

การศึกษา เพื่อ เปรียบ เทียบประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งของ  
ไบโอดีส์ และสับ เมอจรัม



นายพิพัฒน์ ภูมิปัญญาคุณ

002049

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

I 16686299

A COMPARATIVE STUDY OF WASTE WATER TREATMENT EFFICIENCY OF  
THE BIO DISC AND SUBMERGED DRUM

Mr. Pipat Pooripanyakun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Sanitary Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University

1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้ง  
ของ ไบโอดีคซ์ และสับ เมอเจอร์

โดย

นายพิพัฒน์ ภูมิปัญญาคุณ


แผนกวิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

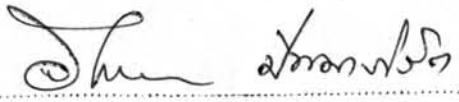
อาจารย์ที่ปรึกษา

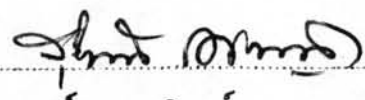
ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต

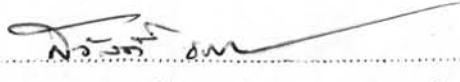
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

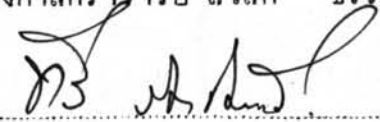
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประคิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

  
..... กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ชรรณีกรัถย์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งของ ไบโอดิสก์ และสับ เมอจกรัม
ชื่อนิสิต	นายพิพัฒน์ ภูมิปัญญาคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2523



บทคัดย่อ

น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเตาหม้อสารอินทรีย์อยู่ในน้ำทิ้งมาก มีปริมาณวันละ 5 - 10 ลิตร. เมตร ค่าความสกปรกซีโอดี (COD) อยู่ระหว่าง 1,000 - 10,800 มก./ลิตร มีค่าบีโอดี (BOD) เฉลี่ย 3,680 มก./ลิตร เปรียบเทียบกับบีโอดีของน้ำทิ้งจากชุมชน เท่ากับจำนวนประชากร 550 คน เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำทิ้งจำนวนไม่มาก คุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบกำจัดที่ต้องการความสะดวก และประหยัด ในการควบคุมดูแลตลอดจนปัญหาเรื่องกลิ่นและแมลง จึงทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งทางชีววิทยา โดยใช้ bio disc และ submerged drum โดยควบคุมความเข้มข้นของน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบกำจัดให้มีค่า BOD ประมาณ 1200 มก./ลิตร และรักษาสภาพที่แท้จริงของความ เป็นกรดค้าง โดยไม่ได้เพิ่มอาหารเสริมสร้างเนื่องจากมีอยู่อย่างเพียงพอแล้วในน้ำทิ้งเดิม

การทดลองได้ทำที่ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานโดยการเปลี่ยนตัวแปรอิสระ ได้แก่ระยะเวลาเก็บกัก ความเร็วรอบในการหมุนและพื้นที่ผิวของตัวกลางยัดเกาะ สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของ submerged drum ก็ดีกว่า bio disc เพราะว่ามีพื้นที่ผิวของตัวกลางมากกว่า ทำให้มีความสามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้งได้ดีกว่า เป็นผลให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD และ Total-N ก็ดีกว่าด้วย การเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้งแปรผันตามความเร็วรอบของตัวกลางยัดเกาะและระยะเวลาเก็บกัก แต่จะแปรผันกลับกับ Organic loading โดย volumetric loading จะมีผลต่อค่าออกซิเจนในน้ำทิ้งมากกว่า areal loading ประสิทธิภาพการลด COD และ total-N จะแปรตามความสามารถการเพิ่มออกซิเจนใน

น้ำทิ้ง ความเร็วรอบของตัวกลางยึคเกาะไม่มีผลมากนักต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ  
ทิ้งที่ออกจากระบบกำจัดเมื่อเปรียบเทียบกับ organic loading

ระยะเวลาเก็บกักที่เหมาะสมของ bio disc และ submerged drum  
ประมาณ 6 ชม. ประสิทธิภาพการลด COD มีค่าประมาณ 90% เมื่อ volumetric  
loading มีค่า 6.142 และ 6.932 กก. COD/ลบ.ม/วัน ตามลำดับ ทำให้  
ออกซิเจนในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่า 2.28 และ 4.73 มก./ลิตร และตะกอนแขวน  
ลอยที่ออกจากระบบมีค่า 39 และ 15 มก./ลิตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพการลด COD  
แตกต่างกันน้อยมากทุกความเร็วรอบที่ 5, 10 และ 15 รอบ / นาที คือ 90% ของ bio  
disc และ 93% ของ submerged drum อัตราการเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้งเมื่อ  
เปลี่ยนความเร็วรอบจาก 5 เป็น 10 รอบ / นาที จะสูงกว่าเมื่อเปลี่ยนจาก 10 เป็น  
15 รอบ/นาที อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวตัวกลางของ submerged drum กับ bio  
disc ที่ใช้ในการทดลองมีค่า 1.55 หลังจากทีลดพื้นที่ผิวตัวกลางของทั้งสองชนิด จน  
อัตราส่วนมีค่า 1.20 ทำให้ areal loading ของ bio disc สูงกว่า  
submerged drum 18% แต่ volumetric loading ของ bio disc ต่ำกว่า  
submerged drum 15% เป็นผลให้ออกซิเจนในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัดมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ประสิทธิภาพการลด COD และ Total-N ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด  
เหมือนเมื่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวตัวกลางมีค่า 1.55





variables such as detention time, revolution speed and the surface area of contacting media. It was found that the treatment efficiency of submerged drum was better than bio disc. Because of its greater surface area, dissolved oxygen of submerged drum effluents were higher than those of the bio disc and the overall efficiency of COD and Total-N removal were also higher. It was noted that the increased dissolved oxygen of wastewater was directly proportion to the revolution speed of contacting media and detention time, but inversely proportional to organic loading while volumetric loading affected the dissolved oxygen rather than areal loading. The reduction of COD and Total-N were directly proportional to the capacity of dissolved oxygen in the wastewater. Compared with the organic loading, the revolution speed of contacting media had no significant effect on the effluent suspended solids.

It was found that the optimum detention times of the bio disc and the submerged drum were approximately 6 hours and also the efficiency of COD removal of both were approximately 90% when volumetric organic loading were 6.142 and 6.932 kg COD/m<sup>3</sup>/day respectively. Under the above condition, the effluent dissolved oxygen were 2.28 and 4.73 mg/l and the effluent suspended solids were 39 and 15 mg/l respectively. The COD reduction did not vary significantly with revolution speeds at 5, 10 and 15 rev./min. i.e. the COD removal were 90% of bio disc and 93% of submerged drum.

Varying revolution speed from 5 to 10 rev./min. would affect the higher rate of increase of DO than from 10 to 15 rev./min. The ratio between surface area of submerged drum to bio disc from the experiment was 1.55. When the surface area of both media were reduced to the ratio of 1.20 causing the areal loading of bio disc to be 18% more than that of the submerged drum (while in term of volumetric loading, it would be 15% lower). The effluents DO of both bio disc and submerged drum were more or less the same. This caused the COD and the Total-N efficiencies to be only slightly different as was the case when the ratio was 1.55, when the difference became significant.





### กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เกรษฐมนิต ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา ตลอดจนตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภีรัต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช และคณาจารย์ในแผนกวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือต่าง ๆ ขอขอบคุณอาจารย์สุเทพ สิริวิทยา-ปกรณ์ อาจารย์ขวัญชัย สุวรรณสัมฤทธิ์ คุณไกรสร อุดมรัตน์ คุณอุสาหะ คันธุลีสิน คุณสมบัติ คัตตะพันธ์ และเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ จากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัย ของสภาการศึกษาแห่งชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ .....	ช
รายการตารางประกอบ .....	ข
รายการรูปประกอบ .....	ณ
ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ .....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 กล่าวโดยทั่วไป .....	1
1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย .....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย .....	3
2. การกำจัดน้ำทิ้งแบบ Rotating Biological Contactor (RBC)	
2.1 วัฒนาการของ Rotating Biological Contactor .....	5
2.2 การเติมอากาศและการถ่ายเทมวล .....	7
2.3 ผลการวิจัยเกี่ยวกับ Rotating Biological Contactor .....	12
3. ทฤษฎีของ Rotating Biological Contactor System	
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	31
3.2 ปฏิกิริยาของ Rotating Biological Contactor .....	35
3.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องการทำงานของระบบ RBC .....	41
3.3.1 ผลของ organic loading rate .....	42
3.3.2 ผลการเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวกลาง .....	42
3.3.3 ผลของปริมาณส่วนที่จมของตัวกลาง .....	43
3.3.4 ผลของความเร็ว การหมุนรอบตัวเองของตัวกลาง .....	43



สารบัญ  
(ต่อ)

หน้า

3.3.5	ผลการทำงานของส่วน เคมีอากาศร่วมกับส่วน ย่อยตะกอน .....	44
3.3.6	ผลของอุณหภูมิ .....	45
3.4	ข้อดีและข้อเสียของ RBC เมื่อเทียบกับระบบกำจัดชนิดอื่น .....	45
3.4.1	ค่าใช้จ่ายและค่าดำเนินงาน .....	45
3.4.2	การบำรุงรักษา .....	46
3.4.3	ความต้องการพลังงานขับเคลื่อน .....	46
3.4.4	ความยากง่ายในการทำงาน .....	46
3.4.5	ความสามารถในการรับปริมาณน้ำทิ้ง .....	47
3.4.6	ความสามารถในการทนทานต่อ shock loading .....	47
3.4.7	ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น .....	48
3.4.8	อาหาร เสริมสร้าง .....	48
4.	การดำเนินการวิจัย	
4.1	การออกแบบการทดลอง .....	49
4.2	การเตรียมตัวอย่างน้ำทิ้ง .....	52
4.2.1	คุณลักษณะของน้ำทิ้ง .....	52
4.2.2	การปรับปรุงตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนการทดลอง .....	57
4.2.3	ขั้นตอนการทดลองก่อนการวิเคราะห์ .....	59
4.3	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง .....	59
4.4	แผนการทดลองและการวิเคราะห์ .....	61

สารบัญ  
(ต่อ)

ฉ

หน้า

4.4.1	ขั้นตอนการทดลอง .....	61
4.4.2	การวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	61
5.	ผลการทดลองและข้อคิดเห็น	
5.1	ลักษณะทางกายภาพของผลการทดลอง .....	63
5.5.1	ความหนาของเมือกจุลินทรีย์ .....	63
5.5.2	ความเปลี่ยนแปลงสีของเมือกจุลินทรีย์ .....	66
5.5.3	ฟองอากาศที่เกิดขึ้น .....	66
5.2	ประสิทธิภาพแต่ละช่องของ bio disc และ submerged drum .....	66
5.3	ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำทิ้งเนื่องจาก volumetric organic loading .....	73
5.3.1	การเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้ง .....	73
5.3.2	อัตราส่วน BOD <sub>5</sub> /COD ของน้ำทิ้งออกจาก ระบบกำจัด .....	77
5.3.3	ประสิทธิภาพการลด COD .....	77
5.3.4	ประสิทธิภาพการลด Total-N .....	82
5.3.5	ตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัด .....	82
5.3.6	การเลือกระยะเวลาเก็บกากที่เหมาะสม .....	84
5.4	ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำทิ้งเนื่องจากความเร็วรอบ ของวัฏศุก่ดเกาะ .....	87
5.4.1	การเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้ง .....	87
5.4.2	ประสิทธิภาพการลด COD .....	87

สารบัญ

(ต่อ)

	หน้า
5.4.3 ประสิทธิภาพการลด Total-N .....	89
5.4.4 ตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกำจัด	89
5.4.5 การเลือกความเร็วรอบของวัสดุยึคเกาะที่เหมาะสม	92
5.5 ผลกระทบต่อระบบกำจัดน้ำทิ้งเมื่อลดพื้นที่ผิวตัวกลางยึคเกาะ	94
5.5.1 การเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้ง .....	95
5.5.2 ประสิทธิภาพการลด COD .....	96
5.5.3 ประสิทธิภาพการลด Total-N .....	96
5.5.4 ตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ .....	99
5.5.5 ข้อเปรียบเทียบเมื่อลดพื้นที่ผิวตัวกลางยึคเกาะ	99
6. สรุปผลการทดลอง .....	104
7. ข้อเสนอแนะการวิจัยขั้นต่อไป .....	107
เอกสารอ้างอิง .....	108
ภาคผนวก	
ตารางที่ ผ.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงผลิตเตนหู้ ควายไบโอคิสซ์ และสับ เมอจรัม .....	116
ตารางที่ ผ.2 แสดงผลการกำจัดน้ำทิ้งในช่วงเสถียร (steady state) ในแต่ละช่วงการทดลอง .....	122
ตารางที่ ผ.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง BOD และ COD แต่ ละช่วงการทดลอง .....	125
ตารางที่ ผ.4 ผลการทำงานอย่างย่อ ๆ ของ biological filters ชนิดต่าง ๆ .....	127

สารบัญ  
(ต่อ)

หน้า

รูปที่ ผ.1-9	บันทึกการทำงานของ Bio Disc และ Submerged Drum ในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรง ผลิตเตาหุง ตลอดจนความแปรปรวนของ pH .DO. และSS. ในช่วงระยะเวลาของการทดลองชุดที่ 1-8	129
ประวัติ	.....	138



## รายการตารางประกอบ

ตารางที่

หน้า

4.1	รายละเอียดเครื่องมือที่สร้างขึ้นมากเพื่อทดลอง .....	54
4.2	ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในถังเหลือียง (น.น.แห่งสมิท) โดยประมาณ .....	56
4.3	คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงผลิตเตาหุง .....	58
5.1	ค่าเฉลี่ยของผลการกำจัดน้ำทิ้งในแต่ละช่อง (Compartment) ของ bio disc และ submerged drum .....	69
5.2	เปรียบเทียบการกำจัดน้ำทิ้งของ bio disc และ submerged drum ที่เวลาเก็บกักต่าง ๆ .....	70
5.3	ผลการทดลองเพื่อศึกษาต่อค่า DO. และการเกิด Nitrification ของ bio disc และ submerged drum ที่เวลาเก็บกักต่าง ๆ .....	74
5.4	ค่าตัวแปรในการทดลองของ bio disc 8 การทดลอง	75
5.5	ค่าตัวแปรในการทดลองของ submerged drum 8 การทดลอง	76
5.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง detention time, volumetric loading และ effluent BOD/COD ในแต่ละช่วงการทดลอง .....	79

## รายการรูปประกอบ

รูปที่

2.1	แสดง Schematic Representation of Interfacial Mass Transfer .....	9
2.2	แสดง Material Balance of COD in the Biological Disc Filter Unit .....	19
3.1	แสดง Schematic Diagram of Trickleing Filter Process .....	32
3.2	แสดง Schematic Diagram of Waste Stabilization by Rotating Biological Contactor and Anaerobic Digestion .....	34
3.3	แสดง Material Balance in Slime Layer and Liquid Bulk .....	38
4.1	ลักษณะของ Rotating Biological Contractor Units ที่ใช้ในการทดลอง .....	50
4.2	รายละเอียดของ Bio Disc ที่ใช้ในการทดลอง .....	51
4.3	รายละเอียดของ Submerged Drum ที่ใช้ในการทดลอง .....	53
4.4	ลักษณะการติดตั้ง Bio Disc และ Submerged Drum ที่ใช้ในการทดลอง .....	55
4.5	ทิศทางการไหลของน้ำทิ้ง .....	60

รายการรูปประกอบ  
(ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.1	ลักษณะของ Biomass ที่เกาะบน Media ใหม่ของ Bio Disc หลังจากเลี้ยงด้วยน้ำเสีย 5 วัน .....	64
5.2	ลักษณะของ Biomass บน Bio Disc และ Scum ที่เกิดในขณะ Steady State .....	64
5.3	ลักษณะของ Biomass บน Submerged Drum และ Scum ที่เกิดในขณะ Steady State .....	65
5.4	ลักษณะของ Biomass บน Submerged Drum และ Scum ที่เกิดในขณะ Steady State เมื่อ Voerload .....	65
5.5	ลักษณะของ Biomass และฟองที่เกิดใน Submerged Drum ในช่วงแรก ๆ เมื่อเพิ่มความเร็วของการหมุน .....	67
5.6	ผลของระยะเวลากักเก็บในแต่ละช่อง (Compartment) ของ BBC ต่อ DO. ในช่วงและ pH ที่ออกจาก RBC .....	70
5.7	ผลของระยะเวลากักเก็บในแต่ละช่อง (Compartment) ของ RBC ต่อ COD ที่ออกจาก RBC และประสิทธิภาพในการกำจัด Total COD .....	71
5.8	ผลของ Volumetric Loading ต่อ DO. ที่ออกจาก RBC (5 rpm) .....	78
5.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง Volumetric Loading และระยะเวลากักเก็บ และผลต่อ BOD/COD ที่ออกจาก RBC (5rpm) .....	80

รายการรูปประกอบ  
(ต่อ)

รูปที่

5.10	ผลของ Volumetric Loading ต่อประสิทธิภาพในการกำจัด COD (5rpm) .....	91
5.11	ผลของ Volumetric Loading ต่อประสิทธิภาพในการกำจัด Total Nitrogen (5rpm) .....	83
5.12	ผลของ Volumetric Loading ต่อตะกอนแขวนลอย ที่ออกจาก RBC (5rpm) .....	85
5.13	ผลของความเร็วรอบของการหมุนต่อ DO. ที่ออกจาก RBC .....	88
5.14	ผลของความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพในการกำจัด COD .....	90
5.15	ผลของความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพในการกำจัด Total Nitrogen .....	91
5.16	ผลของการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพ ในการกำจัดตะกอนแขวนลอย .....	93
5.17	ผลของ Areal Loading ต่อ DO. ที่ออกจาก RBC (หลังจาก ลดพื้นที่ผิวของตัวกลาง) .....	97
5.18	ผลของการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพ ในการกำจัด COD (หลังจากลดพื้นที่ผิวของตัวกลาง) .....	98
5.19	ผลของการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพ ในการกำจัด Total-Nitrogen (หลังจากลดพื้นที่ผิวของตัวกลาง) .....	100
5.20	ผลของการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนต่อประสิทธิภาพในการ กำจัด SS. (หลังจากลดพื้นที่ผิวของตัวกลาง) .....	101

ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ

- A = the surface area in each stage ,  $\text{cm}^2$
- $A_d$  = the cross sectional area through which the diffusion takes place ,  $\text{cm}^2$
- $\frac{A}{V}$  = the areal density ,  
 =  $\frac{\text{total surface area of contact media}}{\text{total volume of the liquid bulk}}$  ,  $\frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^3}$
- Areal loading =  $\frac{\text{influent organic matter}}{\text{surface area of contact media-day}}$  ,  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 - \text{d}}$
- B = the density coefficient, dependent upon the type of microorganism attached to the contact media.
- BOD = Biochemical Oxygen Demand , 5 days at  $20^\circ\text{C}$ , mg/l.
- C = the concentration of the gas in the liquid bulk, mg/l.
- $C_s$  = the saturation concentration of the gas in the liquid, mg/l.
- COD = Chemical Oxygen Demand, mg/l.
- $D_g$  = the coefficient of diffusivity through the gas film ,  $\text{cm}^2/\text{sec}$ .
- $D_L$  = the diffusion coefficient ,  $\text{cm}^2/\text{sec}$ .
- DISC = Bio Disc.

- DO = Dissolved Oxygen , mg/l.
- DRUM = Submerged Drum.
- d = day
- $\frac{dc}{dy}$  = the concentration gradient perpendicular to the cross section area,  $mg/cm^3$ -cm.
- $\frac{dL}{dt}$  = the rate of COD removal
- eff. = effluent
- f = the activity coefficient
- inf. = influent
- $K_g$  =  $\frac{D_g}{Y_g}$  , the gas film diffusion coefficient, cm/sec.
- $K_L$  =  $\frac{D_L}{Y_L}$  , the liquid film coefficient, cm/sec.
- $K_L a$  =  $K_L \frac{A_d}{V}$  = the overall film Coefficient,  $sec^{-1}$
- K's = constants
- L = the substrate concentration, mg/l
- MLSS = Mixed Liquor Suspended Solids, mg/l
- N = the mass transfer per unit time, mg/l
- $NH_3-N$  = ammonia nitrogen, mg/l



$\text{NO}_2\text{-N}$  = nitrite nitrogen , mg/l

$\text{NO}_3\text{-N}$  = nitrate nitrogen , mg/l

Org-N = organic nitrogen , mg/l

Oxidized Nitrogen =  $\text{NO}_2^- \text{-N} + \text{NO}_3^- \text{-N}$  , mg/l

P = the partial pressure of the particular gas in the atmosphere , mm Hg.

$P_g$  = the partial pressure of gas in the gas bulk at saturation, mm Hg.

q = the flow rate

RBC = Rotating Biological Contactor

r = the frequency of renewal of the solute of the concentration C with  $C_s$  on the film exterior.

$r_d$  = the rate of substrate degradation ,  $\text{hr}^{-1}$

S = the specific surface =  $\frac{\text{surface area of media}}{\text{volume of media}}$

SS = suspended solids , mg/l

S(L) = the suspended solids concentration , mg/l

Tot-N = Total Kjeldahl Nitrogen =  $\text{Org-N} + \text{NH}_3\text{-N}$  ; mg/l

$t$  = time , sec.

$V$  = the volume of liquid bulk ; the volume of the stage ;  $\text{cm}^3$

$V_m$  = the volume of the contact media.

Vol. loading = volumetric loading

$$= \frac{\text{influent organic matter}}{\text{volume of net aerobic chamber-day}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3\text{-d}}$$

$V_t$  = the volume of the tank

$X$  = the microorganism concentration , mg/l

$Y_g$  = the gas film thickness , cm.

$Y_L$  = the liquid film thickness , cm.

$\alpha$  = the oxygen transfer efficiency

$\beta$  = the coefficient of aeration

$\theta$  = the detention time

$\delta$  = the slime thickness through which oxygen and substrate mass transfer is not limiting , cm.