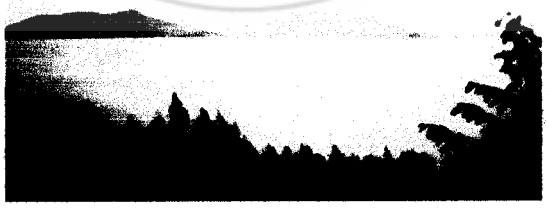
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญด้านการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต ทั้งยังเป็นแหล่งรองรับของเสียที่มาจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ทะเลสาบสงขลามีลักษณะเป็นที่ราบต่ำลาดเอียงจากทางตะวันตก ซึ่งทะเลสาบได้รับน้ำจากในลำคลองแหล่งน้ำจืดต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายหลายสาย ทั้งนี้เนื่องจากทะเลสาบสงขลาตอนล่างนั้นเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียและมลพิษต่าง ๆ จากทะเลสาบสงขลาตอนบนและจากจังหวัดสงขลาเกือบทั้งหมด ซึ่งจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารมลพิษประเภทโลหะหนัก เช่น ตะกั่วเป็นส่วนใหญ่ อาจทำให้มีการแพร่กระจายและการสะสมของสารมลพิษเหล่านี้ในสิ่งมีชีวิตในทะเลสาบสงขลาตอนล่างได้ โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นสัตว์น้ำหลักของทะเลสาบสงขลา โดยพบทั้งชนิดและปริมาณมากกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ฉะนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่ตกค้างในปลาจากทะเลสาบสงขลาตอนล่างจึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจยิ่ง เพราะการปนเปื้อนของสารดังกล่าวอาจเกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางที่ถูกต้องต่อไป (ประไพศรี ธรฤทธิ์, 2546)

2.1 ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

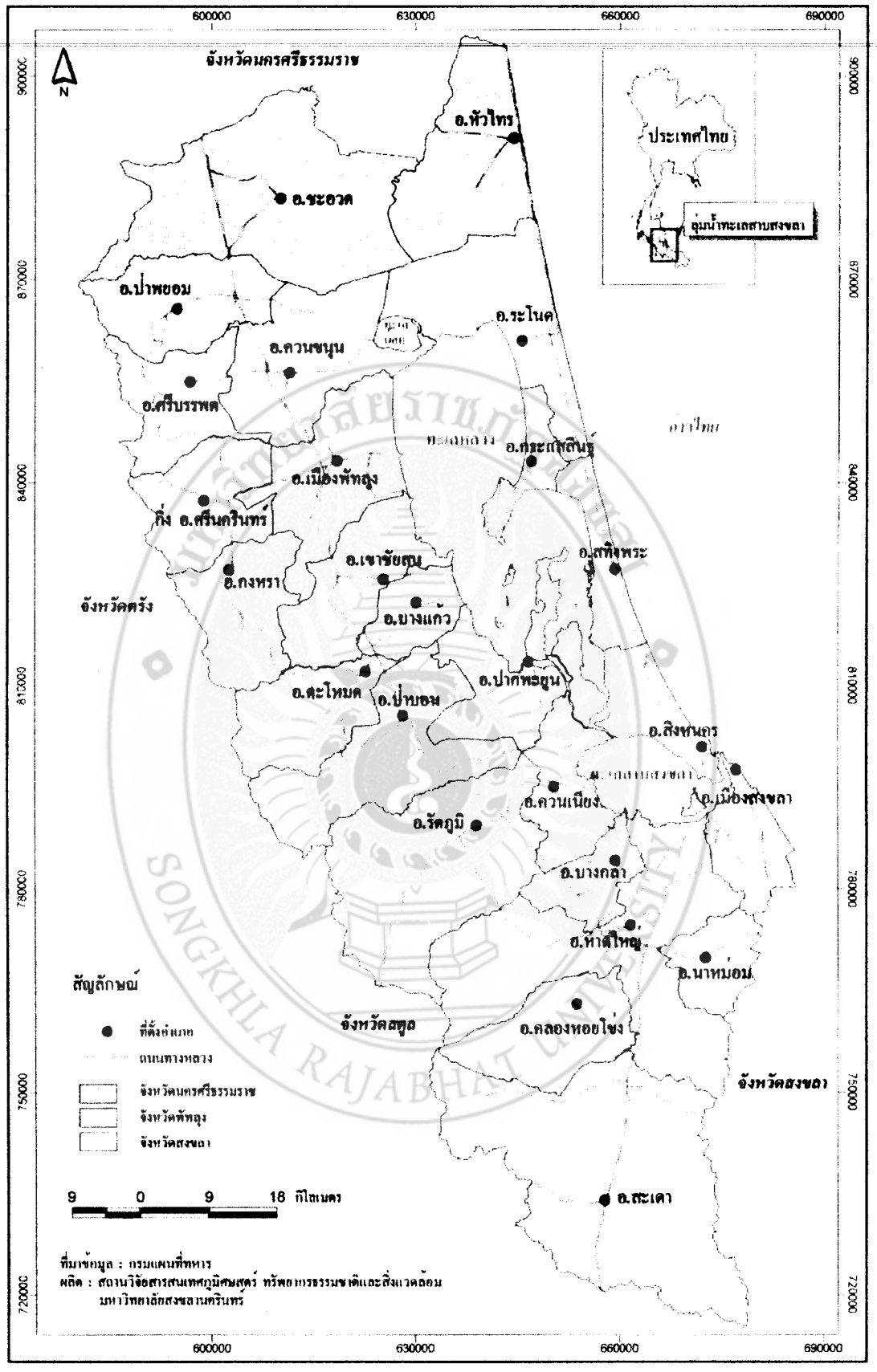
2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ทะเลสาบสงขลาตอนล่างอยู่ถัดจากตำบลปากรอลงมา คลอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ อำเภอสิงหนคร อำเภอควนเนียง และอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา เป็นส่วนตอนล่างสุดของทะเลสาบสงขลาทั้งหมด มีพื้นที่ผิวน้ำ 182.15 ตร.กม. ส่วนพื้นที่รอบๆ ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีเนื้อที่รวมประมาณ 1,500 ตร.กม.



ภาพที่ 2.1 ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ที่มา : http://www.school.net.th/oncc-cgi/



ภาพที่ 2.2 แผนที่ทะเลสาบสงขลา จ. สงขลา

ที่มา : สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.1.2 สภาพภูมิประเทศ

บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบริมทะเลด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นที่ลาดชันมีเนินเขาและทิวเขาสูง ส่วนทางด้านทิศตะวันออกเป็นที่ราบริมฝั่งทะเลและมีเนินหาดทรายรอบ ๆ ทะเลสาบมีเขาเตี้ยๆ ตามแนวเหนือ-ใต้ เขาที่สำคัญได้แก่ เขาตังกวน มียอดเขาสูง 80 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เขาน้อย มียอดเขาสูง 60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และเขาคอหงส์ มียอดเขาสูง 389 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีทางออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางด้านตะวันออกที่ปากทะเลสาบสงขลา ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา น้ำในทะเลสาบเป็นน้ำกร่อยหรือเค็ม และได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณทางตอนใต้มีพื้นที่ป่าชายเลนปกคลุมโดยทั่วไป แต่ปัจจุบันถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง สภาพทะเลสาบโดยทั่วไปมีลักษณะตื้นเขิน ความลึกของน้ำในทะเลสาบเฉลี่ยประมาณ 1-2 เมตร ยกเว้นช่องแคบที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย ซึ่งเป็นช่องเดินเรือมีความลึกประมาณ 12-14 เมตร ในทะเลสาบมีพื้นที่เกาะที่สำคัญ คือ เกาะยอ (ดังภาพที่ 2.3 หน้า 8)

2.1.3 ลำน้ำสำคัญที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

1. คลองอู่ตะเภา ต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกะลาคีรี ในตำบลสำนักแต้ว อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ไหลผ่านอำเภอสะเดา อำเภอหาดใหญ่ ไปลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ยาวประมาณ 90 กิโลเมตร

2. คลองวาด ต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด ในอำเภอหาดใหญ่ ไหลลงสู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือไปสู่คลองอู่ตะเภา ยาวประมาณ 37 กิโลเมตร

3. คลองรัตภูมิ ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ลำน้ำเขานครศรีธรรมราชตอนต้นไหลลงทางทิศเหนือ แล้วลงมาทางตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านอำเภอรัตภูมิ และลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

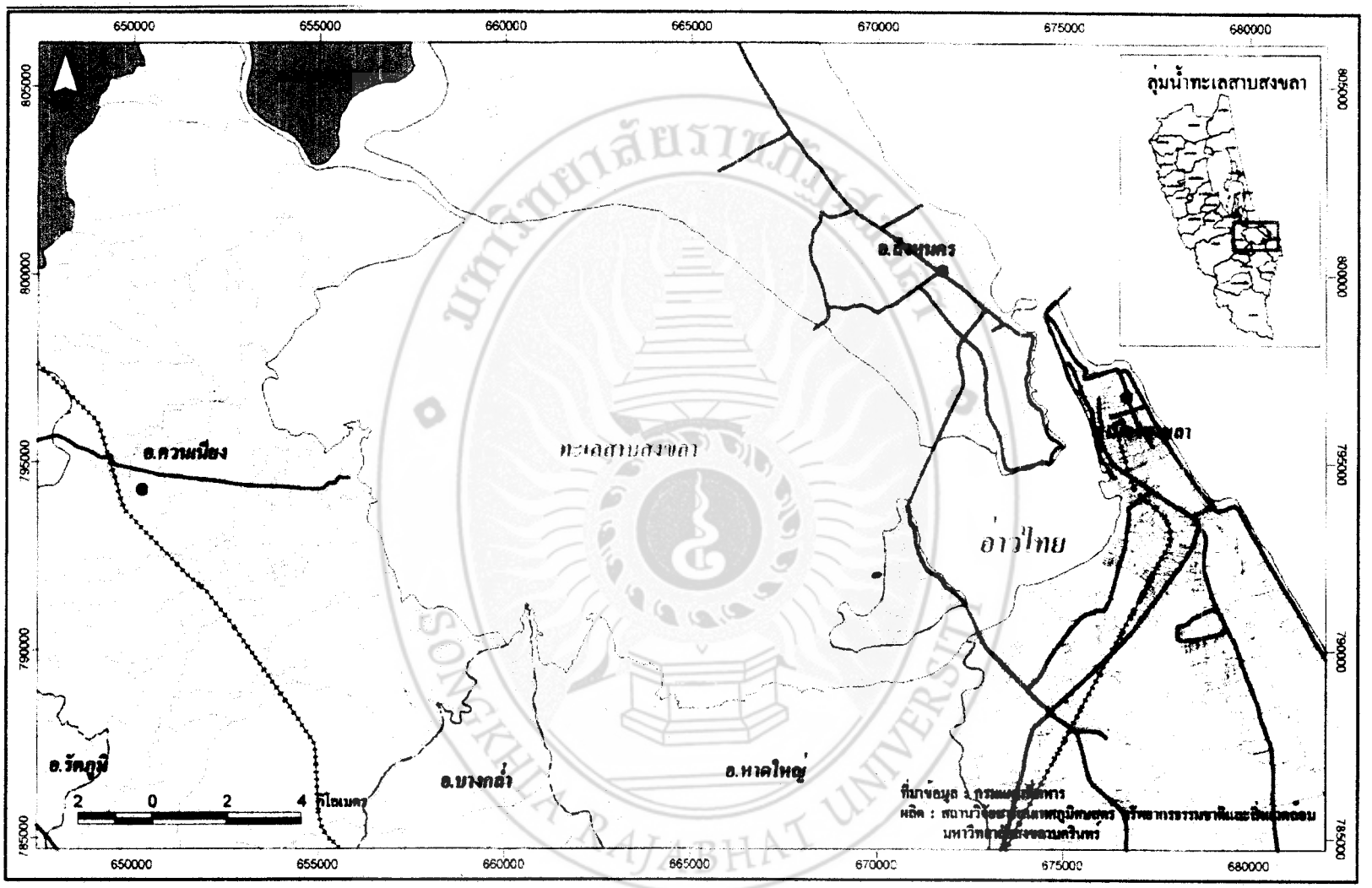
4. คลองต่ำ ต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด (เขาพระ) ไหลลงสู่คลองอู่ตะเภา

5. คลองพะวง ไหลผ่านชุมชนตำบลบ้านน้ำน้อย ตำบลควนหิน ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

6. คลองสำโรง ไหลผ่านทางตอนใต้ของอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างบริเวณบ้านท่าสะอ้าน อำเภอเมือง ผ่านเขตชุมชนย่อยๆ หลายชุมชนและยังเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2543)

2.1.4 แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญในบริเวณพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง คือ แหล่งชุมชน กิจการอุตสาหกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กิจกรรมการเกษตร และการทำเหมืองแร่



ภาพที่ 2.3 แผนที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ที่มา : สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. น้ำเสียจากชุมชน

ชุมชนซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ในทะเลสาบสงขลาตอนล่างเป็นชุมชนขนาดใหญ่ซึ่งเป็นประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ได้แก่ ชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่และปริมณฑล และชุมชนเทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียง โดยน้ำเสียจากชุมชนจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาตอนล่างก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างต่อไป

เทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญของภาคใต้ตอนล่างที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น มีการขยายตัวของเมืองออกไปพื้นที่รอบบริเวณอย่างรวดเร็ว ทำให้ชุมชนที่อยู่รอบข้าง อาทิ เทศบาลตำบลบ้านพรุ องค์การบริหารส่วนตำบลคอหงส์ องค์การบริหารส่วนตำบลคลองแห มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นเช่นเดียวกัน จากประชากรจำนวนมากดังกล่าว จะถูกปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองเตยและคลองอู่ตะเภาก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในที่สุด สำหรับคลองอู่ตะเภานั้นนอกเหนือจากการรองรับน้ำทิ้งจากเทศบาลนครหาดใหญ่และชุมชนต่างๆดังกล่าวข้างต้นนั้นแล้ว ยังรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนในระดับเทศบาลซึ่งเป็นพื้นที่ต่อเนื่องจากเทศบาลนครหาดใหญ่อีก คือ เทศบาลตำบลสะเดา เทศบาลตำบลพังลา เทศบาลตำบลปริก และเทศบาลตำบลพะตงด้วย

เทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียง คือองค์การบริหารส่วนตำบลเขารูปช้าง มีลักษณะเป็นเมืองศูนย์ราชการ และเป็นที่ตั้งของสถาบันการศึกษาที่สำคัญหลายแห่ง จึงมีประชากรเข้ามาอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ดังกล่าวเป็นจำนวนมาก และส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียมากในแต่ละวัน โดยแหล่งน้ำซึ่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียงนี้ คือ คลองสำโรง และคลองขวาง ซึ่งในปัจจุบันคลองทั้ง 2 แห่งค่อนข้างตื้นเขิน

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ จากข้อมูลและปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในเขตจังหวัดสงขลา พบว่าปัจจุบันทะเลสาบสงขลาและคลองสาขา รวมถึงทะเลอ่าวไทยในเขตอำเภอเมือง อำเภอสิงหนคร อำเภอสทิงพระ และอำเภอระโนด ต้องรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสูงถึงวันละประมาณ 70,920 ลูกบาศก์เมตร จากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 60 โรงงาน โดยโรงงานอุตสาหกรรมที่ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญ คือ โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ และโรงงานผลิตยางพารา คลองที่ได้รับการระบายน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ คลองสำโรง คลองพะวง และคลองอู่ตะเภา

การประกอบกิจการของโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เป็นโรงงานที่ผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง ห้องเย็น น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ การฟอก การล้างสัตว์ทะเล รวมทั้งการใช้น้ำในกระบวนการผลิตและโดยทั่วไปพบว่าไม่มีการนำน้ำมาหมุนเวียนหรือกลับมาใช้ใหม่อีก ดังนั้นในแต่ละวันโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจึง

ก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณที่มาก สำหรับในจังหวัดสงขลาพบว่ามีโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำซึ่งระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเลสาบสงขลา คลองสาขา และทะเลอ่าวไทย จำนวนทั้งสิ้น 26 โรง และมีปริมาณน้ำทิ้งทั้งสิ้นประมาณ 22,190 ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาที่รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ได้แก่ คลองวง คลองหวะ คลองสำโรง และคลองน้ำน้อย

โรงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เช่น โรงงานทำน้ำยางข้น โรงงานผลิตถุงมือยาง ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอหาดใหญ่ อำเภอสะเดา และอำเภอบางกล่ำ โดยคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมยางพารานี้ คือ คลองอู่ตะเภา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำประปา แต่ขณะเดียวกันก็ต้องรองรับน้ำทิ้งในปริมาณที่มากขึ้นทุกปี โดยในปี 38,990 ลูกบาศก์เมตร/วัน จากปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดจากโงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้งสิ้น 44,490 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการทำน้ำยางซึ่งต้องใช้น้ำในปริมาณมากถึง 3-10,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานด้วย

นอกเหนือจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ และโรงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราแล้ว ยังมีโรงงานประเภทอื่นที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่น โรงงานผลิตอาหารสัตว์ โรงงานผลิตน้ำอัดลม เป็นต้น

อนึ่งโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดล้วนมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

สำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติที่รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในทะเลสาบสงขลามีดังนี้

คลองอู่ตะเภา	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	41,000	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองน้ำน้อย	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,600	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองวง	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,240	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองสำโรง	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	300	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองแพรกสุวรรณ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	800	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองหวะ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	4,880	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คลองบางกล่ำ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	750	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ทะเลสาบสงขลา	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	80	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ทะเลอ่าวไทย	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	13,010	ลูกบาศก์เมตร/วัน
แหล่งน้ำอื่นๆ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,206	ลูกบาศก์เมตร/วัน

(สำนักงานสิ่งแวดล้อมที่ 12 , 2543)

3. น้ำเสียจากการเกษตร

เกษตรกรในพื้นที่บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกือบทุกตำบล โดยพบว่าเกษตรกรในตำบลเกาะยอมีการเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุด สำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งเป็นกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่นิยมทำกันมากในปัจจุบัน พบว่าในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ปัญหาน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำส่งผลกระทบต่อเกษตรกรที่ต้องใช้น้ำ พื้นที่ในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างที่มีการ

เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ได้แก่ พื้นที่เขตอำเภอสิงหนคร อำเภอเมือง อำเภอควนเนียง และอำเภอหาดใหญ่ จากสถิติข้อมูลพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ผ่านมาพบว่าพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำเริ่มมีการขยายตัวขึ้นอีกครั้งในปี 2540 เป็นต้นมา ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีราคาสูงขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันมาการเพาะเลี้ยงอีกครั้ง หลังจากต้องประสบกับภาวะขาดทุนจากการเลี้ยงในปี 2536 เป็นต้นมา ของเสียส่วนใหญ่จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประกอบด้วย สารอินทรีย์ สารแขวนลอย และของแข็งต่างๆ ตลอดจนสารตกค้าง

สาเหตุของปัญหาน้ำเสียจากการเกษตรที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การทำฟาร์มปศุสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มสุกร ซึ่งมักมีที่ตั้งของฟาร์มอยู่ใกล้แหล่งน้ำ จึงมีการระบายน้ำเสียลงสู่คูคลองหรือลำคลองสาธารณะและไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในที่สุด โดยพื้นที่ที่มีปัญหาในเรื่องฟาร์มสุกรมากที่สุดในปัจจุบัน คือ อำเภอนาหม่อม ซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวของฟาร์มสุกรเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

การกสิกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมการปลูกผัก ทำสวนผลไม้และสวนยางพาราจะมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีมาก สารเคมีที่ตกค้างอยู่ในดินจะถูกชะพาไปโดยน้ำในฤดูฝนลงไปยังลำคลอง และในที่สุดจะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา พื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกผักมาก คือ ตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง ส่วนพื้นที่ที่มีการทำสวนยางพารามาก คือ ตำบลน้ำน้อย อำเภอหาดใหญ่ ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง และตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 , 2543)

4. น้ำเสียจากการทำเหมืองแร่

การทำเหมืองแร่ก่อให้เกิดมลสารประเภทโลหะหนักและสารตกค้างอื่นๆ พื้นที่ทำเหมืองแร่ที่ปล่อยของเสียลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ได้แก่ เหมืองแร่ดีบุกและวุลเฟรมในเขตอำเภอหาดใหญ่ และอำเภอนาหม่อม เหมืองแร่ฟอตเฟตในอำเภอรัตภูมิ

2.1.5 แนวโน้มคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในปี 2542 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 พบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมกว่าผลการตรวจชี้วัดที่ผ่านมา คลองสาขาต่างๆ ของทะเลสาบสงขลาซึ่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนหาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก เช่น คลองสำโรง คลองขวาง คลองพะวง มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมตลอดทั้งปี ชี้ให้เห็นว่าคลองสาขาเหล่านี้รองรับน้ำทิ้งจนไม่อาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้แม้ในช่วงฤดูฝน ซึ่งโดยปกติแล้วปริมาณน้ำฝนจะช่วยทำให้เกิดการเจือจางความสกปรกลงได้

สำหรับคุณภาพน้ำบริเวณคลองอู่ตะเภา หลังจากมีการเปิดใช้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อเดือนตุลาคม 2542 ปรากฏว่าคุณภาพน้ำปรับตัวดีขึ้นอยู่ในระดับพอใช้ จากที่เคยอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม หรือค่อนข้างเสื่อมโทรมเกือบทุกปี แต่จากการรายงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

คลองอู่ตะเภาจังหวัดสงขลาของศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคใต้ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าในปี 2544 คุณภาพน้ำคลองอู่ตะเภากลับไปอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างเสื่อมโทรมเป็นส่วนใหญ่ และในปี 2545 คุณภาพน้ำลดลงไปอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมเกือบทุกจุดตรวจวัด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 , 2543)

2.1.6 คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญยิ่งต่อมนุษย์ทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ซึ่งปัจจุบันปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ รวมถึงทะเลสาบสงขลานับวันจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเกิดจากน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนที่มิได้ผ่านระบบบำบัดก่อนลงสู่แหล่งน้ำ การเพิ่มจำนวนและขนาดของโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรเพื่อการค้า ฯลฯ ดังนั้นการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบในการตัดสินใจด้านต่างๆ อีกทั้งทำให้รู้ถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อการจัดการคุณภาพน้ำต่อไป ดังเช่นที่กรมประมงโดยสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาต่อการประมง จึงได้ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2535 จนถึงปัจจุบัน 2547 ครอบคลุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่น ธาตุอาหารในรูปต่างๆ ออกซิเจนละลาย พีเอช ความเค็ม ฯลฯ รวมถึงสารพิษต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

1. ทะเลน้อย

ทะเลน้อยตื้นมากน้ำลึกเพียง 1.2 เมตร แต่ในฤดูฝนระดับน้ำในทะเลน้อยเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 1 เมตร แต่เป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้นเพราะหลังจากนั้นระดับน้ำได้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปทะเลน้อยมีออกซิเจนละลายและพีเอชในช่วงกลางวันสูง 6-10 และ 8-9 mg/L ตามลำดับ เนื่องจากมีพืชน้ำปกคลุมหนาแน่นอยู่ทั่วไป แต่เนื่องจากทะเลน้อยอยู่ติดกับพรุควนเคร็งในฤดูฝน (พฤศจิกายน – ธันวาคม) จึงมีน้ำจากพรุไหลลงสู่ทะเลน้อยทำให้พีเอชลดต่ำลงจนมีสภาพเป็นกรดอ่อนธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นอนินทรีย์สารในทะเลน้อยมีค่าต่ำมาก ไนไตรท์แทบจะไม่เจอเลย ขณะที่ไนเตรท และแอมโมเนียมีค่าน้อยกว่า 0.01 mg/L และ 0.02 mg/L

2. ทะเลหลวง

ทะเลหลวงเป็นส่วนบนของทะเลสาบสงขลาถัดจากทะเลน้อยลงมา เป็นพื้นน้ำที่กว้างใหญ่ที่สุดมีอาณาเขตจากตำบลเกาะใหญ่ อ.กระแสสินธุ์ จดกับทาง ตอนเหนือของ อ.ระโนด ส่วนใหญ่แล้วน้ำ

ในทะเลหลวงมีสภาพเป็นน้ำกร่อยเกือบตลอดทั้งปี และมีช่วงที่น้ำจืดเพียง 4-5 เดือน โดยทั่วไปความเค็มของน้ำในทะเลหลวงค่อนข้างต่ำ น้อยกว่า 5 ส่วนในพัน แต่หากปีใดมีฝนน้อยการรุกตัวของน้ำเค็มจะมีมาก อย่างเช่น ปี 2535 หรือ 2541 ซึ่งสามารถวัดความเค็มที่เกาะใหญ่ได้ถึง 11 ส่วนในพัน สภาพแวดล้อมในทะเลหลวงอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรมอันเนื่องจากได้ประสบปัญหายูโทรฟิเคชันมายาวนานกว่าสิบปีซึ่งปัญหายูโทรฟิเคชันในทะเลหลวงค่อนข้างที่จะรุนแรง เพราะบางครั้งมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่วัดในรูปของคลอโรฟิลล์เอสูงกว่า 180 µg/L ส่วนค่าเฉลี่ยทั่วไปสูงถึง 36 µg/L ซึ่งมากค่าเฉลี่ยในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนล่างเกือบ 4 เท่า ส่งผลให้มีออกซิเจนละลายและพีเอชในตอนกลางวันสูง โดยมีค่าเฉลี่ย 7.6 µg/L และ 8.0 µg/L ตามลำดับ แต่มีค่าต่ำในตอนกลางคืน โดยเฉพาะออกซิเจนละลายนั้นได้ลดลงจนมีค่าต่ำกว่าระดับที่สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่ได้โดยปลอดภัย คือ 4 mg/L ยาวนานกว่า 6 ชั่วโมง ซึ่งการลดต่ำลงของออกซิเจนละลายนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำในทะเลหลวงตายเป็นประจำเกือบทุกปี นอกจากนี้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่มีอยู่หนาแน่นส่งผลให้ธาตุอาหารในทะเลหลวง พบอยู่ในรูปของอนุภาคมากกว่ารูปที่ละลายน้ำ ธาตุอาหารที่เป็นสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำมีค่าต่ำ โดยฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ย 0.005 mg/L ไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.064 mg/L แต่ในทางตรงกันข้ามกลับมีธาตุอาหารในรูปอนุภาคสูง โดยฟอสฟอรัสในอนุภาค เฉลี่ย 0.06 mg/L และไนโตรเจนในอนุภาค 0.27 mg/L

3. ทะเลสาบตอนกลาง

ทะเลสาบตอนกลางอยู่ถัดจากทะเลหลวงลงมา ตั้งแต่บริเวณแนวเกาะใหญ่ทางใต้ไปบรรจบกับเขต อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง อ.สทิงพระ จนถึงบริเวณปากรอ อ.สิงหนคร จ.สงขลา ทะเลสาบส่วนนี้มีเกาะอยู่หลายเกาะ เช่น เกาะสี่ เกาะห้า เกาะหมาก และ เกาะนางคำ เป็นต้น ทะเลสาบช่วงนี้มีความเค็มสูงกว่าทะเลหลวงค่อนข้างมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-32 ส่วนในพัน เฉลี่ย 7.6 ส่วนในพัน คุณภาพน้ำในทะเลสาบตอนกลางอยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าบีโอดีเฉลี่ย 1.5 mg/L ออกซิเจนละลายเฉลี่ย 6.7 mg/L และพีเอช เฉลี่ย 7.6 ส่วนธาตุอาหารไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 0.079 mg/L ซึ่งสูงกว่าทะเลหลวงเพียงเล็กน้อยฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับทะเลหลวง

ก่อนปี 2545 ทะเลสาบตอนกลางส่วนที่อยู่ใกล้กับทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันเป็นครั้งคราวในช่วงปลายปี แต่ในปี 2545 -2546 ได้เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างรุนแรง โดยการเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ ได้แก่ สาหร่ายหนาม *(Najas* sp.), *Cladophora* sp. และ *Enteromorpha* sp. ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างกว่าสองในสามของพื้นที่นาน 7-8 เดือน

4. ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

ทะเลสาบส่วนนี้อยู่นอกสุดและเชื่อมต่อกับอ่าวไทย สภาพน้ำจึงได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลอ่าวไทย ค่าความเค็มจึงมีค่าตั้งแต่ 0 -33 ppt. ส่วนใหญ่แล้วความเค็มของน้ำในทะเลสาบตอนนอกจะเป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็มผสมกัน แต่ในช่วงที่มีฝนตกชุกในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนและเดือนพฤศจิกายน-มกราคมความเค็ม

จะลดต่ำลง จนบางพื้นที่กลายเป็นน้ำจืด เช่น ปากคลองอู่ตะเภาและบริเวณใกล้เคียง ทางด้านทิศใต้มีประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ อีกมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมประมงและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมง คุณภาพน้ำในทะเลสาบตอนล่างทางด้านทิศใต้ตั้งแต่ปากคลองอู่ตะเภา คลองบางโหนด คลองพะวง เรื่อยไปจนถึงปากคลองขวางจึงค่อนข้างเสื่อมโทรมจนถึงเสื่อมโทรม โดยบริเวณปากคลองอู่ตะเภาไปจนถึงหน้าสถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง นั้นแม้จะมีค่าบีโอดีไม่สูงนัก แต่ก็มีธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปากคลองอู่ตะเภาซึ่งพบว่าความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นชัดเจน โดยในปี 2535 มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.14 mg/L แต่ในปี 2546 กลับมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 0.91 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั้งทะเลสาบตอนล่างถึง 5 เท่า บริเวณนี้จึงมีแพลงก์ตอนพืช bloom บ่อยครั้ง โดยเฉพาะช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม บางครั้งมีความหนาแน่นสูงถึง 6 ล้านเซลล์/ลิตร หรือมีค่าคลอโรฟิลล์เอสูงกว่า 180 µg/L สำหรับคลองขวางและคลองสำโรงซึ่งไหลผ่านชุมชนแออัดหลายแห่งรวมถึงบริเวณที่เป็นตลาดสด ปากคลองเหล่านี้จัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม มีค่าบีโอดีและธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง อีกทั้งยังมีลักษณะทางกายภาพของน้ำก่อให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม น้ำมีสีดำและส่งกลิ่นเหม็น ในบางช่วงโดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณน้ำน้อย ส่วนทะเลสาบตอนล่างบริเวณเกาะยอ บ้านหัวเขา บ้านท่าเสาร์ ซึ่งมีกระชังปลากะพงขาวอยู่หนาแน่นมากออกซิเจนละลายจึงค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามค่าออกซิเจนละลายในบริเวณนี้บางครั้งอาจสูงถึง 8 mg/L จากการที่มีแพลงก์ตอนพืช bloom สำหรับคุณภาพน้ำอื่นๆ อยู่ในเกณฑ์ปกติ เช่นเดียวทะเลสาบตอนล่างส่วนที่เหลือ จึงเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบตอนล่างได้รับผลกระทบจากการที่มีประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น (ประดิษย์ มีสุข ,2539)

ภาพที่ 2.4 ทะเลสาบสงขลา

ที่มา : http://www.school.net.th/oncc-cgi/

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547

บริเวณ	Salinity (mg/L)	DO (mg/L)	pH
ทะเลหลวง	0-1.5	6.64-7.98	4.79-7.29
ทะเลสาบตอนกลาง	0-8.35	6.96-8.35	6.64-8.11
ทะเลสาบตอนล่าง	0-2.6	3.7-7.9	6.56-7.78

ที่มา: http://www.nicaonline.com/0008.htm

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2521 ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ อำไพ อิทธิเกษม และรวีวรรณ วัชรางค์กุล ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในอ่าวไทย พบว่ามีตะกั่วในน้ำทะเลประมาณ 7.00 µg/L ส่วนดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบนตรวจไม่พบแต่ในดินตะกอนของอ่าวไทยตอนล่างพบปริมาณตะกั่วอยู่ระหว่าง 0.0-0.5µg/L ตะกั่วที่พบในดินตะกอนของอ่าวไทยอยู่ในรูปของตะกั่วซัลไฟด์ (lead sulphied) โดยเฉพาะบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูง

ในปี พ.ศ. 2521 เปี่ยมศักดิ์ มีนาเศวต และพิชาย สว่างวงศ์ ศึกษาหาปริมาณของตะกั่วในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เดือนมกราคม พ.ศ. 2520 ค่าเฉลี่ย 9 สถานี พบว่า Dissolved lead , Particulate lead and Total lead มีค่า 3.20 ±1.28 , 19.05 ±12.03 และ 22.20 ±12.60 µg/L ตามลำดับ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2520 มีค่า 3.34 ±0.90, 21.50 ±14.4 และ24.90 ±14.30 µg/L ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของตะกั่วที่ผิวดินตะกอน (0.10 ซม.) ในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณปากแม่น้ำมีค่าตะกั่วสูงถึง 2.494 µg/L

ในปี พ.ศ. 2526 จิระ จตุรานนท์ ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอน พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าที่มีอยู่ในน้ำมาก เนื่องจากมีขบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ องค์ประกอบในดินตะกอนที่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนัก ได้แก่ พวกคาร์บอเนต ตะกั่ว ออกไซด์ของแมงกานีสและเหล็ก (อภิรดี เมืองเดช, 2545)

ในปี พ.ศ. 2527 รัชนีกรณ์ บำรุงราชหิรัณย์ วรรณภา จ่าราช และขันธ์พงศ์ จริงจิตร ศึกษาตะกั่วในน้ำทะเลและดินตะกอนในอ่าวไทยตอนบน พบว่าในเดือนกรกฎาคม 2524 และเดือนกันยายน 2524 มีค่า 3 – 7 µg/L และ 6.6 – 56 µg/L ส่วนในดินตะกอนมีค่า 10 – 32 µg/L และ11 – 32 µg/L ตามลำดับ (อภิรดี เมืองเดช, 2545)

ในปี พ.ศ. 2527 สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสุวรรณี เฉินบำรุง ศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ท่าจีน แม่กลอง เพชรบุรี และปราณบุรี พบว่าตะกั่วในน้ำมีค่าเฉลี่ย 11.78 ,10.72 , 9.65 , 11.97 และ 11.0 µg/L ตามลำดับส่วนในดินตะกอนที่ระดับ 0 – 10 ซม. มีค่าเฉลี่ย 18.81 , 25.66 , 24.55 , 19.88 , และ 13.09 µg/L (อภิรดี เมืองเดช, 2545)

ในปี พ.ศ. 2529- 2530 พัชรา เพ็ชร์พิรุณ ได้ศึกษาการสะสมของโลหะหนักปริมาณน้อยในสัตว์ทะเลบางชนิดที่จับได้บริเวณอ่าวระยอง โดยใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมีตรี ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการสะสมของโลหะทุกชนิดในกล้ามเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษาโลหะสังกะสี มีปริมาณการสะสมสูงสุดในกล้ามเนื้อปลารองลงมาได้แก่ แมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ สำหรับในหมึก (หมึกกล้วย และหมึกกระดอง) พบว่าโลหะสังกะสีมีปริมาณสะสมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ทองแดง แมงกานีส แคดเมียม และตะกั่วตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2530 แววตา ทองระอา และคณะ ศึกษาปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอทในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่วในปลาหมึก ปูม้า กั้งตั๊กแตน หอยนางรม และกุ้งเฉลี่ยดังนี้ 2.631, 2.535, 1.610, 3.442, 5.296, 0.960 µg/g ของน้ำหนักสดตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2534 ประดิษฐ์ มีสุข และเสาวณี โพชนุกูล ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา ในจุดที่มีน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรม ปรากฏว่ามีสารหนู 0.003 – 0.15 µg/L มีทองแดง 0.003 - 0.020 µg/L มีตะกั่ว 0 - 0.05 µg/L มีแมงกานีส 0.05-0.51 µg/L ปรอท 0 - 0.05 µg/L และ เซลเนียม 0.001 - 0.027 µg/L ปรากฏว่า ทองแดง ตะกั่ว และปรอทมีปริมาณเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

ในปี พ.ศ. 2539 ประดิษฐ์ มีสุข และสัชญา เบญจกุล ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลา โลหะหนักที่ศึกษาได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และ ปรอท ผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลาได้แก่ ปลากระพงขาว กุ้งกุลาดำ หอยแมลงภู่ ปู ทะเล และสาหร่ายผมนาง ผลการศึกษาพบว่ามี ตะกั่วในปลากะพงขาว 0.163 - 1.955 µg/L

ในปี พ.ศ. 2543 อภิรดี เมืองเดช ได้ศึกษาหาปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และปรอทในหอยแครง บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง โดยวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ด้วยวิธี Flame Atomicabsorption และวิเคราะห์ปรอทด้วยวิธี Hydride atomicAbsorption พบว่าปริมาณการสะสมของโลหะหนักในหอยแครงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะหนัก สังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว โดยพบปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 84.906 0.424 0.312 และ 0.222 µg/g , wet weight ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณโลหะ 4 ชนิด ระหว่างในหอยแครงเลี้ยงกับหอยแครงธรรมชาติ และระหว่าง ฤดูหนาวกับฤดูร้อน ฤดูฝน พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในหอยแครงเลี้ยงและหอยแครงธรรมชาติ มีค่าไม่แตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลจะมีผลทำให้ปริมาณการสะสมของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในหอยแครงแต่ละบริเวณมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในปี ค.ศ. 1986 Wangersky ได้สรุปว่าปริมาณความเข้มข้นของโลหะในน้ำที่ผิวหน้า ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยขบวนการดูดซับทางกายภาพ และทางเคมีของสารชีวภาพในทะเล โดยขบวนการนี้โลหะจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากน้ำและถูกทำให้คืนกลับสู่แหล่งน้ำอีกโดยการย่อยสลายของแบคทีเรีย และสิ่งมีชีวิต

ขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอน ซึ่งสามารถดูดซับโลหะจำนวนมาก และเคลื่อนย้ายไปสู่สิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นที่สูงกว่าในห่วงโซ่อาหาร (อภิรดี เมืองเดช, 2543)

ในปี ค.ศ. 1988 Cossa ศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ถูกสะสมในสิ่งมีชีวิต (*Mytilus* spp.) แปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเล โดยทำการเก็บตัวอย่างจากทะเลบริเวณต่าง ๆ ทั่วโลกจาก 591 สถานี ซึ่งการสะสมโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อปริมาณหรือความเข้มข้นที่มีในสิ่งมีชีวิตแสดงออกมาเป็นอัตราการสะสม (bioconcentration factor) เป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของโลหะในสิ่งมีชีวิตและความเข้มข้นของโลหะในน้ำหรือในตะกอน (อภิรดี เมืองเดช, 2545)

2.3 ปลา

นักวิทยาศาสตร์ได้มีการจัดความรู้และเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างลักษณะการจำแนกแยกชนิดและชีวประวัติของปลาไว้ในหมวดวิชา มีนวิทยา ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาสัตว์วิทยา ในภาษาอังกฤษเรียกวิชานี้ว่า ichthyology (ichthyo + logy) คำว่า ichthyo มาจากภาษากรีก "ichthys" ซึ่งแปลว่า ปลา และตรงกับคำว่า มีน ส่วน "logy" แปลว่า วิชาหรือวิทยา

ปลาเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังจำพวกหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มของสัตว์จำพวกเลือดเย็น (poikilothermal animals) ซึ่งหมายความว่าอุณหภูมิของเลือดในตัวของมันไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปอุณหภูมิของตัวปลาแตกต่างจากน้ำรอบตัวของมันเพียง 0.5 - 1 °C แต่อย่างไรก็ตาม ปลาบางจำพวก เช่น ปลาทูนา (Yellow Fin Tuna; Thunnus albacares) ซึ่งว่ายน้ำเร็วและใช้พลังงานมาก อาจมีอุณหภูมิที่แตกต่างจากน้ำที่มันอยู่อาศัยมากกว่า 10 °C

ปลาหายใจด้วยเหงือก ส่วนใหญ่มีครีบเพื่อช่วยในการทรงตัวและเคลื่อนไหว ปลาใช้น้ำเป็นแหล่งในการดำรงชีวิต

2.3.1 ขนาดของปลา

ปลาเป็นสัตว์ที่มีลักษณะด้านซีกซ้ายของลำตัวเหมือนกับทางซีกขวา ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า Bilaterally Symmetrical Shape ปลาจำพวกต่าง ๆ มีขนาดและรูปร่างไม่เหมือนกัน ปลาที่มีขนาดเล็กที่สุดเห็นจะได้แก่ ปลาจำพวกปลาบู่ในประเทศฟิลิปปินส์ มีชื่อว่า "มิสติคธีสลูซอเนนซิส" (*Mistichthys luzonensis*) ปลาชนิดนี้เมื่อโตเต็มวัยและสามารถสืบพันธุ์ได้ จะมีขนาดความยาวเพียง 1.2 เซนติเมตร ปลาทู (*Rastrelliger* spp.) ที่พบในตลาดบ้านเรามีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 10.5 เซนติเมตร ถึงประมาณ 23 เซนติเมตร ปลาอินทรี (*Scomberomorus* spp.) ที่จับได้ในอ่าวไทยมีขนาดความยาวประมาณ 20 ถึง 90 เซนติเมตร ปลาที่ใหญ่ที่สุดในโลกที่พบเห็นกัน ได้แก่ ปลาฉลามวาฬ (Rhincodon typus) ซึ่งอาจมีความยาวถึง 20-22 เมตร และหนักประมาณ 25 ตัน รูปร่างของปลาโดยทั่วไปแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา ปลาส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นแบบกระสวย (fusiform) ซึ่งเป็นลักษณะของปลาที่ว่ายน้ำเร็วและปลาพวกนี้มักอยู่รวมกันเป็นฝูง เช่น

ปลาทู ปลาโอ หรือปลาทูนาในมหาสมุทร เมื่อตัดปลาในแนวตั้งฉากกับแกนยาวของลำตัวจะเห็นหน้าตัดเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ รูปแบบนี้เป็นรูปลักษณะของปลาส่วนใหญ่ ปลาจำพวกอื่น ๆ รูปร่างอาจจะผิดแผกไปจากแบบที่ได้กล่าวไว้ เช่น มีรูปกลมเหมือนลูกโลก (Globiform) ได้แก่ ปลาปักเป้าบางชนิดมีรูปยาวคล้ายงู (Anguilliform) เช่น ปลาไหลทะเล (*Muraensox* spp.) หรือปลาไหลน้ำจืด (Fluta alba) ที่มีในบ้านเรา ปลาบางจำพวกอาจมีรูปแบนข้าง (Compressed form) เช่น ปลาผีเสื้อหรือปลาจะละเม็ด (*Pampus* spp.) บางชนิดอาจจะแบนมากและลำตัวยาวคล้ายแถบผ้า เช่น ปลาดาบเงิน (Trichiurus lepturus) บางพวกอาจมีรูปร่างแบบแบนลง (Depressed form) เช่น ปลากระเบน ปลาคางคก เป็นต้น

2.3.2 ผิวหนังและเกล็ดปกคลุมร่างกาย

ปลามีผิวหนังเรียบอ่อนนุ่มคลุมตลอดลำตัว และมีต่อมขับเมือก โดยทั่วไป เมือกที่ขับออกมามีประโยชน์ช่วยทำให้การเสียดสีและความฝืดลดลงในขณะที่ปลาว่ายน้ำ ปลาบางจำพวก เช่น ปลาไหลนา ปลากด ปลาแขยง และปลาดุก เป็นปลาที่ไม่มีเกล็ดปกคลุม จึงมีเมือกมาก แต่ปลาส่วนใหญ่นั้นจะมีเกล็ดปกคลุมทั่วตัว

เกล็ดของปลามีหลายแบบด้วยกัน ในปลาจำพวกปลากระดูกอ่อน เช่น ฉลามและกระเบนถ้าเราเอามือลูบจากทางหางไปส่วนหัวจะรู้สึกสากๆ ที่ทำให้รู้สึกสาก เพราะมือเราสัมผัสกับเกล็ดเล็ก ๆ ที่ปกคลุมรอบตัว เกล็ดของปลาดังกล่าวเป็นเกล็ดแบบแพลคอยด์ (Placoid scales) ซึ่งมีลักษณะคล้ายฟัน (ฟันของปลาฉลามก็คือส่วนที่เปลี่ยนแปลงมาจากเกล็ดนั่นเอง) เกล็ดแบบนี้มีปลายเป็นหนามยื่นไปทางท้าย ปลาน้ำจืดจำพวกการ์ (Gars) ในทวีปอเมริกาเหนือ มีเกล็ดหนา ๆ เรียงติดกันแต่ไม่ซ้อนกัน เกล็ดเหล่านี้มีสารเคมีจำพวกแกโนอีน (Ganoine) อยู่ด้วย จึงเรียกเกล็ดชนิดนี้ว่าแกนอยด์ (Ganoid scales) ในปลาโบราณบางชนิดซึ่งพบกลายเป็นซากติดอยู่ในหิน หรือเรียกว่า ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil) เป็นปลาจำพวกที่มีอวัยวะคล้ายปอดสำหรับหายใจมีเกล็ดพิเศษปกคลุมร่างกาย เรียกว่า คอสมอยด์ (Cosmoid scales) มีลักษณะคล้ายเกล็ดแกนอยด์ แต่สารเคมีที่อยู่ในเกล็ดเป็นจำพวกคอสมีน (Cosmine)

2.3.3 การหายใจของปลา

ปลาก็เหมือนสัตว์บกทั่วไป คือ หายใจโดยต้องการออกซิเจนและขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกเช่นกัน ปลาโลมาหรือปลาวาฬซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammals) แต่อาศัยอยู่ในน้ำจึงต้องโผล่ขึ้นมาจากน้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อทำการหายใจ โดยปกติ ปลาหายใจด้วยเหงือก (Gills) ของมัน เหงือกตั้งอยู่สองข้างของตัวปลาที่บริเวณส่วนท้ายของหัว เมื่อเปิดกระพุ้งแก้ม (Opercles) ของปลา จะเห็นอวัยวะสำหรับใช้ในการหายใจของปลา ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นคล้ายขนนกหรือหวีเรียงกันเป็นแผงเป็นระเบียบและมีสีแดงจัด อวัยวะดังกล่าวคือเหงือก ที่เหงือกนั้นมีเส้นโลหิตฝอยเป็นจำนวนมากมาหล่อเลี้ยงอยู่ก๊าซออกซิเจนที่ละลายปนอยู่ในน้ำจะถูกเหงือกดูดซึมเข้าไปในกระแสเลือด และเลือดที่มีออกซิเจนนี้จะไหลผ่านออกจากเหงือกไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ของเสีย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกขับถ่ายออกจากเหงือกบริเวณ

เดียวกัน หากเรานำปลาขึ้นจากน้ำ ปลาจะตายในระยะเวลาต่อมา ทั้งนี้เพราะปลาส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศโดยตรงได้ เนื่องจากมันไม่มีปอดสำหรับหายใจเหมือนสัตว์บกทั้งหลาย ได้มีนักวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศทำการทดลองทางสรีรวิทยา (Physiology) โดยนำปลาขึ้นมาวางในที่แห้ง ปรากฏว่าปริมาณกรดแล็กติก (Latic acid) ในเลือดและในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาเพียงไม่กี่นาที แต่เมื่อปล่อยปลากลับลงไปในน้ำแล้ว ปริมาณกรดแล็กติคจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆจนถึงระดับปกติ การหายใจของปลาเริ่มขึ้นเมื่อมีน้ำเข้าทางปากหรือท่อ เช่น สไปเรเคิล (Spiracles) ในปลาพวกฉลามและกระเบนน้ำที่มีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ก็จะผ่านเข้าไปตามช่องเหงือก ครั้นเมื่อปลาหุบปากและกระชับกระพุ้งแก้ม น้ำก็จะถูกขับออกทางช่องแก้มซึ่งเปิดอยู่ทางส่วนท้ายของส่วนหัว น้ำที่ถูกขับออกทางส่วนท้ายนี้ ยังเป็นแรงที่ช่วยดันให้ปลาเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอีกส่วนหนึ่งด้วย ยังมีปลาบางจำพวกที่มีอวัยวะพิเศษใช้ช่วยในการหายใจ นอกเหนือจากผิวหนังของปลาซึ่งมีส่วนสำคัญในการขับถ่ายของเสีย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปลาบางจำพวก เช่น ปลาไหลน้ำจืด ใช้ลำไส้ช่วยในการหายใจได้ด้วย ในลูกปลาวัยอ่อน (Larvae)ของปลาส่วนใหญ่ที่ยังมีถุงไข่แดงอยู่ ปรากฏว่าเส้นเลือดฝอยบนถุงไข่แดง และที่ส่วนต่าง ๆ ของครีบสามารถดูดซับเอาก๊าซออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้เช่นกัน ในลูกปลาจำพวกที่มีอวัยวะคล้ายปอด (Lung fishes) จะมีเหงือกพิเศษซึ่งพัฒนาดีในระยะแรกของการเจริญเติบโตของปลาเท่านั้น ต่อมาเมื่อลูกปลาดังกล่าวโตขึ้น เหงือกพิเศษจะค่อย ๆ หดหายไป

2.4 ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นธาตุชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในพวกโลหะหนัก ในสภาวะปกติมีสถานะเป็นของแข็งสีเทาเข้ม หากนำมาตัดจะมีสีขาวอมน้ำเงินหรือที่ชาวบ้านเรียกว่า “สีตะกั่วตัด” เป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ อ่อน สามารถ ทุบ รีด ดึง นำไป หลอม หล่อ หรือดัดแปลงให้มีรูปร่างต่างๆ ได้ง่ายและมีคุณสมบัติสามารถผสมกับโลหะต่างๆ เป็นโลหะผสม ได้หลายชนิด

คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่สำคัญของตะกั่ว

- สัญลักษณ์ (symbol)ที่ใช้แทนตะกั่วทางเคมี = Pb
- น้ำหนักอะตอม (Atomic Weight) = 207.19
- ความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) = 11.37
- จุดหลอมเหลว(Melting point) = 327.5 °C
- จุดเดือด(Boiling point) = 1,740 °C

การละลาย (Solubility) ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในกรดไนตริก และกรดกำมะถันเข้มข้นที่ร้อน เปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิสูงๆ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 800 °C จะเกิดไอได้น้อยมาก เป็นโลหะที่มี Vapor-pressure Value

ในวารสาร Science ฉบับวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2541 นี้ W. Shoky แห่ง Geological Institute ในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เขาได้พบหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า ตั้งแต่โลกรู้จักตะกั่วโลกได้ผลิตตะกั่วออกมาทั้งสิ้น 260 ล้านตัน และ 85 % ของตะกั่วที่ผลิตได้นี้ ถูกขุดมาใช้ในช่วงเวลา 200 ปี ที่ผ่านมา

Shoky ได้กล่าวว่า ช่วงเวลาที่มนุษย์ได้ปลดปล่อยตะกั่วซึ่งเป็นพิษออกสู่บรรยากาศนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคือ (อภิรดี เมืองเดช, 2543)

ยุคแรก เป็นช่วงที่มนุษย์มุ่งขุดหาแร่เงินมากกว่าตะกั่วที่ถูกขุดติดมากับเงิน

ยุคที่ 2 ปี พ.ศ. 1993-2293 เมื่อมีการพบวิธีสกัดเงินจากแร่ดิบที่มีโลหะอื่นๆ ผสมอยู่หลายชนิด การปลดปล่อยตะกั่วออกสู่บรรยากาศจึงน้อยลง

ยุคที่ 3 มนุษย์นิยมใช้ถ่านหินในการเผาโลหะผสมแทนที่จะใช้ไม้ สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งของที่มีการปลดปล่อยตะกั่วออกสู่บรรยากาศมากเพราะตะกั่วที่มีในถ่านหินถูกเผาด้วย

ยุคที่ 4 ปี พ.ศ. 2468 เป็นต้นมา เราเริ่มรู้จักรถยนต์ เป็นต้นกำเนิดสำคัญที่ปลดปล่อยตะกั่วออกสู่บรรยากาศ

ยุคที่ 5 ในปัจจุบันมีการควบคุมปริมาณตะกั่วในบรรยากาศของโลกอย่างจริงจัง

ในปัจจุบันมีการนำตะกั่วมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง ทำให้จำนวนประชาชนในภาคอุตสาหกรรมที่มีโอกาสสัมผัสตะกั่วมีมากขึ้น อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้แก่

1. เหมืองแร่ตะกั่ว
2. การถลุงตะกั่ว
3. การทำแบตเตอรี่รถยนต์
4. อุตสาหกรรมสีต่างๆ เช่น สีทาบ้าน สีย้อมต่างๆ หมึกพิมพ์
5. อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาและกระเบื้อง
6. การบัดกรี
7. อุตสาหกรรมผลิตท่อ และแผ่นโลหะต่างๆ
8. อุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม
9. ยาปราบศัตรูพืช

สำหรับประชาชนทั่วไปมีโอกาสสัมผัสตะกั่วได้จาก

1. มลพิษทางอากาศ ซึ่งมีสารตะกั่วปนเปื้อน ทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากควันท่อไอเสียของเครื่องยนต์ต่างๆ

2. มลพิษทางน้ำ ซึ่งได้รับสารตะกั่วมาจากการระบายน้ำทิ้ง ซึ่งมีการปนเปื้อนตะกั่วจากโรงงานอุตสาหกรรม

3. อาหารธรรมชาติที่ปนเปื้อนตะกั่ว เช่น พืชผักที่ปลูกในดินที่มีสารตะกั่วอยู่มาก ปลา หรือสัตว์น้ำอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณตะกั่วสูง น้ำนมมารดาที่มีสารตะกั่วในเลือดสูง

อาหารที่ผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ มีโอกาสที่สัมผัสกับตะกั่วและเกิดการปนเปื้อน เช่น นมสดที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรค นมผง เป็นต้น

อาหารปรุงแต่งต่างๆ เช่น ไข่เยี่ยวม้า อาหารที่ใส่สีที่มีสารตะกั่วปนอยู่ เช่น กุ้งแห้ง กะปิ กุนเชียง ขนมหวาน ฯลฯ และอาหารกระป๋องบางชนิด

4. ตะกั่วที่ปนเปื้อนจากคนงานสู่คนที่อาศัยอยู่ในบ้านเรือนเดียวกัน

5. ยาและเครื่องสำอางบางชนิด

6. พฤติกรรมอื่นๆ เช่น เคี้ยวตะกั่วให้กลมเพื่อทำเป็นลูกปืน กัดทุ่นตะกั่วสำหรับตกปลา

อย่างไรก็ตามในการดำรงชีวิตทั่วไป วันหนึ่งๆมนุษย์บริโภคตะกั่วเข้าไปเสมอจากน้ำและอาหารที่มีตะกั่วปนเปื้อนเล็กน้อย โดยประมาณว่าจะได้รับจากการกินอาหารและเครื่องดื่มวันละ 0.3 มิลลิกรัม

2.4.3 การได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

ตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เป็นวัตถุมีพิษที่มีการใช้กันอย่างมากมายและกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมประมาณการว่าปีหนึ่งๆ ทั่วโลกจะใช้ตะกั่วราว 3 ล้านตันโดย 2 ใน 3 ส่วนจะใช้ในรูปของโลหะ ที่เหลือจะใช้ในรูปของสารประกอบ

ตะกั่วที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ ตะกั่วอินทรีย์ เช่น ออกไซด์ของตะกั่ว ใช้มากในโรงงานทำแบตเตอรี่ ทำสี ตะกั่วโครเมต ใช้ทำสีทาบ้านและตะกั่วอนินทรีย์ ได้แก่ ตะกั่วเตตระเมทธิล ซึ่งเคยใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเป็นสารที่ทำให้เครื่องยนต์เดินเงียบ ตะกั่วอินทรีย์ค่อนข้างจะเป็นพิษมากกว่าตะกั่วอนินทรีย์เพราะระเหยกระจายไปในอากาศได้ดี

ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1.ทางการหายใจ ถ้าหายใจเอาฝุ่นละออง ไอระเหยหรือควันตะกั่ว ซึ่งเป็นทางเข้าสู่ร่างกายอันดับแรกในผู้ป่วย ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว เช่น คนงานที่ทำงานในโรงงานหลอมตะกั่ว โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานผลิตสี เป็นต้น

2.ทางปาก โดยพฤติกรรมนิสัยการกินไม่ถูกต้อง และตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารน้ำดื่มหรือเจือปนในภาชนะ เด็กเป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้รับอันตรายจากตะกั่วทางปากสูงมาก เนื่องจากเด็กทารกชอบหยิบของใส่ปากเสมอทำให้วัตถุที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายเด็กเหล่านั้น

3.ทางผิวหนัง โดยสารตะกั่วที่ปนเปื้อนหรือผสมอยู่ในสีทาบ้าน สีทาของเล่นเด็ก ภาชนะเครื่องเคลือบเซรามิก ภาชนะบัดกรีหรือฝุ่นตะกั่วในอากาศที่สัมผัสผิวหนังและแผลรอยถลอก ตะกั่วที่เข้าทางผิวหนังได้ง่าย คือ ตะกั่วอินทรีย์ เพราะสามารถละลายไขมันได้ เมื่อซึมผ่านผิวหนังแล้วก็จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของโลหิตในร่างกาย

2.4.4 ผลของการที่ตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

2.4.4.1 พิษของตะกั่วในผู้ใหญ่

1.1 อาการทางระบบทางเดินอาหาร พบได้บ่อยในผู้ใหญ่เริ่มจากมีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก บางรายอาจมีท้องเสีย อาการที่สำคัญคือ ปวดท้องอย่างรุนแรงจนดิ้นตัวงอ การดื่มสุรา การออกกำลังกายหรือภาวะเจ็บป่วยอื่นๆ จะเป็นตัวกระตุ้นทำให้มีอาการเคลื่อนที่ของตะกั่วจากที่เก็บสะสมไว้ออกมาในเลือด ทำให้อาการปวดท้องเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ที่สำคัญอีกอย่างที่อาจพบได้ในผู้ป่วยคือที่เหงือกอาจพบแนวเส้นตะกั่วจะมีลักษณะเป็นแต้มสีน้ำเงิน - ดำ จับอยู่ที่ของเหงือกต่อกับฟันห่างกันราว 1 มิลลิเมตร และพบบ่อยบริเวณฟันหน้ากรามและฟันกราม

1.2 อาการทางระบบประสาทส่วนปลาย ผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแขน และบางครั้งบวมตามกล้ามเนื้อและข้อต่าง ๆ ถ้าได้รับตะกั่วเข้าไปมาก ๆ และเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งมักจะเกิดกับกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่เหยียด เช่น กล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดข้อมืออ่อนแรง ทำให้เกิดอาการที่เรียกว่ามือห้อย (Wrist drop) การเป็นอัมพาตมักจะไม่ทำให้ประสาทความรู้สึกเสีย ส่วนมากมักเป็นเฉพาะกล้ามเนื้อข้างใดข้างหนึ่งของแขนขาเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้างที่ถนัดจะเป็นก่อน

1.3 อาการทางสมอง เป็นอาการแสดงที่พบว่ารุนแรงที่สุด ในผู้ใหญ่พบน้อยโดยมากเกิดจากตะกั่วอินทรีย์ เช่น คนงานในโรงงานอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน ซึ่งมีการผสมตะกั่วเตตระเอทธิล อาการมักเริ่มด้วยการตื่นเต้น นอนไม่หลับ ฝันร้าย อารมณ์ฉุนเฉียวปฏิกิริยาสะท้อน (Reflex) ไวกว่าปกติ สติคุ้มดีคุ้มร้ายในที่สุดอาจชัก หมดสติและอาจตายได้

1.4 อาการทางโลหิต ผู้ป่วยมักมีอาการซีด เลือดจาง อ่อนเพลีย นอกจากอาการดังกล่าวแล้ว ผู้ป่วยมักมีอาการปวดศีรษะ มึนงง ในรายที่เป็นเรื้อรังพบว่ามีอาการตัวเหลือง

2.4.4.2 พิษตะกั่วในเด็ก

2.1 พิษต่อระบบประสาท ตะกั่วจะทำลายทั้งระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย ยิ่งอายุน้อยการทำงานยิ่งมาก เกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อ มีอาการเท้าห้อย (Foot drop) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการผิดปกติทางจิตประสาท (neuropsychologicdysfunction)

2.2 ระบบทางเดินปัสสาวะ ตะกั่วมีผลต่อเซลล์ของไต ทำให้เซลล์ท่อไตบวม (proximal tubule damage) ในรายที่มีอาการรุนแรงเฉียบพลัน มีการพบกรดอะมิโน น้ำตาล และเกลือฟอสเฟสในปัสสาวะมาก เรียกกลุ่มอาการนี้ว่า “Fanconi Syndrome” หากได้รับการรักษาจะเป็นปกติ ในรายที่เป็นเรื้อรังจะเกิดลักษณะ chronic interstitiainephrins การขับตะกั่วทางปัสสาวะต่ำลง เกิดความดันโลหิตสูง โรคเก๊าท์ Albuminuria และ Hematuria ได้ในรายที่เป็นมากซึ่งมีการทำลายของหลอดเลือดและเกิดภาวะไตวายตามมา

2.3 ระบบโลหิต ตะกั่วจะออกฤทธิ์ขัดขวางการสร้างธาตุเหล็กโดยตะกั่วในร่างกายที่มีมากผิดปกติจะทำให้การดูดซึมและการใช้ธาตุเหล็กรวมทั้งการสร้างโปรตีน (globin) ในเม็ดเลือดแดงที่กำลังเจริญเสียไป

อายุของเม็ดหลอดแดงจะสั้นลงร้อยละ 25 และเม็ดเลือดแดงจะแตกง่ายมีการขับสาร (coproporphyrin) ออกมาในปัสสาวะมากขึ้น

2.4 พิษต่อหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ (myocarditis)

2.5 ระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีการบีบเกร็ง (spasmodic contraction) ของกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) มีอาการปวดท้อง และยังทำลายตับด้วย

2.6 ตะกั่วขัดขวางการสร้าง active vitamin D ที่ตับ น้ำหนักลด และไม่เจริญเติบโตสมอายุ

ลักษณะของเด็กที่ได้รับสารตะกั่วเข้าไปจำนวนมากจะมีพัฒนาการค่อนข้างล่าช้ากว่าเด็กปกติทั่วไป ตัวอย่างเช่น เด็กหญิงวัย 2 ขวบ ชาวกะเหรี่ยง สัญชาติไทยที่อาศัยอยู่ที่หมู่บ้านคลิตี้ล่าง จ.กาญจนบุรี มองดูเผินๆ ก็เหมือนเด็กปกติธรรมดา แต่ความจริงแล้วเด็กยังเดินและพูดไม่ได้เลยแม้แต่คำเดียว ล่าสุดแพทย์ชันสูตรออกมาว่า เป็นเพราะระหว่างที่แม่หนูน้อยคนนี้อยู่ในครรภ์มารดา ได้รับสารตะกั่วเข้าไปมากนั่นเอง

โรคพิษตะกั่วแบ่งลักษณะอาการของโรคเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเฉียบพลันและชนิดเรื้อรัง

1. โรคพิษตะกั่วชนิดเฉียบพลัน (acute toxicity) มีอาการแสดงดังนี้ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง คอแข็ง น้ำลายเหนียว กระหายน้ำ เหงื่อออก ความดันโลหิตลด ปัสสาวะน้อยลง ความคิดสับสน กระวนกระวาย นอนไม่หลับ ชัก หมดสติ มีอาการของโรคเนื้อสมองเสื่อมเฉียบพลัน(acute encephalopathy)

2. โรคพิษตะกั่วชนิดเรื้อรัง (chronic toxicity) มีอาการแสดงดังนี้ คือ ชัก ปัญญาอ่อน ความประพฤติเปลี่ยนแปลง อาจพบอาการปลายประสาทเสื่อม (peripheral neuropathy) ได้ปรากฏเส้นตะกั่ว (lead line) ที่เหงือก มีอาการไตอักเสบ เกิดภาวะกรดยูริคคั่งในร่างกายและมีอาการของโรคเก๊าท์ นอกจานี้อาจพบอาการทางระบบประสาท คือ ชา ข้อมือตก ข้อเท้าตก อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อยคือ อาการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก

2.4.5 ปริมาณตะกั่วที่มีผลต่อร่างกาย

การตรวจวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยพิษจากตะกั่ว จะใช้ข้อมูลระดับตะกั่วในเลือดเป็นตัวชี้ระดับพิษเรื้อรังได้ นับตั้งแต่ปี 2535 ศูนย์ควบคุมโรคแห่งสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วที่ไม่ปรากฏอาการชัดเจนในเด็กเล็กไว้ว่า ตะกั่วในเลือดไม่ควรเกิน 10 ไมโครกรัม

ในส่วนของวงการสาธารณสุขไทยได้กำหนดมาตรฐานระดับตะกั่วในเลือดของคนไทย ในกรณีที่มีคนงานและประชาชนทั่วไปเท่ากัน คือ ในผู้ใหญ่ไม่เกิน 40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในสตรีมีครรภ์และเด็กไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดจะต้องพบแพทย์และเฝ้าระวัง

ระดับตะกั่วในเลือดที่ต่ำกว่านี้แม้ไม่ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ แต่มีอันตรายต่อสุขภาพร่างกายได้หลายระบบ (ดังตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ระดับตะกั่วในเลือดและอันตรายที่มีต่อสุขภาพร่างกาย

ระดับตะกั่วในเลือด ($\mu g/dm^3$)	อันตรายที่มีต่อสุขภาพ
10-20	เริ่มยับยั้งการสร้างฮีมขั้นแรก
15-20	ในหญิงมีครรภ์ทำให้เกิด neurogical damage ต่อทารกได้
25	ยับยั้ง metabolic activation ของวิตามินดีที่ cell lining proximal tuble ของไตเป็นจุดเริ่มต้นให้ไตพิการมี progressive destruction ของ tubular cell
25-30	ยับยั้งการสร้างฮีมขั้นที่สองต่อไปจะมีอาการซีด
30-40	ทำให้ motor nerve conduction velocity ช้าลง เป็นผลต่อระบบประสาทส่วนปลาย

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ , 2532

การตรวจหาปริมาณสารตะกั่วในร่างกาย เพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารตะกั่วที่สะสมอยู่ในร่างกายใช้การตรวจระดับตะกั่วในเลือดและปัสสาวะหรือตรวจปริมาณ delta-ALA และ coproporphyrin ในปัสสาวะโดยเทียบกับระดับมาตรฐานของบุคคลปกติ

จากการศึกษาอาจประเมินได้ว่า ร่างกายมนุษย์สามารถรับตะกั่วได้จำนวนหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและปัจจัยอื่นๆ ในผู้ใหญ่อาจรับได้ถึง 465 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งในการดำรงชีวิตประจำวันตามปกติประชาชนโดยทั่วไปจะได้รับตะกั่วจากอาหาร น้ำและอากาศ จึงมีการกำหนดมาตรฐานเพื่อป้องกันสารตะกั่วปนเปื้อนในอากาศ อาหารและน้ำ เพื่อความปลอดภัยขึ้นในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทยด้วย (ดังตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณตะกั่วที่ยอมให้มีปนเปื้อนในอากาศ น้ำ และอาหาร ของประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน

	ปริมาณ	หน่วย
อากาศ	0.0001-0.03	$\mu g/dm^3$
น้ำบาดาล	0.000-0.006	$\mu g/L$
แม่น้ำลำคลอง	0.001-0.05	$\mu g/L$
เนื้อสัตว์	0.1-1.0	$\mu g/kg$
น้ำนมวัว	0.02-0.05	$\mu g/L$
พืชผัก	0.1-1.0	$\mu g/kg$

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2532

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ตารางที่ 2.4 ระดับตะกั่วในเลือดที่ทำให้เกิดความผิดปกติในร่างกายเด็กและผู้ใหญ่

ระดับตะกั่วในเลือด ($\mu g/dm^3$)	ผลต่อสุขภาพ
>100	ผู้ใหญ่ : เนื้อเยื่อในสมองเสื่อม
>80	ผู้ใหญ่ : โรคโลหิตจาง เด็ก : เนื้อเยื่อสมองเสื่อม
>70	ผู้ใหญ่ : มีอาการเสื่อมของปลายประสาท เด็ก : ท้องผูกและเกิดอาการอื่นของระบบทางเดินอาหาร
>60	ผู้ใหญ่ : มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ของหญิงและเป็นผลต่อสมองส่วนกลาง
>50	ผู้ใหญ่ : ลดการสร้างฮีโมโกลบิน การตอบสนองของประสาทลดลง การทำงานของอวัยวะสืบพันธุ์ชายลดลง และมีอาการของระบบทางเดินอาหาร เด็ก: ลดการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน
>40	ผู้ใหญ่ : การทำงานของปลายประสาทลดลง ความดันโลหิตสูง และเป็นโรคไตเรื้อรัง เด็ก : ลดการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน
>25	ผู้ใหญ่ : ระดับโปรโตพอร์ไฟรินในเม็ดเลือดแดงของชายเพิ่มขึ้น
15-25	ผู้ใหญ่ : ระดับโปรโตพอร์ไฟรินในเม็ดเลือดแดงของหญิงเพิ่มขึ้น เด็ก : ลดพัฒนาการทางสมองและความเจริญเติบโตของร่างกาย
>10	ทารกในครรภ์ : คลอดก่อนกำหนด โง่และเรียนรู้ช้า มีน้ำหนักตัวน้อยเมื่อคลอด

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2532

นอกจากนี้เพื่อป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษจากตะกั่วอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อให้เครื่องยนต์เดินเงียบ ทำให้หลายประเทศกำหนดปริมาณสารตะกั่วอินทรีย์ที่ยอมให้เติมในน้ำมันมันเบนซิน

363.7384
ภาพ ต.3
134593
24 ต.ค. 2549

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์กำหนดตะกั่วในอาหารตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข

ประเภทอาหาร	เกณฑ์กำหนด (ppm)
ผลไม้	0.1
ผัก	0.1
ธัญพืช	0.2
เนื้อสัตว์ (หมู วัว ไก่)	0.1
เครื่องใน (หมู วัว ไก่)	0.5
ปลา	0.2
กุ้ง	0.5
หอย	1.0
น้ำผลไม้	0.05
ไวน์	0.2
อาหารเด็ก	0.02

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2532

ดังนั้นจะพบว่าปริมาณสารตะกั่วที่ประชาชนได้รับจากอาหารที่มากที่สุด โดยในแต่ละวันจะได้รับประมาณ 200-300 ไมโครกรัม ซึ่งเมื่อรวมกับปริมาณของสารตะกั่วที่ได้รับจากแหล่งต่างๆ แล้วจะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของจำนวนตะกั่วร่างกายรับได้ และมีขอบเขตของความปลอดภัยประมาณร้อยละ 20

2.5 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry : AAS)

เทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี หรือ AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุชนิดหนึ่งที่สามรถทำได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ ซึ่งได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น และมีสภาพไวสูง เป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ในสารตัวอย่างเกือบทุกชนิด ตัวอย่างธาตุเหล่านี้ได้แก่ Cu, Zn, Cd, Sb, Bi, Fe, Co, Mn, Ni, Ag, Au, Pb, Ca, Sn, As, Ge, Se, Te, Ru, Hg, Si ฯลฯ นับว่าใช้งานได้กว้างขวางและมีประสิทธิภาพสูง

ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีต่างๆ ของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมในการวิเคราะห์ทางสเปกโทรสโคปี ได้แก่ เทคนิคคัลเลอริเมตรี (Colorimetry)

และเทคนิคทางอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี (Atomic Absorption Spectrophotometry) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี ขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอิมิสชัน ที่ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

2.5.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี

อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นขบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุที่ดูดกลืนแสงได้ดี ที่ความยาวคลื่นโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ความยาวของคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของอะตอม โซเดียมเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานกระตุ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็นเส้นสเปกโทรสโครปิค (spectroscopic line) ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องเกิดการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กันเช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนไปไอ (vaporition) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม (atomization) หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้นหรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้

เมื่อสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวถูกฉีกเข้าสู่เปลวไฟ ความร้อนจะทำให้ละอองของแก๊สผสมของเหลว (as-liquid aerosol) กลายเป็นละอองของแก๊สผสมของ (so lid-gas aerosol) แก๊สและสารโมเลกุลของสารตัวอย่างตามลำดับ เมื่อโมเลกุลได้รับความร้อนที่เหมาะสมจะแตกตัวเป็นอะตอมอิสระ ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าปล่อยพลังงานแสงจากแหล่งภายนอกที่มีความยาวคลื่นเฉพาะสำหรับอะตอมนั้นๆ ผ่านกลุ่มอะตอมอิสระ พลังงานแสงนี้จะถูกดูดกลืนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนอะตอมอิสระดังสมการ

$$A = \log I_0/I_t = knt$$

โดย A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)

K = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorption coefficient) ของอะตอมที่ความยาวคลื่นที่กำหนด

n = จำนานอะตอมที่มีพลังงานต่ำ/มล.

t = ความกว้างของเปลวไฟที่แสงผ่าน (ซม.)

ดังนั้นเมื่อวัดความเข้มข้นของแสงที่เหลือจากการดูดกลืนโดยอะตอม จึงจะสามารถหาความเข้มข้นของธาตุได้โดยวิธีการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของเปลวไฟที่สูงเกินทำให้อะตอมอิสระบางส่วนกลายเป็นอะตอมพลังงานสูง และแตกตัวเป็นไอออนซึ่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ยังมาจากแสงจากสีของเปลวไฟ แสงที่ปล่อยจากอะตอม

ของสารรบกวนแสงที่ปล่อยออกมาจากอะตอมอิสระพลังงานสูง ตลอดจนการดูดกลืนแสงจำเพาะโดยสารรบกวน ดังนั้นจึงลดความผิดพลาดเหล่านี้ โดยเทคนิคต่างๆ ตามความเหมาะสมต่อไป

2.5.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้เทคนิคเฟลมอะตอมไมเซชัน (Flame Atomiczation Technique) เทคนิคนี้ใช้ขบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้เทคนิคอะตอมไมเซชันแบบไร้เปลวไฟ (Flameless Atomiczation Technique และ Non-Flame Atomiczation Technique) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้ขบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electrothermal atomizer หรือ graphite furnance) โดยสามารถใช้โปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆ กัน และใช้เวลาต่างๆ กันได้

3. ใช้เทคนิคไฮไดรด์เจเนเรชัน (Hydride Generation Technique) เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่กลายเป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้

4. ใช้เทคนิคไอเย็น (Cold Vapor Generation Technique) สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ตัวอย่างเช่น ปรอท จึงใช้วิธีวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

2.5.3 ลักษณะของเปลวไฟ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเปลวไฟค่อนข้างซับซ้อน ควรศึกษาถึงลักษณะของเปลวไฟ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกชนิดของเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศและเชื้อเพลิง ความสูงของเปลวไฟเหนือตะเกียง (burner) ที่ใช้เป็นแหล่งของอะตอมอิสระ (atom reservoir) และชนิดของตะเกียง

เปลวไฟทำหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1. เปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์ของเหลวหรือของแข็งที่อยู่ในรูปซัลเพนชันไปเป็นแก๊ส
2. ย่อยสารประกอบของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็นอะตอมอิสระ
3. ผลิตอะตอมอิสระที่ภาวะเร้า เช่น ใช้ในเฟลมโฟโตมิตรี

2.5.4 เครื่องมือที่ใช้ใน AAS

การวิเคราะห์ปริมาณโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันคล้ายกับเครื่องสเปกโทรสโคปีในแบบอื่นๆ โดนกฎของเบียร์อธิบายว่า ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนนั้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของสารตัวอย่างของ ส่วนประกอบที่สำคัญของ เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้แก่ แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ โมโนโครมิเตอร์ ดีเทคเตอร์ เครื่องประมวลผลและอ่านผล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.4.1 แหล่งของแสงเฉพาะธาตุ (light source)

โดยการใช้แหล่งของคลื่นแสงที่คายเส้นสเปกตรัม ซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับเส้นสเปกตรัมที่ถูกดูดกลืนโดยสารนั้น นอกจากนี้ความกว้างของเส้นสเปกตรัมที่ได้จากแหล่งของแสงยังใกล้เคียงกับความกว้างที่ได้จากการดูดกลืนของแสงนั้น โมโนโครมาเตอร์ที่ใช้ในการกระจายแสง จึงไม่จำเป็นต้องมีความสามารถแยกคลื่นแสงสูง แหล่งของคลื่นแสงที่คิดขึ้นโดย Walsh มีชื่อว่า หลอดฮอลโลแคโทด (Hollow cathode lamp ; HCLs) ยังเป็นที่นิยมกันใช้มากในปัจจุบัน

ลักษณะของหลอดฮอลโลแคโทด จะประกอบด้วยขั้วแคโทดซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรง กระบอกกลวง หรือรูปถ้วยแล้วฉาบด้วยโลหะและผงโลหะที่ต้องการจะให้ถูกกระตุ้น เพื่อจะให้ได้สเปกตรัมที่มีเส้นเรโซแนนซ์ (resonance line) ส่วนขั้วแคโทดทำด้วยโลหะนิคเกิลและทังสเตน หรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเล็กๆ ภายในหลอดแก้วบรรจุด้วยนีออนหรืออาร์กอน ส่วนวินโดว์(window) อาจเป็นแก้วไพเรกซ์หรือควอร์ต ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวีวินโดว์ต้องทำด้วยควอร์ตและที่สำคัญวินโดว์จะต้องสะอาดเสมอ การใช้หลอดฮอลโลแคโทดควรจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ถูกต้อง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-30 mA ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้ามากๆ จะทำให้อายุของหลอดสั้น แต่ได้แสงที่มีความเข้มสูง

2.5.4.2 ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (The Atomization Process หรือ Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นจะประสบความสำเร็จอย่างดีมากน้อยเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมอิสระของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอมอิสระเป็นตัวถูกกลืนแสงที่จะทำการวัดโดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีนี้ได้ผลดีเพียงใดนั้น จึงขึ้นอยู่กับการเกิดอะตอมอิสระภายใต้เปลวไฟประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เนบูไลเซชัน (Nebulization) เป็นขบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็กๆ ด้วยเครื่องที่เรียกว่า เนบูไลเซอร์ (Nebulizer)

2. ดรอพเพลตพรีซิพิเตชัน (Droplet precipitation) เป็นขบวนการที่ละอองเล็กๆ ของสารละลายรวมกันเป็นหยดสารละลายโตไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง

3. มิกซิง (Mixing) เป็นขบวนการที่ละอองเล็ก ๆ ของสาระลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิแดนท์ (oxidant) ในสเปรย์แชมเบอร์ (spray chamber)

4. ดีโซลเวชัน (Desovation) เป็นขบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ

5. สารประกอบแตกตัว (Compound decomposition) เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยที่พลังงานความร้อนจากเปลวไฟจะไปทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์ เป็นโมเลกุล เป็นอะตอมอิสระ บางครั้งเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชัน

โดยทั่วไปเมื่อเวลาใช้เครื่องแก๊สที่เป็นเชื้อเพลิงและออกซิแดนส์จะผ่านเวนจูรี (venturi) เข้าไปในเนบูไลเซอร์จะทำให้สารละลายถูกดูดเข้าไปด้วยอัตราเร็วตามที่ต้องการ เพื่อให้สารละลายที่พ่นไปชนกับลูกแก้วกลม (glass bead) ละอองเล็กๆ ซึ่งเป็นแบบเดียวกันจะเข้าไปยังเปลวไฟเพื่อเผาให้สลายตัวเป็นอะตอมอิสระของธาตุ

2.5.4.3 โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) หรือฟิลเตอร์ (Filter)

เครื่องมือที่ใช้เทคนิคนี้จะต้องประกอบไปด้วยเครื่องกระจายแสง หรือแยกคลื่นแสงที่มีคุณภาพดีให้แถบคลื่นที่แคบสามารถแยกสเปกตรัมของแสงที่ถูกดูดกลืนได้ โดยอะตอมอิสระของธาตุที่ วิเคราะห์ได้ ปกติมักใช้เกรติงโมโนเมเตอร์ (grating monochromator) แต่ในการวิเคราะห์ ธาตุอัลคาไลซึ่งมีสเปกตรัมที่แคบมีไม่กี่เส้นปรากฏในช่วงวิสิเบิลอาจใช้ฟิลเตอร์ที่ทำด้วยแก้วแทนโมโนโครเมเตอร์ได้ และนิยมใช้ตัวกรองแบบแทรกสอด

2.5.4.4 ดีเทคเตอร์ (Detector)

ใช้วัดความเข้มแสงที่ผ่านออกมาจากสารตัวอย่างที่วิเคราะห์ มักนิยมใช้หลอดโฟโตมัลติฟลายเออร์เป็นเครื่องวัดความเข้มแสง

2.5.4.5 เครื่องประมวลผลและอ่านผล (Data system and read-out units)

เป็นส่วนแสดงค่าแอบซอร์พแบนซ์ที่วัดได้