราบน้ำมันลอยปกคลุมผิวหน้าทะเลกว้างประมาณ 3,400 ตารางกิโลเมตร ทำให้สัตว์น้ำเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 1)

**ภาพที่ 1** เรือบรรทุกน้ำมันของบริษัทเอกซอน วอลเดซรั่วบริเวณอ่าว ปรินซ์ วิลเลียม ซาวด์
ที่มา (Ferrara, 2010)

นอกจากนี้เหตุการณ์ปนเปื้อนของสารเมทิล เมอร์คิวรี (methyl mercury, $CH_3Hg$) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ของปรอทในน้ำเสียของบริษัท ชิสโส ที่ระบายออกสู่อ่าวมินามะตะ ประเทศญี่ปุ่น ทำให้เกิดการสะสมสารพิษนี้ในสัตว์ทะเลและมนุษย์จนเป็นสาเหตุของโรคมินามาตะ (Minamata) ที่รู้จักกันโดยทั่วไป (ภาพที่ 2) เด็กที่เป็นโรคมินามาตะมีอาการสมองพิการและระบบประสาทไม่ทำงาน

**ภาพที่ 2** เด็กญี่ปุ่นที่เป็นโรคมินามาตะ
ที่มา (เพ็ญโฉม ตั้ง, 2550)

**น้ำเสีย** ในพระราชบัญญัติส่งเสริมสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น คุณลักษณะของน้ำเสียทางกายภาพ ได้แก่ สี ความขุ่น อุณหภูมิ กลิ่น ทางเคมี ได้แก่ สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสเฟต และทางชีวภาพ เช่น จุลินทรีย์ สาหร่าย เป็นต้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

การพัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียในช่วงแรกเกิดขึ้นเมื่อประมาณ พ.ศ. 2393 กระบวนการบำบัดน้ำเสียใช้การฉีดสเปรย์ลงในดิน (land spraying) เพื่อให้ดินย่อยสลายของเสียเอง ต่อมาในช่วง พ.ศ. 2393-2413 มีการศึกษาการเป่าอากาศลงในน้ำเสีย ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon) และแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge process, AS)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (ภาพที่ 3) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมชาติที่มีการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (aerator) เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ดังสมการ

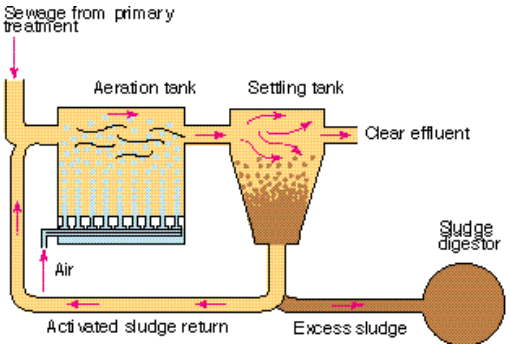
$$\text{Org} + \text{Bact} \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{cell} + \text{Org} \downarrow$$

**ภาพที่ 3** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ
ที่มา (WPL, 2010)

ระบบนี้สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand, BOD) ได้ร้อยละ 80-95 ระยะเวลาเก็บกักน้ำภายในบ่อเติมอากาศประมาณ 3-10 วัน และเครื่องเติมอากาศจะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพ

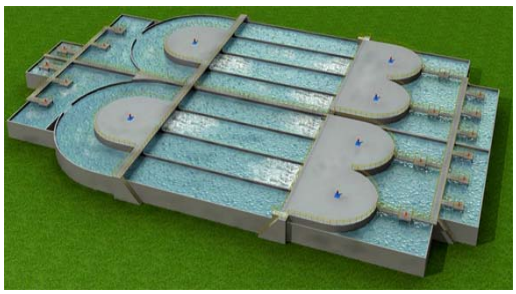
ต่อมา ปี พ.ศ. 2458 ได้เริ่มมีการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย และยังเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน หลักการของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียโดยเลี้ยงแบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) ให้อยู่ในรูปสารแขวนลอย เพื่อทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบบำบัดนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (aeration

tank) ทำหน้าที่กำจัดสารอินทรีย์ และถังตกตะกอน (sedimentation tank) ทำหน้าที่ตกตะกอนแบคทีเรียที่ติดมาจากถังเติมอากาศก่อนปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดสู่สิ่งแวดล้อม




**ภาพที่ 4** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์
ที่มา (Pearson Company, 2001)

ต่อมามีการประยุกต์ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์จากการเติมอากาศแบบเป่าให้ทั่วทั้งถังปฏิกรณ์มาเป็นระบบเติมอากาศตามแนวยาว (plug flow) ในปัจจุบันเรียกระบบนี้ว่า “ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน(oxidation ditch, OD)” (ภาพที่ 5) หลักการของระบบนี้เริ่มจากการสร้างสภาวะแอนอกซิค โซน (anoxic zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนมากและน้อยสลับกันไป สามารถบำบัดไนโตรเจนและฟอสเฟตได้ดี เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียตามโรงพยาบาล และโรงฆ่าสัตว์

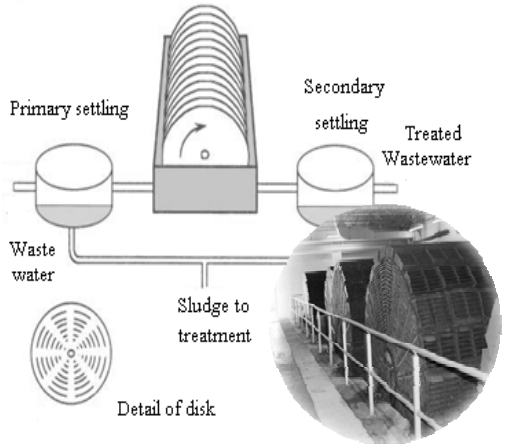


**ภาพที่ 5** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน
ที่มา (DBS Manufacturing, 2008)

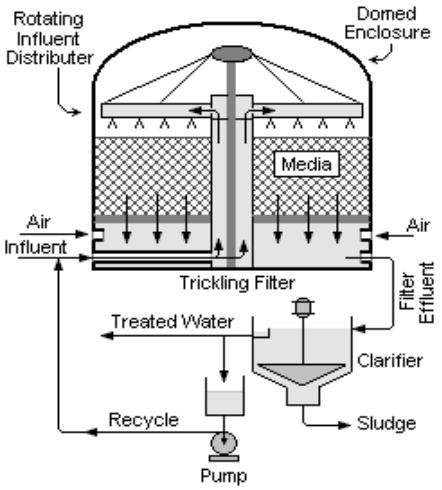
ในช่วง ปี พ.ศ. 2443-2468 ได้มีการศึกษาระบบที่ใช้จำนวนจุลินทรีย์น้อยลงโดยสร้างที่ยึดเกาะ (media) เรียกว่า ระบบการตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (fixed-film) ซึ่งมี 2 แบบใหญ่ๆ ดังนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นหมุนชีวภาพ (rotating biological contactor, RBC)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง (trickling filter)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นหมุนชีวภาพ (ภาพที่ 6) มีกลไกในการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศจำนวนมากที่ยึดเกาะติดบนแผ่นจานหมุนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยการหมุนแผ่นจานผ่านน้ำเสีย ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นมาสัมผัสกับอากาศก็จะพาเอาฟิล์มจุลินทรีย์ขึ้นสู่อากาศด้วย ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนจากอากาศ และใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ต่อจากนั้นแผ่นจานจะหมุนลงไปสัมผัสกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยาอีกครั้ง ทำให้ออกซิเจนส่วนที่เหลือผสมกับน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง สลับกันไปเป็นวัฏจักร แต่เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์ยึดเกาะแผ่นจานหมุนหนามากขึ้น จะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนหลุดลอกจากแผ่นจานเนื่องจากแรงเฉือนของการหมุน ซึ่งจะเป็นการรักษาความหนาของแผ่นฟิล์มให้ค่อนข้างคงที่โดยอัตโนมัติ



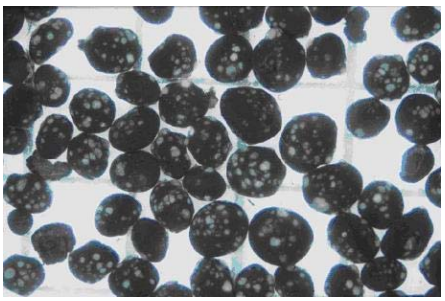

**ภาพที่ 6** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นหมุนชีวภาพ
ที่มา (González, 1996)




**ภาพที่ 7** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง
ที่มา (Wikipedia, 2010)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง (ภาพที่ 7) เป็นระบบที่น้ำเสียถูกฉีดเป็นฝอยตกลงมายังก้อนหิน หรือพลาสติกซึ่งเป็นที่เจริญของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่กับก้อนหินหรือพลาสติกเหล่านี้จะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในน้ำขณะที่น้ำเสียไหลผ่านก้อนหินออกไป การทำให้น้ำเสียเป็นฝอยเพื่อต้องการเติมออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ และกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเสียออกไป

ต่อมาหลังปี พ.ศ. 2513 ซึ่งเป็นยุคที่โลกเกิดภาวะวิกฤตด้านพลังงาน เนื่องจากการจำกัดการผลิตน้ำมันโดยกลุ่มประเทศโอเปค ทำให้เกิดความจำเป็นต้องคิดค้นพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น และมีการพัฒนารูปแบบต่างๆ ขึ้นใช้งาน โดยเน้นการออกแบบถังหมักหรือบ่อหมักสำหรับเป็นที่เก็บน้ำเสียและเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นแก๊สมีเทน ที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันได้ เช่น ถังหมักแบบไร้อากาศในโรงเลี้ยงสุกร ระบบบำบัดแบบยูเอเอสบี (upflow anaerobic sludge blanket, UASB) ซึ่งเป็นระบบบำบัดที่มีการป้อนน้ำเสียเข้าระบบจากด้านล่างของถังปฏิกรณ์ขึ้นสู่ด้านบน (up-flow feeding) โดยปัจจัยสำคัญของระบบนี้คือเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (anaerobic granules) ที่เจริญเติบโตอยู่ในลักษณะแขวนลอย (ภาพที่ 8)



**ภาพที่ 8** เม็ดตะกอนจุลินทรีย์
ที่มา (Field, 2005)

สำหรับประเทศไทยเริ่มมีกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมฉบับแรกในปี พ.ศ. 2518 เรียกว่า พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2518 ต่อมามีการแก้ไขเพิ่มเติมเป็นฉบับที่ 2 บังคับใช้ในปี พ.ศ. 2521 และฉบับที่ 3 ในปี พ.ศ.2522 ซึ่งในสมัยรัฐบาลของนายอานันท์ ปันยารชุน ได้มีร่างพระราชบัญญัติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมขึ้นใหม่ โดยให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2535 เรียกว่า **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535** โดยมุ่งกระจายอำนาจของการวางแผนและปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมลงสู่ท้องถิ่น ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติแบ่งเป็น 3 หน่วยงาน ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

จากการปรับโครงสร้างการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมครั้งนี้ก่อให้เกิดมาตรฐานลักษณะของน้ำทิ้งต่างๆ การออกกฎหมายสำหรับโรงงานที่ต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และผลักดันการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนให้เกิดเป็นรูปธรรม ซึ่งจากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2551 (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) พบว่าประเทศไทยมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน100 แห่ง มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียประมาณ 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน แบ่งออกเป็น ระบบแบบบ่อปรับเสถียร 42 แห่ง ระบบแบบบ่อปรับเสถียรร่วมกับบึงประดิษฐ์ 3 แห่ง ระบบแบบบ่อเติมอากาศ 16 แห่ง ระบบแบบคลองวนเวียน 17 แห่ง ระบบแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ 19 แห่ง ระบบแบบจานหมุนชีวภาพ 1 แห่ง และระบบแบบบึงประดิษฐ์ (wetland) 2 แห่ง สำหรับโรงงานสังกัดกรมโรงงานอุตสาหกรรมมีจำนวน 103,751 โรงงาน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2553) โดยประเภทของโรงงานที่ 2 และ 3 จะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียผ่านมาตรฐานก่อนทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งส่วนใหญ่ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ระบบแบบบ่อเติมอากาศ และระบบแบบบ่อปรับเสถียร

## บทสรุป

เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์เดียวกันคือบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีและผ่านมาตราฐานสิ่งแวดล้อม ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ควรคำนึงถึงประเภทของน้ำเสีย หากน้ำเสียมีความสกปรกและปนเปื้อนของสารพิษมาก ควรใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูง แต่ถ้าน้ำเสียมีความสกปรกและปนเปื้อนของสารพิษน้อย ควรเลือกเทคโนโลยีที่ง่ายต่อการดูแล และเหมาะสมกับท้องถิ่นนั้นๆ เช่น กังหันน้ำชัยพัฒนาซึ่งเป็นเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย ทำให้เพิ่มออกซิเจนในน้ำได้ดีจากการเคลื่อนที่ของกังหัน สามารถนำไปใช้ได้ทุกสถานที่ และง่ายต่อการซ่อมบำรุงของเจ้าหน้าที่ ตลอดจนโครงการพระราชดำริแหลมผักเบี้ยที่ใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติช่วยธรรมชาติ โดยใช้พืชที่มีในท้องถิ่น เช่น กกกลม ธูปฤษี หญ้าประเภทต่างๆ นอกจากสามารถ

บำบัดน้ำเสียแล้ว ยังสามารถนำพืชที่เหลือไปทำหัตถกรรม และเลี้ยงสัตว์ได้อีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง


เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน (2542). **การบำบัดน้ำเสีย.** (2 ที่พิมพ์ครั้ง) กรุงเทพฯ: สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพ พลายส์

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2551**. กระทรวงทรัพยกรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2553). **กระบวนการบำบัดน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2553 จากเว็บไซต์ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของไทย**:** http://teenet.tei.or.th/DatabaseGIS/wastewater_treatment.html

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). **พระราชบัญญัติส่งเสริมสิ่งแวดล้อมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ .2535** สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2553 จากเว็บไซต์ระบบฐานข้อมูลกฎหมายสิ่งแวดล้อมและมติคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ: http://envilaw.onep.go.th/searchel.aspx

เพ็ญโฉม ตั้ง (2550). **มินามาตะ เรื่องราวที่มากกว่าโรคร้าย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2553 จากเว็บไซต์: http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=3&ID=10

DBS Manufacturing. (2008**). Oxidation ditches.** Retrieved October 2, 2010, from Web site: http://www.dbsmfg.com/oxidation ditch.html

Ferrara, A. R. (2010). **History**. Retrieved April 20, 2010, from Pollution Issues Web site: http://www.pollutionissues.com/Fo-Hi/History.html

Field, J. (2005). **Anaerobic granular sludge bed technology pages**. Retrieved April 20, 2010, from Web site: http://www.uasb.org

González, J.F. (1996). **Wastewater treatment in the fishery industry.** Retrieved March 27, 2010, from FAO Corporate Document Repository Web site**:** http://www.fao.org/docrep/003/v9922e/V9922E34.jpg.

Pearson Company. (2001).**Industrial Microbiology: Introduction**. Retrieved March 27, 2010, from http://cwx.prenhall.com/brock/chapter12/objectives/deluxe-content.html

Tamburino V., Zema D. A., Zimbone S. M. (2008). **Agricultural recycling of oliva oil mill wastewater and experiences on citrus wastewater lagooning in southern Italy**. Retrieved March 27, 2010, from Web site: http://waste.com.ua/cooperation/2008/theses/tamburino.html.

Wikipedia. (2010). **Trickling filter**. Retrieved April 20, 2010, from Web site: http://en.wikipedia.org/wiki/Trickling_filter

WPL. (2010). **Innovating waste water solution**. Retrieved March 27, 2010, from Web site:http://www.wpl.co.uk/images/hires/SBR/Final-SBR-flow.gif