บทที่ 1
บทนำ

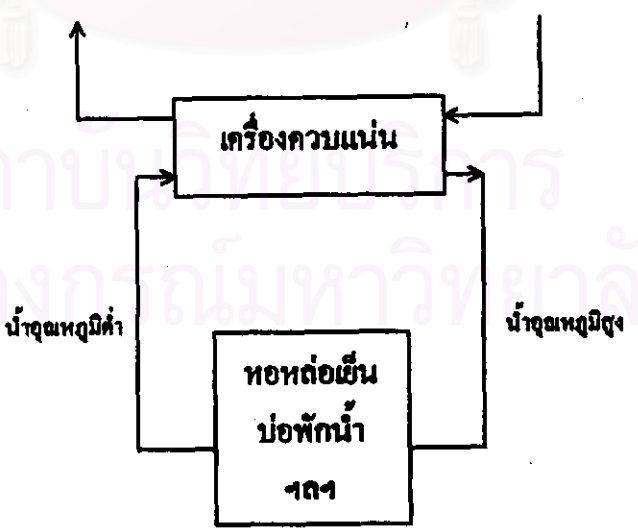
1.1 น้ำร้อนทิ้งของภาคอุตสาหกรรม

ในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมหลายๆ ประเภท มีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อเป็นน้ำหล่อเย็นให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องควบแน่น โดยน้ำที่ใช้นั้นอาจจะเป็นน้ำที่ได้มาจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือน้ำที่ได้จากการเก็บกักจากตัวโรงงานเอง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม

โดยทั่วไประบบของน้ำหล่อเย็นที่ใช้กันในอุตสาหกรรมการผลิตจะมีด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ

1. ระบบปิด (Closed-cycle cooling system)

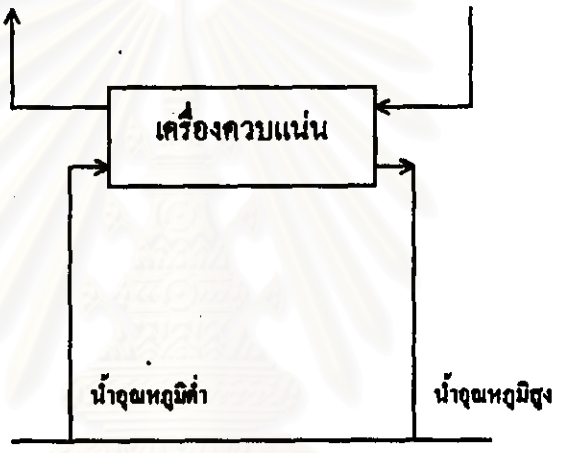
เป็นระบบที่นำน้ำที่ผ่านจากกระบวนการหล่อเย็นแล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยจะต้องมีการทำให้น้ำนั้นมีอุณหภูมิลดลงมายังจุดที่ต้องการด้วยอุปกรณ์ เช่น หอหล่อเย็น หรือ บ่อพักน้ำ ระบบแบบนี้จะเหมาะกับการผลิตขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ใช้จะต้องมีปริมาณไม่มากเกินกว่าความสามารถในการลดอุณหภูมิของหอหล่อเย็นหรือบ่อพักน้ำที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ลักษณะของระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิด

2. ระบบเปิด (opened-cycle cooling system)

ในระบบนี้จะไม่มีการนำน้ำที่ผ่านจากกระบวนการหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำจะต้องมีมากเพียงพอต่อการใช้งาน โดยทั่วไปในระบบแบบนี้จะใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่อยู่ตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ ทะเล ฯลฯ เพราะมีน้ำปริมาณมาก เมื่อผ่านการใช้งานในกระบวนการแล้วก็จะปล่อยทิ้งกลับสู่แหล่งเดิม ระบบแบบนี้จะเหมาะกับการผลิตขนาดใหญ่เพราะสามารถใช้น้ำหล่อเย็นในปริมาณมากๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ลักษณะของระบบน้ำหล่อเย็นแบบเปิด

จากรูปแบบของระบบน้ำหล่อเย็นทั้งสองระบบที่กล่าวมาข้างต้นถ้าพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมจะพบว่า ระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิดจะเป็นระบบที่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยเพราะไม่ได้มีการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงกลับลงสู่สิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากในปัจจุบันขนาดของอุตสาหกรรมต่างๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่ใช้จึงต้องมีปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่งผลให้การหล่อเย็นโดยใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิดมีกำลังไม่เพียงพอทำให้ผู้ประกอบการต้องเลือกใช้ระบบน้ำหล่อเย็นแบบเปิดที่สามารถจัดเตรียมน้ำหล่อเย็นได้ในปริมาณที่มากกว่า

1.2 ผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากระบบน้ำหล่อเย็นแบบเปิด

น้ำที่ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งในระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิดที่มีความจำเป็นต้องปรับอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามที่ต้องการก่อนที่จะหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการปริมาณของน้ำหล่อเย็นมากๆ การปรับอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านกระบวนการแล้วจะต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายจึงได้มีการนำน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาใช้ในกระบวนการหล่อเย็นแล้วจึงปล่อยน้ำที่ใช้แล้วกลับลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากน้ำที่ปล่อยกลับลงสู่แหล่งน้ำจะมีค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ดังนั้นจะส่งผลให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น และท้ายที่สุดก็จะทำให้เกิดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมากจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ (Thermal Pollution) ตามมา

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในแหล่งน้ำจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญต่อแหล่งน้ำดังนี้

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

1.2.1.1 ความหนาแน่นของน้ำ

ความหนาแน่นของน้ำจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 1.1) ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นของความร้อน (Thermal Stratification) อันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำขึ้นภายในแหล่งน้ำ

1.2.1.2 ความหนืดของน้ำ

ความหนืดของน้ำจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1) ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการตกตะกอนภายในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นผิวใต้แหล่งน้ำ

1.2.1.3 ความสามารถในการละลายน้ำได้ของออกซิเจน (Oxygen solubility)

ความสามารถในการละลายน้ำได้ของออกซิเจนจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1) ซึ่งจะทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าลดลง ประกอบกับการเกิดขึ้นของชั้นความร้อนภายในแหล่งน้ำทำให้เกิดการถ่ายเทของออกซิเจนไปยังชั้นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตภายในแหล่งน้ำ

ตารางที่ 1.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำที่ค่าอุณหภูมิในช่วง 0-40 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนาแน่น kg/m^3	ความหนืด 10^{-6} kg/m sec	ความสามารถในการละลายน้ำได้ของออกซิเจน (mg/l)
0	999.84	1788.71	14.6
5	999.77	1515.65	12.8
10	999.70	1305.61	11.3
15	999.10	1140.97	10.2
20	998.20	1004.19	9.2
25	997.04	891.35	8.4
30	995.65	798.51	7.6
35	994.06	719.70	7.1
40	992.24	652.89	6.6

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวภาพ

เมื่ออุณหภูมิของน้ำภายในแหล่งน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก เช่น แพรงตอนหรือลูกกุ้งได้รับผลกระทบโดยตรงอันเนื่องมาจากน้ำร้อน ขณะเดียวกันสิ่งมีชีวิตที่อาศัยแพรงตอนหรือลูกกุ้งเป็นอาหารในการดำรงชีวิตก็จะได้รับผลกระทบที่เกิดจากการที่อาหารมีจำนวนลดน้อยลง เป็นผลให้เกิดการสูญเสียแหล่งอาหารภายในวงจรห่วงโซ่อาหารไป นอกจากนี้ตามปกติอุณหภูมิของน้ำจะมีลักษณะคงที่ตลอดทั้งปีดังนั้นเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นปลาบางชนิดที่ชอบวางไข่ในฤดูหนาวอาจไม่วางไข่และปลาบางชนิดที่ชอบวางไข่ในฤดูร้อนอาจวางไข่ตลอดทั้งปี ซึ่งจะมีผลให้อัตราการรอดตายของปลาลดต่ำลง

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นข้างต้น ทั้งในกรณีการลดลงของความสามารถในการละลายน้ำได้ของออกซิเจน การสูญเสียวงจรห่วงโซ่อาหาร ล้วนเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำทั้งสิ้น

1.3 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกรณีของการปล่อยน้ำทิ้งอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำ

โดยทั่วไปในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกรณีของการปล่อยน้ำทิ้งอุณหภูมิสูงจากภาคอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ สามารถที่จะทำการศึกษาได้เป็น 2 วิธีหลักๆ ดังนี้

1. กรณีที่มีการดำเนินงานของภาคอุตสาหกรรมแล้ว การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้โดยการสำรวจวัดภายในแหล่งน้ำที่มีการปล่อยน้ำทิ้งอุณหภูมิสูงได้โดยตรง แต่ทั้งนี้จะต้องอาศัยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและระยะเวลาที่ยาวนานในการศึกษา ผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถระบุถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างชัดเจน

2. กรณีที่ยังไม่มีการดำเนินงานของภาคอุตสาหกรรมแต่ต้องการที่จะทำการประเมินผลเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการก่อสร้างหรือเพื่อใช้ในการทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน ในกรณีนี้นิยมที่จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการประเมินและทำนายผล โดยทำการจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ตามเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงานรวมถึงสภาวะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำ เป็นต้น

สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีของการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่กระแสน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและใช้ประกอบในการพิจารณาถึงการปล่อยน้ำร้อนอุณหภูมิสูงว่าเป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินหรือไม่โดยที่ประกาศฉบับดังกล่าวกำหนดให้น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าต้องไม่ทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 3 องศาเซลเซียส จากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละประเภทของแหล่งน้ำ โดยมีหลักเกณฑ์ในการกำหนดจุดตรวจสอบห่างจากจุดปล่อยน้ำทิ้งในรัศมี 500 เมตร

1.4 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีของการปล่อยน้ำร้อนลงสู่กระแสน้ำโดยอาศัยเทคนิค CFD (Computational Fluid Dynamic) มาช่วยในการอธิบายและทำนายผล
2. ตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายผล (Verification) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากชุดการทดลองที่สร้างขึ้น

1.5 ขอบเขตของการทำวิจัย

1. จำลองปรากฏการณ์การปล่อยน้ำร้อนลงสู่กระแสน้ำ โดยอาศัยเทคนิค CFD
2. ทำการทดลองกับชุดการทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อนำผลที่ได้ไปตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายผล (Verification) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ โดยมีค่าที่ใช้ในการทำการทดลองดังนี้
   - ความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำร้อนกับกระแสน้ำมีค่าประมาณ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส
   - อัตราที่ใช้ในการปล่อยน้ำร้อนมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.013 ลิตร/วินาที ถึง 0.043 ลิตร/วินาที
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิด้วยเทคนิค CFD โดยจำลองการปล่อยน้ำร้อนทิ้งจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงถ่านหินกำลังการผลิต 1,000 เมกะวัตต์ ลงในแม่น้ำเจ้าพระยาที่อยู่ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีปัจจัยต่างๆที่ทำการศึกษา ดังนี้

   3.1 ปัจจัยของแหล่งกำเนิดน้ำทิ้ง
   - ความเร็วที่ใช้ในการปล่อยน้ำร้อนทิ้ง
   - อุณหภูมิของน้ำร้อนทิ้ง

   3.2 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา
   - ปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำ
   - การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่บริเวณผิวน้ำกับสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย