การทำความสะอาดน้ำที่ล้างรถแล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยการกรอง

นายสมศักดิ์ เอกเวชวิท

005320

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2520

i 17791017

RECLAMATION OF AUTOMOBILE WASHED WATER BY FILTRATION

Mr. Somsak Ekvetchavit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

Thesis Title	RECLAMATION OF AUTOMOBILE WASHED WATER BY FILTRATION
By	MR. SOMSAK EKVETCHAVIT
Department	SANITARY ENGINEERING
Thesis Adviser	PROFESSOR SURIN SETAMANIT Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree.

Visid Prachuabmoh ..... Dean of Graduate School

(Professor Visid Prachuabmoh Ph.D.)

Thesis Committee

Aroon Sorathesn ..... Chairman

(Professor Aroon Sorathesn Hon.D.Eng.(Chula)

Surin Setamanit ..... Member

(Professor Surin Setamanit Ph.D.)

Sutchai Champa ..... Member

(Associate Professor Sutchai Champa M.S.)

Sawasdi Dharmikarak ..... Member

(Associate Professor Sawasdi Dharmikarak M.S.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำความสะอาดน้ำที่ล้างรถแล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยการกรอง
ชื่อนิสิต นายสมศักดิ์ เอกเวชวิท
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต
แผนกวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา ๒๕๒๐

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับการทำความสะอาดน้ำที่ล้างรถแล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งวิธีการทำความสะอาดน้ำดังกล่าวจะอำนวยประโยชน์ได้หลายประการทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำของสถานีบริการเอง ช่วยสงวนน้ำบาดาลอันเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติไว้ใช้ในการณ์ที่จำเป็น อีกทั้งยังช่วยลดการทำงานของโรงกำจัดน้ำโสโครกของเทศบาลด้วยเพราะมิต้องทำการกำจัดน้ำที่ล้างรถแล้วเป็นจำนวนมากซึ่งปกติจะระบายลงสู่ทางระบายน้ำสาธารณะจากสถานีบริการทั่วกรุงเทพ-มหานคร กรรมวิธีการกรองโดยใช้ขี้เถ้าแกลบเป็นชั้นกรองก็เป็นการทำความสะอาดน้ำที่ล้างรถแล้ววิธีหนึ่ง ซึ่งปรากฏว่าสามารถกรองโดยน้ำดังกล่าวมิต้องผ่านกรรมวิธีอื่นใดมาก่อนเลยและยังกรองได้น้ำที่มีคุณภาพทางด้านความขุ่นและ pH อยู่ในระดับที่นำกลับมาใช้ล้างรถได้อีกด้วย การกรองน้ำที่ล้างรถแล้วซึ่งโดยปกติมีค่าความขุ่นอยู่ในช่วง 60-100 JTU โดยใช้ขี้เถ้าแกลบเป็นชั้นกรองนั้น อัตราการกรองที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.25 ลบ.ม./ตร.ม./ชม. ความหนาของชั้นกรองที่เหมาะสมที่สุดคือ 80 ซม. และระยะการใช้งานที่เหมาะสมที่สุดก่อนทำความสะอาดชั้นกรองคือ 152 ซม. กรรมวิธีกรองน้ำด้วยเงื่อนไขดังกล่าวยังสามารถกรองได้น้ำล้างรถที่มีคุณภาพทางด้านความขุ่นและ pH อยู่ในระดับมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกอีกด้วย กล่าวคือน้ำที่ผ่านการกรองนี้จะมีค่าเฉลี่ยความขุ่นเท่ากับ 0.78 JTU ค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.28 และยังมีประสิทธิภาพในการกรองความขุ่นถึงร้อยละ 99.04 โดยเฉลี่ย

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำของระบบเดิมคือระบบใช้น้ำประปาหรือใช้น้ำบาดาลในการล้างรถ กับระบบใหม่คือระบบกรองน้ำที่ล้างรถแล้ว

เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ที่อัตราการใช้น้ำ 20,40,60, และ 80 ลบ.ม./วัน ปรากฏว่าระบบใหม่นั้นดีกว่าระบบเก่าอย่างชัดแจ้ง ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตน้ำของระบบใหม่ที่อัตราการใช้น้ำดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 1.15, 0.67, 0.51 และ 0.42 บาท/ลบ.ม. ตามลำดับ และเฉพาะค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตมีค่าเท่ากับ 0.61, 0.40, 0.31 และ 0.25 บาท/ลบ.ม.ตามลำดับ อนึ่งการแปรสภาวะของระบบใหม่นี้เพียงตัวใดตัวหนึ่งก็จะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำ ซึ่งตัวแปรที่จะมีผลกระทบมากที่สุดคือปริมาณการดำเนินงานของระบบนี้ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะดำเนินงานระบบนี้เพียงร้อยละ 40 ก็ยังสามารถผลิตน้ำด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบเดิมอยู่นั่นเอง จากการณ์นี้จะช่วยสนับสนุนความพยายามที่จะใช้ระบบทำความสะอาดน้ำที่ล้างรถแล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ แทนระบบเดิมต่อไปในอนาคตได้อย่างดียิ่ง.

Thesis Title RECLAMATION OF AUTOMOBILE WASHED WATER BY FILTRATION

Name MR. SOMSAK EKVETCHAVIT

Thesis Adviser PROFESSOR SURIN SETAMANIT Ph.D.

Department SANITARY ENGINEERING

Academic Year 1977

ABSTRACT

Reclamation of automobile washwater for reuse not only will help relieve the burden of water expenditure of a service station but will also help preserve natural groundwater resource for other needs of more importance. The loads of wastewater on municipal sewage treatment plants can also be relieved since service stations are major water consumers and, as a result, they are major "wastewater producers". A filtration process using burnt rice husk as a filter medium, was developed to serve the reclamation purposes. It was found effective even though no kinds of pretreatment were provided, at least as far as turbidity and pH were concerned. For washwater of ordinary range of turbidity, that is, between 60 and 100 JTU, the optimum filtration rate of the process was found to be equal to 1.25 $m^3/m^2/hr$, the optimum depth of media being 80 cm and the optimum duration of run to produce 1.2 m of head loss being 152 hours. The filtration process even produced an effluent of quality matching drinking-water standards, as far as turbidity and pH were concerned: the average effluent turbidity was 0.78 JTU and the average effluent pH was 7.28 . The efficiency of turbidity removal was found to be 99.04 % averagely.

Comparisons between the existing systems and the Reclamation System at the capacities of 20, 40, 60 and 80 m^3/day showed an evidence of superiority of the Reclamation System regarding the total unit production costs. The total unit

production costs of the Reclamation System at each capacity were equal to 1.15, 0.67, 0.51 and 0.42 ฿/m^3 respectively, whereas its corresponding operating costs were equal to 0.61, 0.40, 0.31 and 0.25 ฿/m^3 respectively. The most important factor affecting the total unit production cost was the percentage of operation. However, even if the percentage of operation was reduced to only 40 %, the superiority of the reclamation process was still unaffected. This evidence will surely help encourage the attempt to reclaim used wash-water for reuse in future.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his gratitude to his thesis adviser, Professor Dr.Surin Setamanit for his valuable guidance and advice during the course of this research. He is also indebted to the Metropolitan Water Works Authority for their kindness given to him in lending water meters to be used in the research, and to all the service stations the names of which appear in this thesis for their cooperation.

Sincere thanks are due to Mr. Chaweng Chusri and Mr. Tospone Tiparos for their suggestions and assistance, to Mr. Preecha Kokilavatee for preparing the illustrations, and to all friends who have helped in preparing and typing the manuscript.

Finally, he wishes to express his thankfulness to his parents' moral support and his wife 's encouragement.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Title Page	i
	Thesis Approval	iii
	Abstract in Thai	iv
	Abstract in English	vi
	Acknowledgements	viii
	Table of Contents	ix
	List of Tables	xii
	List of Figures	xv
I	INTRODUCTION	1
	Purposes of Research	5
	Scope of the Research	6
II	LITERATURE REVIEW	9
	Historical Reuse of Reclaimed Wastewater	9
	Experiments on Filtration Using Local Materials	10
III	THEORETICAL CONSIDERATIONS	12
	Wastewater Reclamation and Reuse	12
	Wastewater Reclamation by Filtration	13
	Introduction	13
	Mechanisms of Filtration	14
	Factors Affecting the Filtrate Quality	18
	Factors Affecting the Filter Run	19
	Filtration Rate	19
	Parameters that Will Predict Filter Performance	20

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS (CONT'D)

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Alternative Media for Slow Sand Filter Performance	21
	Properties of Burnt Rice Husk	22
IV	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	24
	Determination of Water Quality Used for Automobile-wash Business	24
	Determination of Automobile Washwater Consumption of Service Stations	24
	Design of Experimental Filter	27
	Design of Experiments	28
	Materials and Equipment Utilized	37
	Procedure and Analytical Methods	39
V	EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION	41
	Water Quality Requirement for Automobile-wash Business	41
	Washwater Before Use	41
	Washwater After Use	42
	Summary of Conclusion	42
	Washwater Consumption for Automobile	45
	Service Station 1	46
	Service Station 2	48
	Service Station 3	48
	Service Station 4	49
	Summary of Conclusion	49
	Experimental Filtration Tests	49
	Run Series I: Experimental Study of the Performance of the Burnt Rice Husk, as a Filter Media, at Various Filtration Rates	50
	Summary Conclusion of Run Series I	55

TABLE OF CONTENTS (CONT'D)

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Run Series II: Experimental Study of the Burnt Rice Husk, as a Filter Media, at Different Depths	71
	Summary Conclusion of Run Series II	73
VI	ECONOMIC CONSIDERATIONS	86
	Design of the Reclamation System	86
	Comparison of the Existing Systems and the Reclamation System	95
	Cost Analysis of Water Supply Source System	96
	Cost Analysis of Ground Water Source System	98
	Cost Analysis of the Reclamation System	99
	Sensitivity Analysis and Providing the Guide Cost of the Reclamation System	100
	Results and Discussion	103
[I	CONCLUSIONS	130
[I	RECOMMENDATIONS FOR FUTURE WORK	135
	REFERENCES	137
	APPENDIX	141
	VITA	191

LIST OF TABLES

TABLE	TITLE	PAGE
1	Statistics of Registered Vehicles in Bangkok and Thonburi of the Fiscal years 1967 and 1976	2
2	General Features and Design Parameters of Slow-Sand Filters	15
3	Schedule of Test Runs in Run Series I	36
4	Schedule of Test Runs in Run Series II	36
5	Characteristic of Automobile Washed Water at Various Service Stations	43
6	Summary of Washwater Consumption for Automobile at Various Service Stations	47
7	Head Loss of Filter at Filtration Rate 2.5, 1.25 and 0.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	56
8	Turbidity of Influent and Effluent Water at Filtration Rate 2.5, 1.25 and 0.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	58
9	pH of Influent and Effluent Water at Filtration Rate 2.5, 1.25 and 0.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	60
10	Summary of Results in Run Series I	62
11	Head Loss of Filter at Depth of Media 80, 60 and 40 cm;Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$	74
12	Turbidity of Influent and Effluent Water at Depth of Media 80, 60 and 40 cm, Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$	76

LIST OF TABLES (CONT'D)

TABLE	TITLE	PAGE
13	pH of Influent and Effluent Water at Depth of Media 80, 60 and 40 cm, Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$	77
14	Summary of Results in Run Series II	78
15	Filter Descriptions of Various Groups of Service Stations	90
16	Typical Capital Cost Components of Various Systems	101
17	Monthly Operating and Maintenance Cost Components of Various Systems	102
18	Annual Cost and Unit Production Cost Based on Total Cost of Various Systems	106
19	Selection of System Based on Unit Production Cost at Various Capacities	110
20	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Equipment Lifes (i = 8%)	116
21	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Percents of Operation (i = 8% , n = 30 years)	118
22	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Maintenance Costs (i = 8%, n = 30 years)	120

LIST OF TABLES (CONT'D)

TABLE	TITLE	PAGE
23	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Interest Rates (n = 30 years)	122
24	Unit Procuction Cost at Break Even Points of Reclamation System	124
25	Total Unit Production Cost of Various System at Each Condition	128
26	Total Unit Production Cost of Reclamation System Obtained from Changing Each Variable of the Condition	129

LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
1	Sets of Meters, on Loan from the Metropolitan Water Works Authority	25
2	Meter Set-up at DAO RACHAWAT	25
3	Position of Meter at the Tank	26
4	Detail of Experimental Filter	29
5	Detail of Feeding Tank	30
6	Detail of Constant Head Tank; Effluent Weir Box & Clear Water Tank	31
7	Experimental Set-up of Filter Unit	32
8	Lay-out of the Experimental Filtration	33
9	Experimental Filter Set-up at the Service Station (P. SAPAN LUENG)	34
10	Schematic Detail of Raw Water Flow from the Grease Trap	35
11	Hach Laboratory Turbidimeter Model 1860A	38
12	Orion Research Model 701/ Digital pH Meter	38
13	Bed Penetration in Burnt Rice Husk	40
14	Average Turbidity of Washwater from 20 Service Stations at Different Times	44
15	Filter Performance at Filtration Rate 2.5 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	63

LIST OF FIGURES (CONT'D)

FIGURE	TITLE	PAGE
16	Filter Performance at Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	64
17	Filter Performance at Filtration Rate 0.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 80 cm	65
18	Comparison of Head Loss at Filtration Rate 2.5, 1.25 and 0.25 $m^3/m^2/hr$	66
19	Comparison of Influent and Effluent at Filtration Rate 2.5, 1.25 and 0.25 $m^3/m^2/hr$	67
20	Comparison of Total Turbidity Removed at Various Filtration Rates	68
21	Relation of Amount of Water Filtered Versus Filtration Rates of Burnt Rice Husk	69
22	Comparison of Duration of Run at Different Filtration Rates	70
23	Filter Performance at Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 60 cm	79
24	Filter Performance at Filtration Rate 1.25 $m^3/m^2/hr$, Depth of Media 40 cm	80
25	Comparison of Head Loss at Depth of Media 80, 60 and 40 cm	81
26	Comparison of Influent and Effluent at Depth of Media 80, 60 and 40 cm	82

LIST OF FIGURES (CONT'D)

FIGURE	TITLE	PAGE
27	Comparison of Total Turbidity Removed at Various Depths of Media	83
28	Comparison of Amount of Water Filtered at Various Depths of Media	84
29	Comparison of Duration of Run at Various Depths of Media	85
30	Lay - out of Reclamation System	87
31	Detail of Filter Arrangement	91
32	Details of Underdrainage of Filter Tanks	92
33	Structural Details of Various Sizes of Filter Tank	93
34	Structural Details of Various Sizes of Raw Water Tank	94
35	Configuration of Various Systems to Supply Washwater for Automobile	97
36	Annual Cost of each System at Various Capacities	107
37	Total Unit Production Cost of each System at Various Capacities	108
38	Total Unit Production Cost Higher than Reclamation System of each System at Various Capacities	109

LIST OF FIGURES (CONT'D)

FIGURE	TITLE	PAGE
39	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Equipment lifes	117
40	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Percents of Operation	119
41	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Maintenance Costs	121
42	Total Unit Production Cost of Reclamation System at Various Interest Rates	123
43	Break Even Chart Based on Total Cost of Reclamation System	125
44	Break Even Chart Based on Operating Cost of Reclamation System	126
45	Total and Operating Unit Production Cost of Reclamation System at Various Capacities	127