



PORCELANITE ROCKS AS A DUAL FILTER MEDIA IN WATER TREATMENT PLANTS

Dr. Awatif Soaded Al-Saqqar
Civil Engineering Department
College of Engineering
University of Baghdad

Batool Mohammed Al-Bayat
Civil Engineering Department
College of Engineering
University of Baghdad

ABSTRACT

Porcelanite rocks were selected to be the dual media with sand in this study to improve the performance of the filtration process in water treatment plants. The work required installing a pilot filtration unit in the location of the filters in one of the water treatment plants, so the experimental work was performed on the same influent water of the filters in the plant (the effluent from the sedimentation tank). The pilot filtration consists of three plastic column filters, working parallel and simultaneously. The first contains 70 cm sand (the same type used in the filters of the plant), the second and third were dual filters (porcelanite with sand) of different depths and sizes using different filtration rates (5, 10, and 15 m/hr). The results showed that the dual filters had better performance than sand filters in turbidity and bacterial removal, less initial head losses and less total head losses at different filtration rates.

الخلاصة

اختيرت صخور البورسيلينايت لتكون وسط ثنائي مع الرمل في هذه الدراسة لتحسين أداء عملية الترشيح في مشاريع تصفية المياه. تطلب العمل إنشاء منظومة ترشيح في موقع المرشحات لأحدى محطات التصفية، لإجراء العمل التجريبي على نفس الماء الداخل لمرشحات المحطة (الماء الخارج من حوض الترسيب) بتكون المنظومة من ثلاث أعمدة ترشيح تعمل بشكل متوازٍ وفي آن واحد بحيث احتوى الأول على ٧٠ سم من الرمل (نفس الرمل المستخدم في المرشحات للمحطة)، والثاني والثالث مرشحات ثنائية تحتوي على البورسيلينايت والرمل بأعماق وأحجام مختلفة وباستخدام معدلات ترشيح (٥، ١٠ و ١٥) م/ساعة. أظهرت النتائج بأن المرشحات الثنائية كفوءة لإزالة العكورة والبكتيريا، أقل في خسائر الشحنة الابتدائية وأقل في خسائر الشحنة الكلية لمختلف معدلات الترشيح.

KEY WORDS

porcelanite rocks, dual filter, filtration, water treatment plants.

INTRODUCTION

Filtration is the most common process for the treatment of surface water, it is the fundamental system in a water treatment process train. Filtration removes suspended solids, including microorganisms such as *Cryptosporidium* oocysts, *Giardia* cysts, and Parasite eggs, (Kawamura, 1999). Dual media filters offer the advantage of less head losses, a greater capacity for retaining suspended solids, and less emphasis head be placed on settle ability of suspended matter, but greater emphasis on coagulation is required than for rapid sand filters to obtain the same filtered water quality, (Tuepker & Buescher, 1968).

Al-Anbari, (1997) selected suitable and durable locally filter media. He tested lightweight materials like [porcelanite rocks (PR) and burnt kaolinite (BK)], and a heavy weight media like [geothite rocks (GR)]. For single media filter, porcelanite (PR) and kaolinite (BK) gave better results in turbidity removal efficiency (TRE %) and net water product (NWP) value (m^3/run) than sand medium. This was because of their higher porosity and angular grain surface textures. Also for dual media filter PR and BK showed the same conclusions in (TRE %), (NWP), increase in length of filter run, and lower head loss accumulation.

Al-Ansary, (1998) evaluated the performance of a locally porcelanite rocks (PR) as a filter media in the treatment of water supplies. The results showed that the PR filter is more effective in turbidity removal, more length in filter run, and less head loss during filtration nearly by (40%).

Al-Auraji, (2003) made a research to improve the performance of the filters of Al-Daura water treatment plant by using locally materials such as porcelanite rocks (PR) and burnt kaolinite (BK) as well as anthracite. The results showed that dual media filter gave better water quality, lower head losses, and longer filter running time than single sand filters.

PORCELANITE ROCKS

Porcelanite rocks in Iraq, are from an industrial bed of (0.5 to 1.3 m) thickness in the Safra, and Trafawi site of the Jeed formation in Al-Rutba region, western of Iraq. Rocks of these deposits are composed of medium ordered crypto and microcrystalline opal-CT, associated with authigenic quartz, carbonates, clay minerals, halite, and apatite. Porcelanite rocks are largely composed of sponge spicules (pores) and some other siliceous micro fossils (diatoms and radiolarian) as well as silicified foraminifera and nannoplankton, (Mohammed, 1993^{Arabic}).

Abed-Ohn, (2003)^{Arabic} showed the high efficiency of porcelanite to extract ions of heavy metals (Fe, Zn, Cr, Cu, Ni, Co, Cd, Pb, Mn) from water, and lowering their concentrations to less than the environmental limits. This was achieved when using porcelanite of granular size (0.15 to 0.25 mm). The adsorption capacity of porcelanite is due to the large surface area within the composition of cristobalite and tridymite. Some of the chemical and physical analysis for the porcelanite samples is shown in Table (1).

Table (1) Chemical and physical analysis for the porcelanite samples of Traifawi site H₃

Chemical Composition	SiO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	L.O.I
%	83.57	0.62	4.45	0.01	1.82	1.46	0.5	0.16	0.22	5.9
Specific gravity (SG)	Range for 5 Sample				Average (SG)			Recommendation		
	1.5-1.61				1.554			Ok		
Porosity					0.52					

THE PILOT FILTRATION UNIT

Fig.(1) is a schematic representation of the pilot filtration unit that was installed in the location of the filters in Al-Wathba Water Treatment Plant. The pilot filtration unit consists of: a galvanized cylindrical tank of capacity 500 L was set at a distance of (3 m) above ground level to achieve the required head of flow; three plastic columns were designed and constructed to run in parallel with down flow direction, these columns are (10 cm) in diameter according to (Robeck & Woodward, 1959) and



(AWWA Manual, 2000) and (180 cm) in length. The arrangement of layers for the three down flow filters are shown in fig.(2).

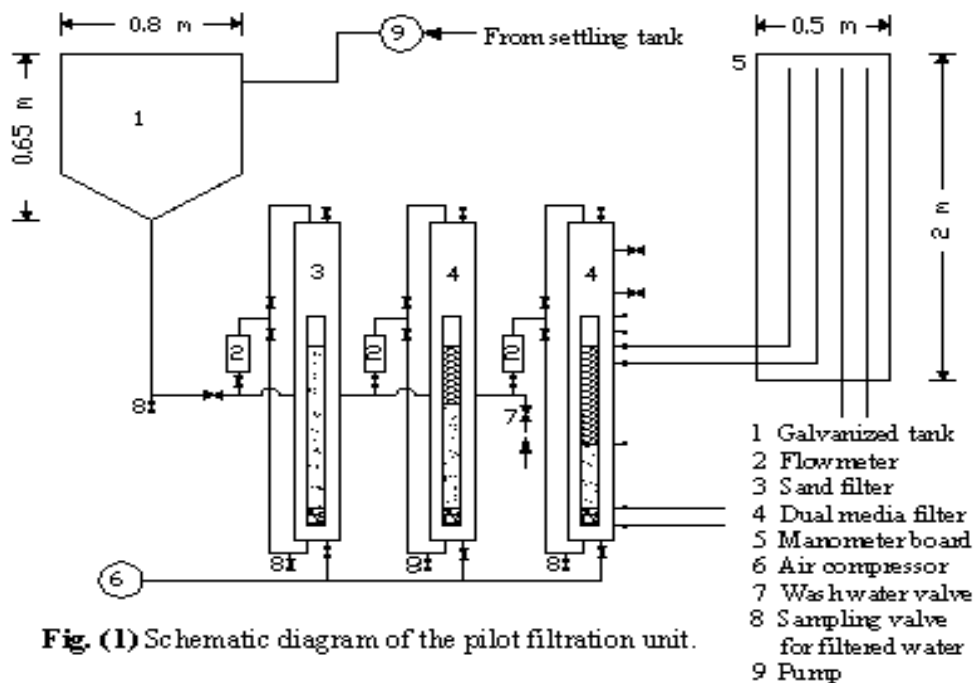


Fig. (1) Schematic diagram of the pilot filtration unit.

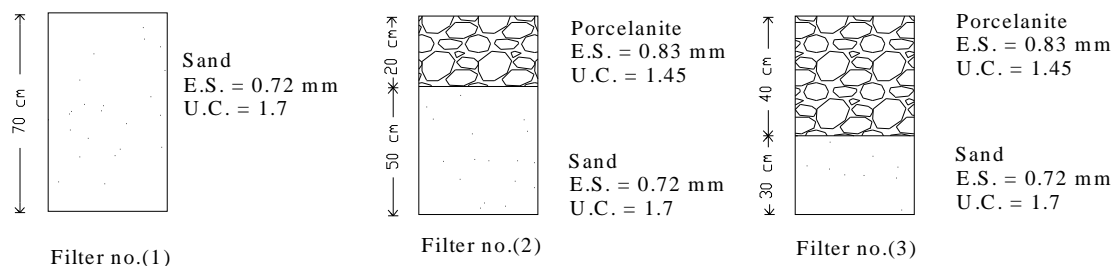


Fig.(2) Arrangement of layers of filter columns

EXPERIMENTAL WORK

Nine runs were operated as down flow filtration in order to compare the performance of the sand filter and dual filters.

RESULTS**Turbidity Removal**

Tables (2) summarizes turbidity removal efficiency for each run. It could be observed from this table that the three filters were efficient in turbidity removal, in filter no.(1) the removal efficiency ranged (82 to 95 %) as for filter no.(2) it ranged (82 to 96 %) and in filter no.(3) it was (83 to 95%). At the same period and under the same operation conditions the filters of the plant showed a turbidity removal ranging between (79-97%) as shown in table (3). So the dual filters performed within the same range as of the filters of the plant for turbidity removal.

Fig. (3) to (5) show the changes in turbidity with time. As shown from these figures, the turbidity decreased with time through the filtration run and the turbidity of the treated water in all runs was less than 3.2 NTU. All the filters gave similar removal efficiency for turbidity.

Table (2) Turbidity removal efficiency for the three filters.

Run No.	Filtration Rate (m/hr)	Average influent turbidity (NTU)	Average effluent turbidity (NTU)		
			Turbidity removal efficiency (%)		
			Filter No. (1)	Filter No. (2)	Filter No. (3)
1	5	10.67	0.554	0.46	0.5
			95	96	95
6		13.71	0.95	1.04	1.06
			93	92	92
7		10.31	1.41	1.38	1.29
			86	87	87
3	10	7.49	0.73	0.7	0.71
			90	91	91
5		7.9	0.8	0.81	0.96
			90	90	88
8		15.5	2.86	2.85	2.7
			82	82	83
2	15	6.33	0.62	0.43	0.46
			90	93	93
4		8.25	0.85	0.83	0.87
			90	90	90
9		10.95	1.64	1.51	1.59
			85	86	85

Table (3) Turbidity removal efficiency of filter no. (1) and the filters of the plant

Run No.	Influ. Turb. (NTU)	Effluent turbidity (NTU)				
		Turbidity removal efficiency (%)				
		Filters of the plant				Filter No. (1) of the pilot unit
		Filter No. (2)	Filter No. (4)	Filter No. (6)	Filter No. (8)	
1	7	1.5	0.5	0.5	2.5	0.3



		79	93	93	64	96
6	23	0.7	0.6	0.6	1.7	1.2
		97	97	97	93	95

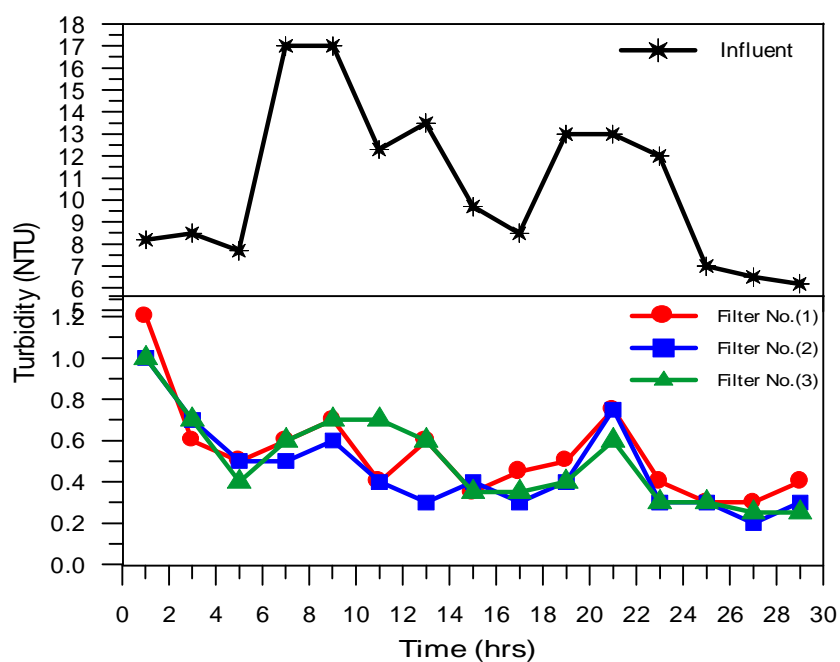


Fig.(3) Influent and effluent turbidity with time, filtration rate = 5 m/hr, Run No. (1).

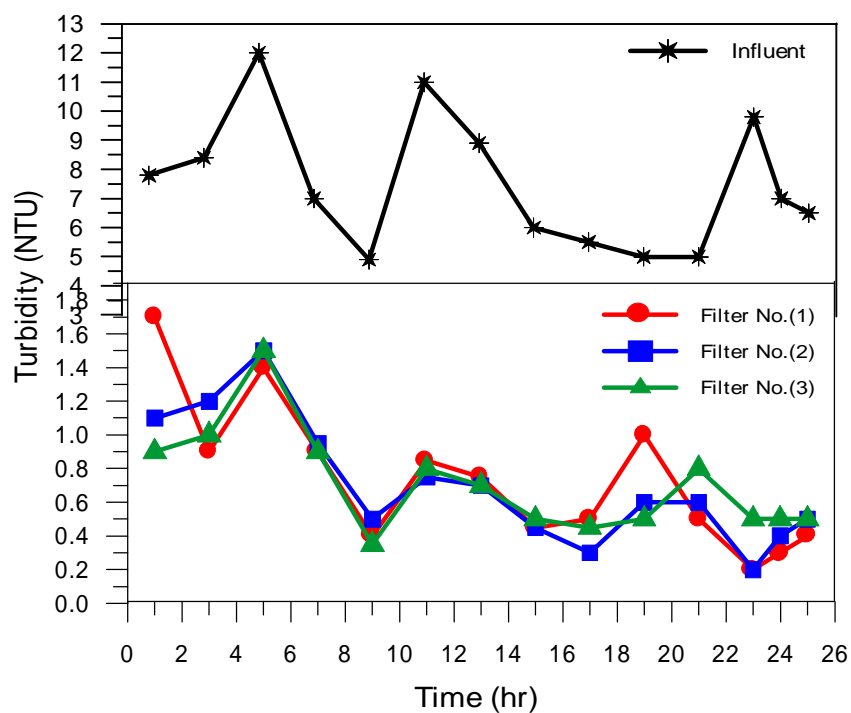


Fig. (4) Influent and effluent turbidity with time, filtration rate = 10 m/hr, Run No. (3).

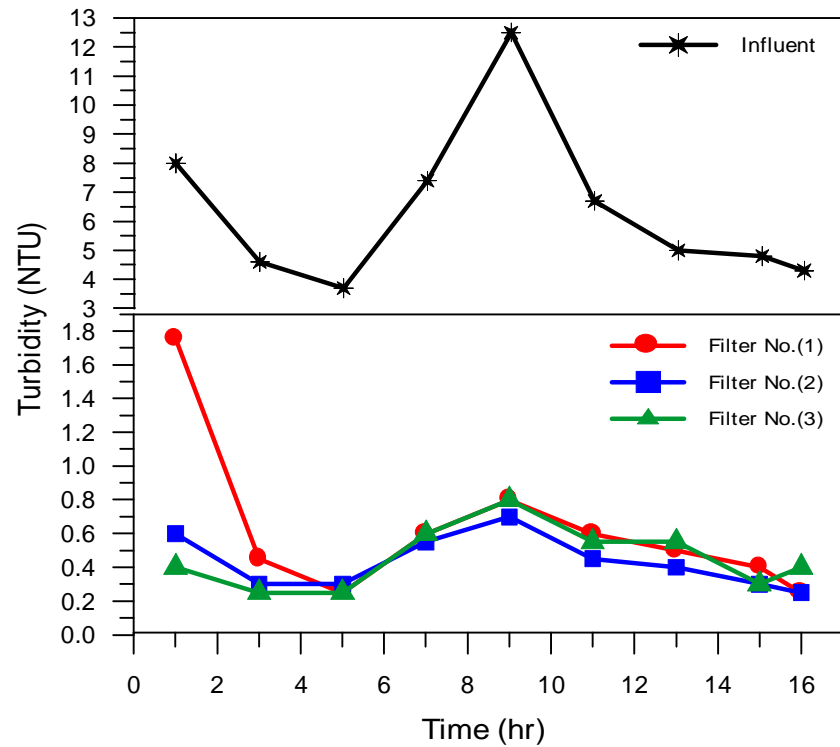


Fig. (5) Influent and effluent turbidity with time, filtration rate = 15 m/hr, Run No. (2).

Effect of Filtration Rate on the Turbidity Removal

The experimental work showed that the turbidity removal efficiency reduced when the filtration rate increased. From fig. (6) the three filters had approximately the same efficient in turbidity removal at different filtration rates.

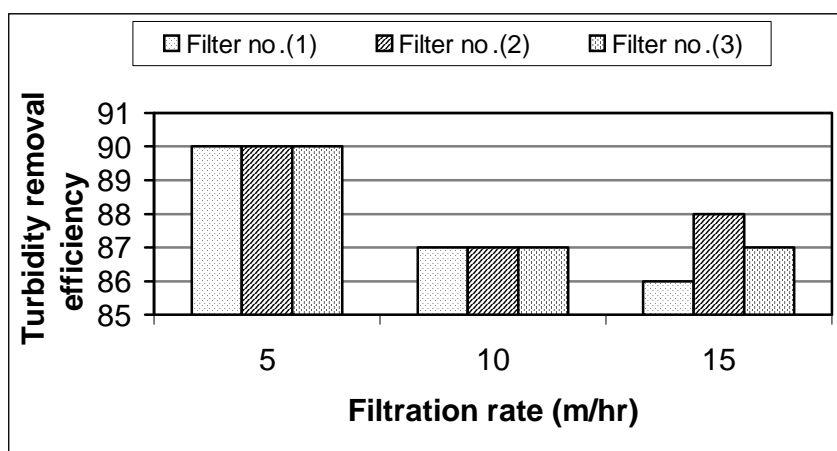


Fig.(6) Average turbidity removal efficiency at different filtration rates for the three filters

Head Loss through Filters

Initial Head Loss

The average value of the initial head losses for the filters are shown in table (4). Filter no. (1) showed the highest value in initial head loss for all filtration runs. The dual filter No. (1) showed the less initial head losses. The initial head losses increased when the filtration rate increased.

Table (4) Average initial head loss for the three filters

T °C	Filtration rate m/hr	Initial head loss (cm)		
		Filter No. (1)	Filter No. (2)	Filter No. (3)
14	5	14	11	9
16	10	28	20	18
16	15	38	31	27

Head Loss Variation with Time

Fig. (7) to (9) show the variation in the head loss with time at different depths for each filter. For the same volume and quality of water passing through the filters, sand filter no. (1) showed the higher head loss at different depths. This phenomenon is due to the high porosity of porcelanite compared with sand, sustaining a greater load of sediments with lower head losses and the removal is confined within the top layers of the filters.

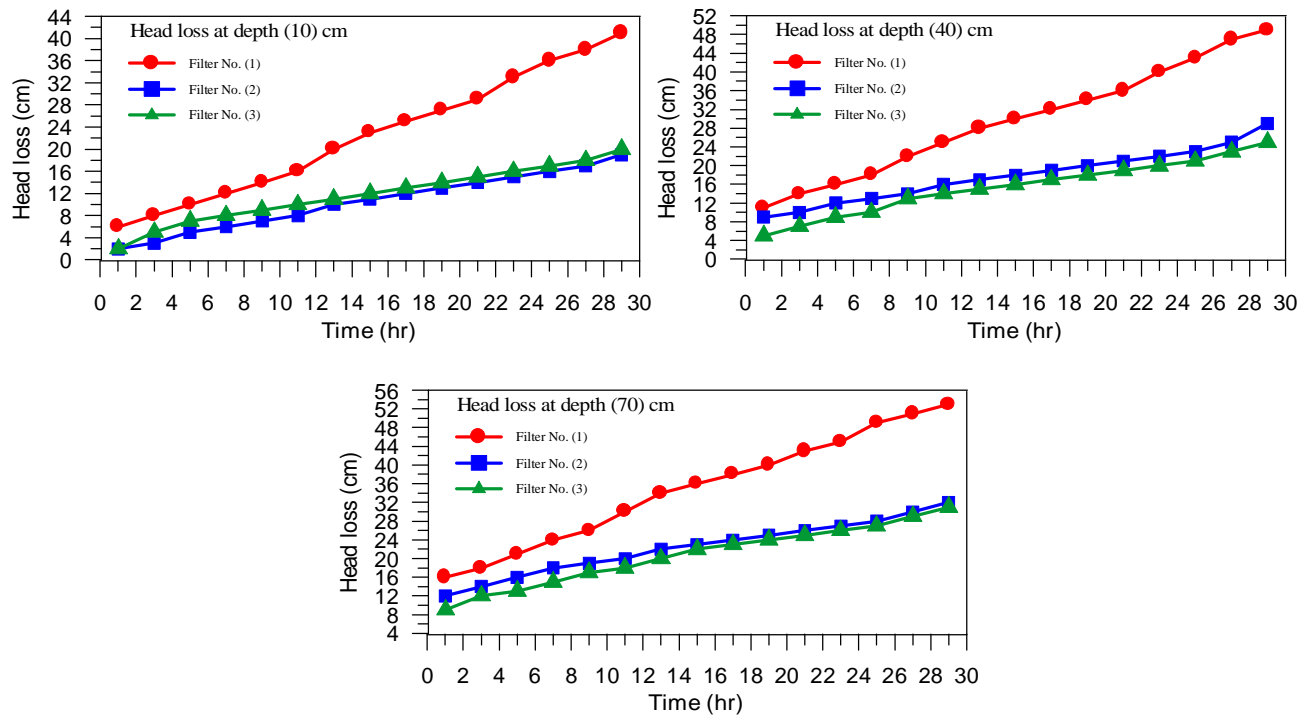


Fig. (7) Head loss verses time at different depths, filtration rate = 5 m/hr

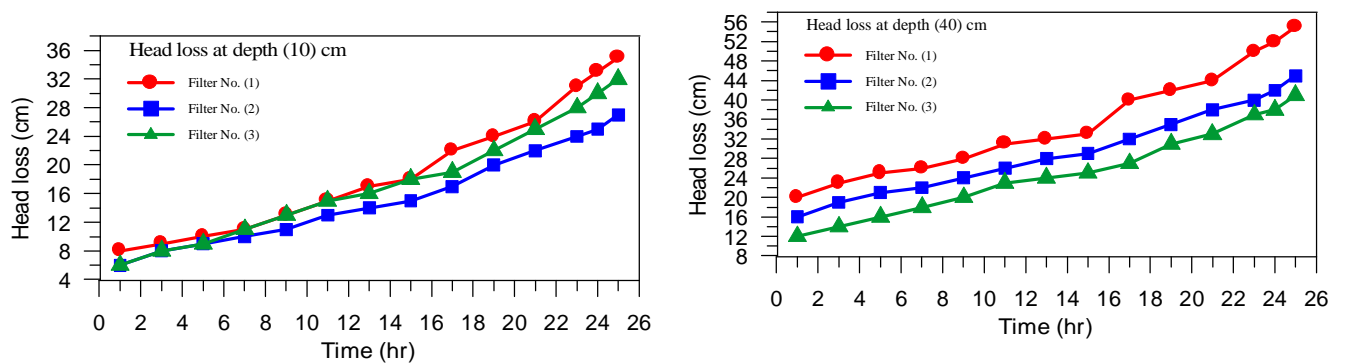


Fig. (8) Head loss verses time at different depths, filtration rate = 10 m/hr

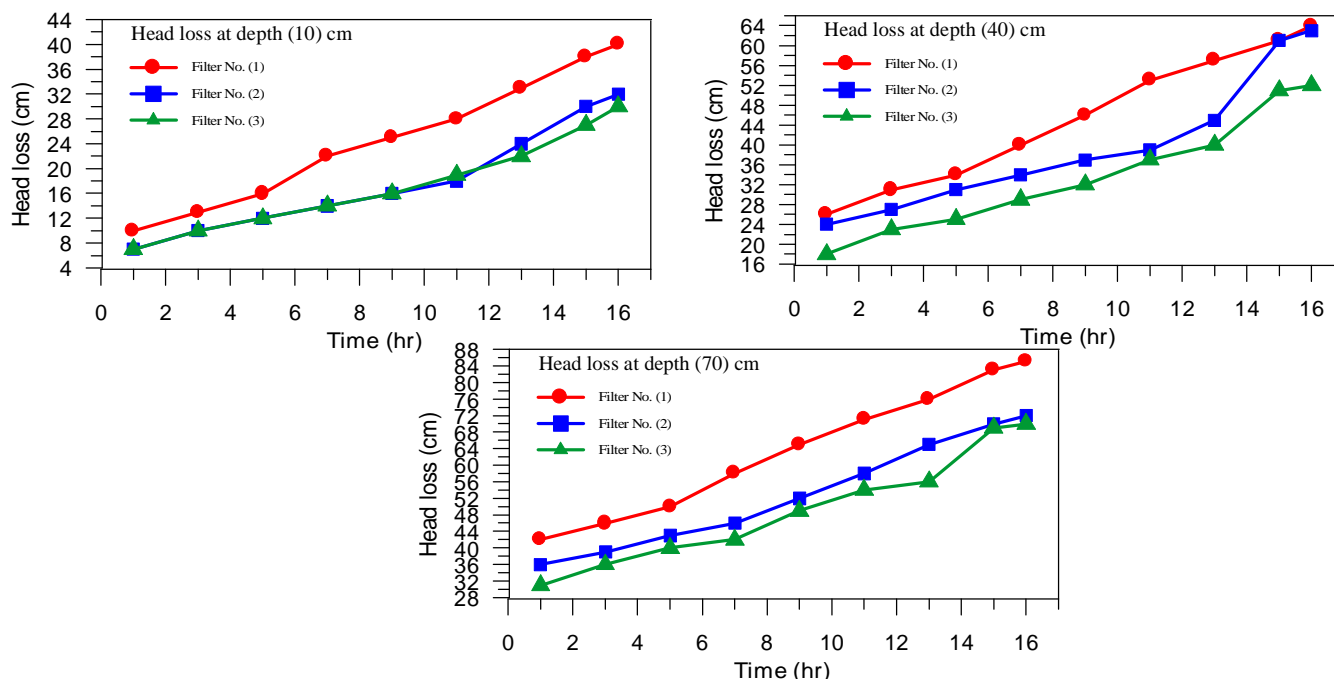


Fig. (9) Head loss verses time at different depths, filtration rate = 15 m/hr

Fig. (10) shows the effect of different filtration rates on the head loss in each filter. It is clear that, increasing the filtration rate will increase the head losses in the tests filters. The dual filters show less head losses then sand filter which is clear in table (5). The head loss in filter no.(2) is (15 to 43 %) lower than that in the sand filter and filter no.(3) is (18 to 46 %) lower.

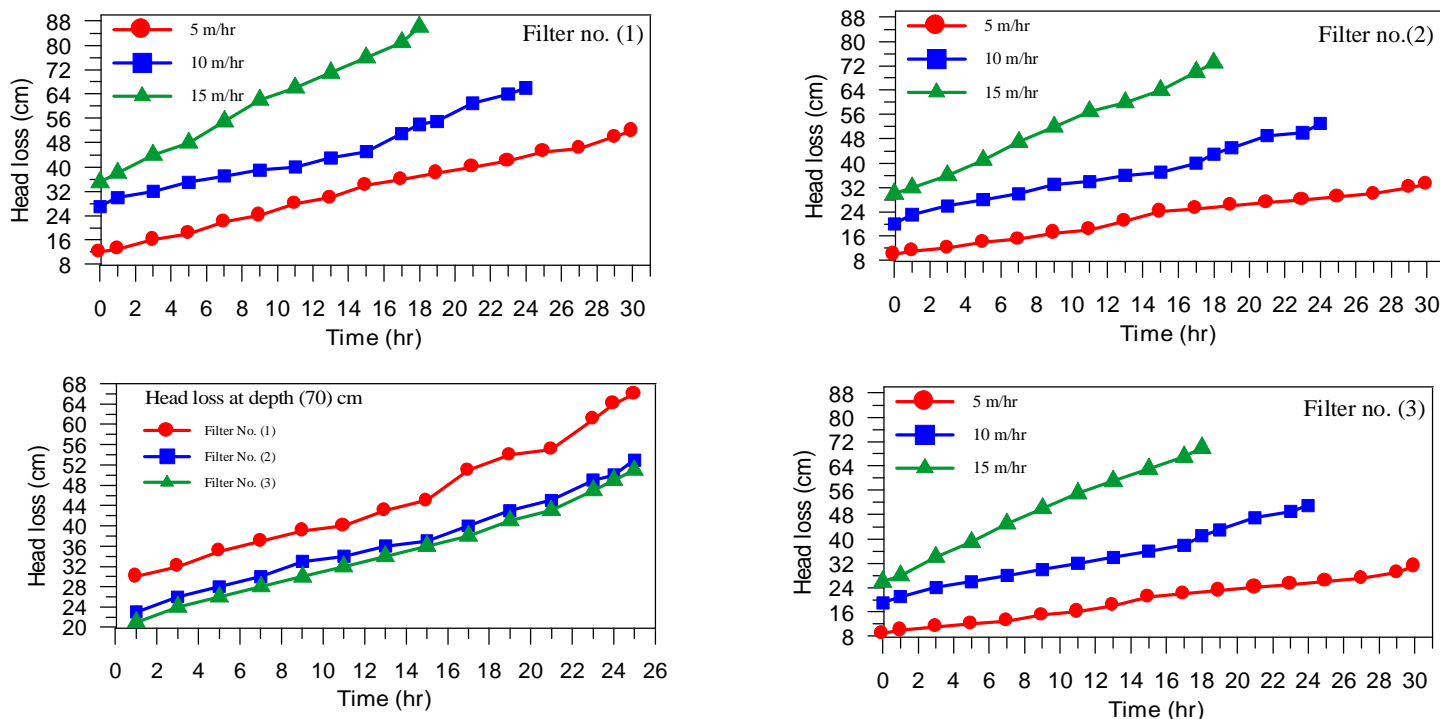


Fig. (10) Head loss verses time at different filtration rate

Bacterial Removal

Table (6) shows the average bacterial removal efficiency for the three filters. It is clear that the dual filters (2 and 3) gave higher removal efficiency than the sand filter for all filtration rates through out the experimental work.

The average bacterial removal efficiency for the three filters decreased slightly when the filtration rate increased.

Table (5) Head loss for the three filters

Run No.	Filtration rate m/hr	Run time (hr)	Head loss at the end of run (cm)			% Reduction compared to filter no. (1)	
			Filter No. (1)	Filter No. (2)	Filter No. (3)	Filter No. (2)	Filter No. (3)
1	5	29	53	32	31	60	58
2	15	16	85	72	70	85	82
3	10	25	66	53	51	80	77
4	15	18	86	73	70	85	81
5	10	16.5	70	54	50	77	71
6	5	30	52	33	31	63	60
7	5	8	27	19	16	70	59
8	10	8	45	34	32	76	71
9	15	8	96	55	52	57	54

Table (6) The average bacterial removal efficiency for the three filters

Filtration rate m/hr	Plate count removal efficiency %		
	Filter No. (1)	Filter No. (2)	Filter No. (3)
5	77	83	88
10	68	73	74
15	68	73	74



CONCLUSIONS

This study introduced a dual filter to improve the performance of the filters in water treatment plants. To approach this aim a local material known as porcelanite was used as the dual filter. From the experimental work of the pilot filtration unit this filter gave the following results:

- 1- The dual filters were efficient in turbidity removal as in sand filters. The turbidity of the treated water was less than 3 NTU when using different filtration rates (5, 10, and 15 m/hr). The maximum turbidity removal efficiency for the sand was 95 % and for dual filters 96 % at 5 m/hr filtration rate.
- 2- The initial head losses increased when the filtration rate increased and the dual filter showed less initial head losses than sand filters about (21 to 29%) at different rates.
- 3- The total head loss in the dual filters was about (15 to 46 %) lower than that for sand filters at filtration rates (15 to 5 m/hr), respectively. High filtration rates increased the head loss at different depths.
- 4- Bacterial removal efficiency was high, about 6 % more in the dual filters than in sand filters at filtration rate 5 m/hr. It decreased slightly when the filtration rate increased.

REFERENCES

- Al-Anbari, R. H., (1997). "Selected Alternatives for upgrading Existing Water Treatment Plants: a Quantitative and Qualitative Improvement", Ph. D. Thesis, University of Technology.
- Al-Ansary, H. A., (1998). "Purification of Water by using Porcelanite as a local material", M. Sc. Thesis, University of Technology.
- Al-Auraji, M. F., (2003). "The Capability of increasing the Capacity of Al-Daura Water Treatment Plant", M. Sc. Thesis, University of Technology.
- AWWA Manual of water supply practices-M37, (2000). "Operational Control of Coagulation and Filtration Processes", second edition.
- Kawamura, S., (1999). "Design and operation of high-rate filters", J.AWWA, Vol. 91, No. 12: (77-90).
- Kawamura, S., (2000). "Integrated Design and operation of Water Treatment Facilities", 2nd edition, John Wiley and Sons, New York.
- Robeck, G. G. and Woodward, R. L., (1959). "Pilot Plants for Water Treatment Research", J. Sanitary. Eng-ASCE, Vol. 85, No. SA4: 1.
- Tuepker, J. L. and Buescher, C. A., (1968). "Operation and Maintenance of Rapid Sand and Mixed-Media Filters in a Lime Softening Plant", J. AWWA, Vol. 94, No. 6: 1377. Site in reference 6.
- عبد عون، ميساء علي، (٢٠٠٣). تنقية المياه الصناعية الثقيلة في مطروحات قسم التكملة التابع للشركة العامة للصناعات القطنية باستخدام خامات محلية. رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بغداد.
- محمد، إبراهيم قاسم، (١٩٩٣). "معدنية وصخرية وبيئات الصخور الطينية والسيليسية في غرب العراق". رسالة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة بغداد.

WATER QUALITY INDICES FOR TIGRIS RIVER IN BAGHDAD CITY

PROF.Dr RAFA H. SH. AL Suhaili
Environmental Engineering Dep
Engineering University of Baghdad

NAWAR O.A. NASSER
Civil Engineering Dept. College of
College of Engineering University of
Baghdad

ABSTRACT

Due to the deterioration of water quality within the last few years because of the increase of water consumption and the waste water production and disposal into the river The water quality in both surface and ground water resources was negatively affected .The concept of water quality index is used as a tool for water quality classification in Tigris River within Baghdad City .Twenty two parameters of pollution were selected to measure the water quality indices of Tigris river within Baghdad city .Those parameters were measured during (2000-2004)as average monthly values ,three water treatment plants were selected out of the eight water treatment plants that exist along the river.Al Kharkh water treatment plant to reflect the water quality north of Baghdad ,Al Wathba water treatment plant to reflect water quality at the center and Al Rasheed water treatment plant located south of Baghdad to reflect the water quality at this area .The estimated water quality indices indicated that the river quality deteriorate south of Baghdad and the geological and hydrological conditions played the prime role relative to the agricultural and industrial activities within the catchments on the quality of Tigris river .Furthermore ,due to the continuous decrease of flow and the simultaneous increase in agricultural and industrial development with time ,the river showed a general deterioration in quality while the worst years were 2002,2003 due to the significant decrease in the amount of flow .

الخلاصة

نتيجة لتردي نوعية المياه خلال السنوات الاخيره بسبب زيادة استهلاك الماء وكذلك زيادة تصريف مياه المخلفات الى النهر ادى ذلك الى تردي نوعية المياه السطحيه والجوفيه .لذلك تم استخدام مؤشر نوعية المياه كوسيله لتصنيف نوعية مياه نهر دجله في مدينة بغداد ,فقد تم اختيار اثنين وعشرين عنصر من عناصر التلوث وقياس معدل تراكيزها الشهريه خلال السنوات 2004-2000 فقد تم اختيار ثلاث محطات معالجه من اصل ثمانية محطات معالجه على امتداد نهر دجله وهم مشروع الكرخ شمال مدينة بغداد ومشروع الوثبه في مركز مدينة بغداد ومشروع الرشيد جنوب مدينة بغداد .مؤشر نوعية المياه الذي تم حسابه اشار الى ان نوعية

مياه نهر دجله تتردى جنوب مدينة بغداد بسبب الظروف الجيولوجيه والهيدرولوجيه للمنطقه
بالاضافه الى تطور النشاطات الزراعيه والصناعيه وتناقص تصريف النهر, وخصوصا في
السنوات 2002, 2003

KEY WORDS:

water quality, pollution index, Tigris River.

INTRODUCTION

Developing countries are undergoing a transition period from a largely agrarian economy to intense industrial activity. People and establishment congregate at certain areas and their activities produce external effects ,whether beneficial or adverse, on the environment that support them. One of the most vital components of the environment is the water. Because of a growing global awareness in the maintenance of "clean world", public and private agencies have come to realize the importance of surface water to a nation's economy. Knowledge of water quality thus plays a significant role in the development of water quality control and management strategies.

The use of numerical index as a tool in water quality assessment is necessary. An index is a number , usually dimensionless, which expresses the relative magnitude of some complex phenomenon or condition.(Lohani,1990)

A water quality index also is a communication tool for transfer of water quality data ,and is obtained by aggregating several water quality measurement in to a single number .Index refers to simplified expressions of a complex set of variables They have proved to be very efficient in communicating water quality information to decision makers and to the public. Water quality indices and classifications should not be the only method used for analyzing and reporting data from water quality monitoring system ,because it my be not possible to determine less obvious trends in water quality and some water quality variables may change without affecting the overall classification.(Lohani,1990)

The system for defining water quality in terms of index numbers offers promise as a useful tool in the administration of water pollution abatement The promise lies in the opportunity to improve techniques evaluating water quality conditions and for describing water quality in terms of comparative values

The water quality index is based on the understanding that water quality and pollution are relative terms, a concept that although recognized in theory ,is not always so readily recognized in practice.(Lohani,1990)

The interrelationships between the variables themselves are usually ignored. Physical and chemical processes that occur in water are so complex and interdependent that a stress on one variable frequently affects the other variables as well. When only one or two variables are considered at a time ,the overall relationship between combinations to over come these limitations is the use of water quality index.(Lohani,1990)

Theoretically, any number of characteristics could go into the makeup of a quality index. However, too large a number would make the index unwieldy. Therefore, it appears practical to use only those characteristics that are of greatest significance. Also to permit comparison of water quality from one area to another, it seems desirable to select characteristics that are generally significant in most parts of the capital (Al Saffar, 2001)

DESCRIPTION OF TIGRIS RIVER

Tigris River originates in Torous mountains in southern Turkey and enters Iraq at Phaish-Khabur on the Iraqi –Turkish border.

The length of the river is about 1900 kilometers. About 1418 kilometers of the river is located in Iraq from Phaish-Khabur till it joins the Euphrates river at Qurna.

Five tributaries feed Tigris river in Iraq these are :

- *Al-Khabur river joins Tigris river at Phaish-Khabur.
- ** Greater Zab joins Tigris river at allocation 70 kilometers down stream of Mousl city.
- *** Lesser Zab river joins Tigris river at a location 30 kilometers north of Fatha site.
- **** Al Adaim river joins Tigris river down stream of Sammara just few kilometers north of Balad city.
- ***** Diyala river joins Tigris river at a location 32 kilometers south of the center of Baghdad city.

Tigris River drains an area about 340500 square kilometers. Most of the catchments is covered by sedimentary rocks while small areas confined to the north and north eastern parts of the catchments are covered by igneous and metamorphic rocks.

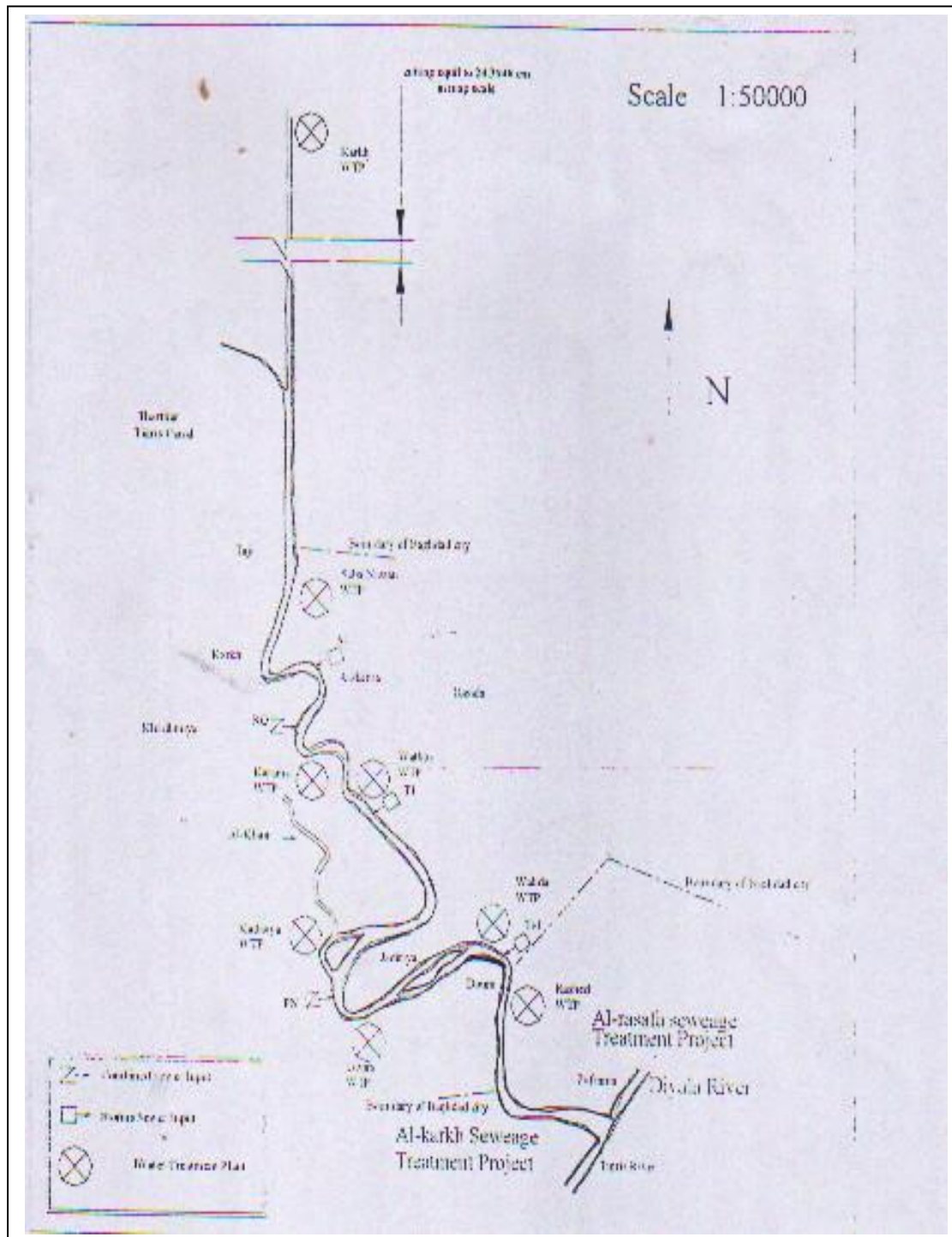
The climate of the Tigris basin is considered as arid and semi-arid. The annual precipitation exceeds 1000mm/year in the north while it decrease to less than 50mm/year toward the south (Al-Ansari et al., 1981)

Baghdad is the capital of Iraq, is heavily populated about 5423964 capita (Annual Abstract Of Statistics, 2001) and Tigris river is the only water resource for the city.

At Baghdad city there are seven water treatment plants located along Tigris river starting from Al Kharkh water treatment plant to the north of Baghdad till Al Rasheed water treatment plant to the south of Baghdad, these plants supply the people in Baghdad with potable water. Fig(1) shows the locations of the plants in the reach of the river under consideration and table (1) shows the distance of each plant from the reference point and the distance of each plant from the other. (Nasser, 2001)

Water is abstracted from Tigris river to be used as raw water for potable water supply and industrial purposes. The river water is also used for irrigation, fishing, tourism and other beneficial uses.

showing the flow diagram of Tigris river with industrial, agriculture and domestic deposal

KARKH WTP

Fig(1) the locations of the plants in the reach of the river reach of Tigris river

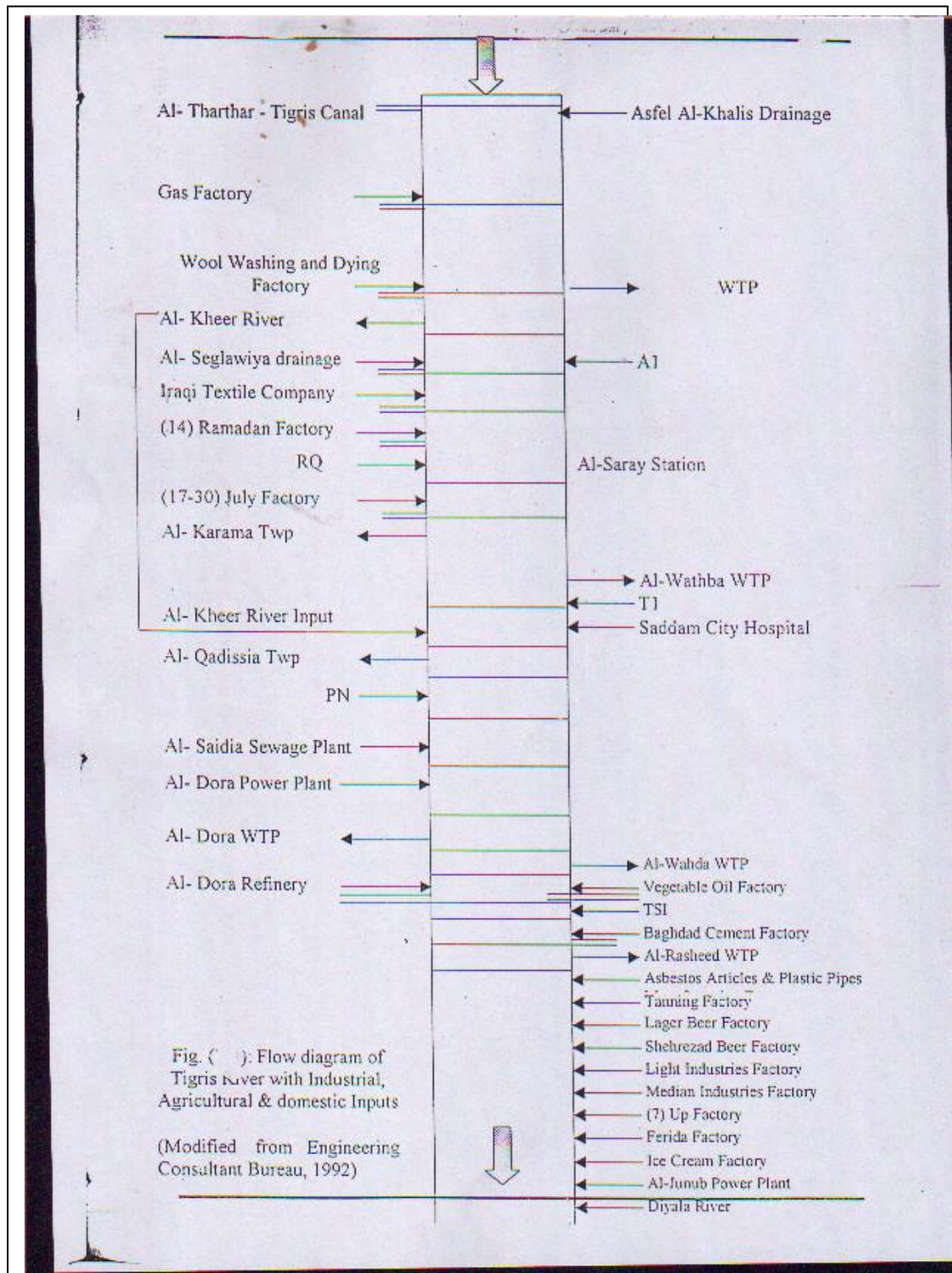


Fig (2) the flow diagram of Tigris river with industrial, agriculture and domestic deposal (Nasser,2001).

Table (1) the locations of the plants in the reach of the river

water treatment plant	Distance from reference point(Km)	Distance from each others(Km)
Al Kharkh wtp	0	0
Sharq dejla wtp	30	30
Al Karama wtp	40.76	10.76
Al Wathba wtp	43.47	2.71
Al Qadissia wtp	55.02	11.55
Al Dora wtp	58.78	3.76
Al Rasheed wtp	67.09	8.31

BASIC CONSIDERATION FOR THE POLLUTION INDEX

The pollution index can be defined as a truly relative term. The permissible pollutant level at allocation of a water use is recommended here as standard value for the index .

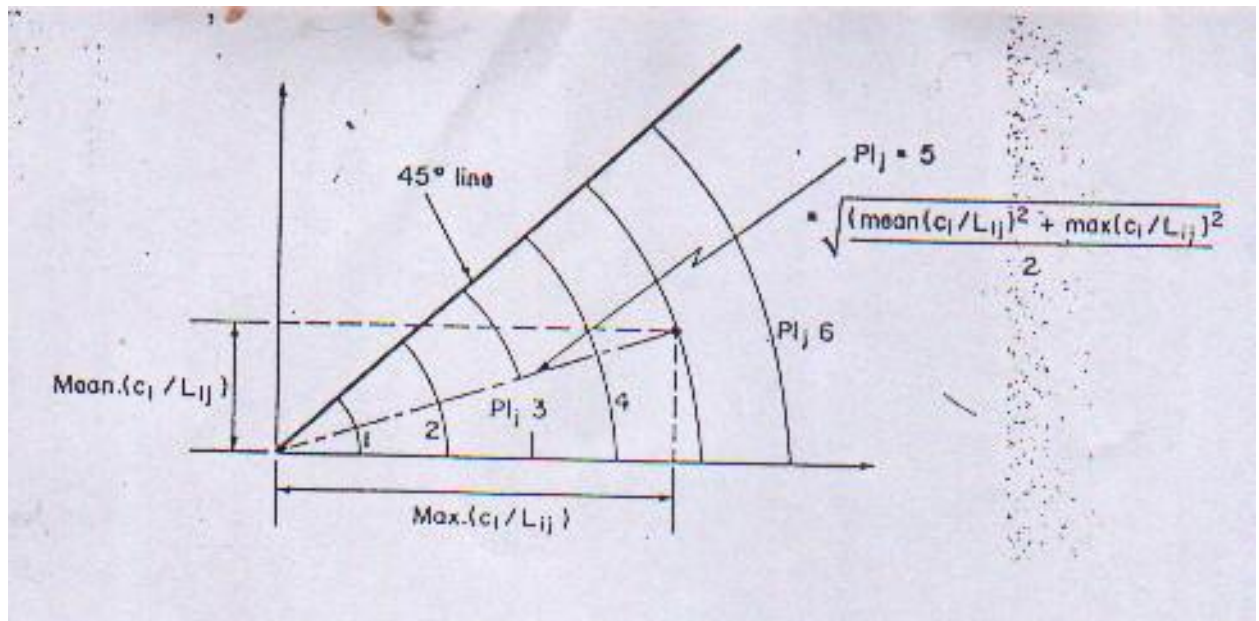
When the multiple items of water qualities are expressed as C_i s and the permissible levels of the respective items for a use are expressed as L_{ij} s, the pollution index for the use j , PI_j may expressed as a function of the relative values (C_i/L_{ij}) . Here, i is the number of the i -th item of water quality ,and j is the number of the j -th use(Nemerow,1974)

$$PI_j = \text{A function of } [(C_i/L_{ij})s] \quad (1)$$

The index may be expressed by the relative value (C_i/L_{ij}) s as shown in relation (1). Each value of (C_i/L_{ij}) shows the relative pollution contributed by the single item .A value of 1.0 is the critical value for each (C_i/L_{ij}) . Values greater than 1.0 indicate that the water requires some treatment prior to use for specific purpose .Likewise, when combining the individual values of (C_i/L_{ij}) s in to a common index ,values over 1.0 signify a critical condition under which a proper treatment is necessary for the water use,we propose a reasonable method for an over all expression of pollution .The average value of all the calculated (C_i/L_{ij}) values may be recommended as one of the most important parameters for the PI_j
The index may be expressed using the maximum and mean values of the (C_i/L_{ij}) values as shown in the next relation(Nemerow,1974)

$$PI_j = f(\text{max.of}(C_i/L_{ij})s \text{ and mean of}(C_i/L_{ij})s) \quad (2)$$

The general quality expression of pollution for use j is related to the length of a line between the origin and each point .The length is determined by the two values of the maximum and mean of (C_i/L_{ij}) values , we propose to neglect the effect of angle θ in fig (3) .The pollution index for use j , PI_j is measured by the length of the radii of the cocentric circles ,therefore relation (2) is expressed as follows:



Fig(3) Relationship between mean and maximum ratios of contaminant concentration and allowable concentration.

$$PI_j = m \sqrt{\max(C_i/L_{ij})^2 + \text{mean}(C_i/L_{ij})^2} \quad (3)$$

Here ,m =the proportionality constant

A critical condition to determine the coefficient m is recommended as follows :

$$PI_j = 1.0, \text{ when } \max C_i/L_{ij} = 1.0 \text{ and } \text{mean } C_i/L_{ij} = 1.0 \quad (4)$$

This means that the index for use j is expressed as 1.0 when all items of water qualities are just equal to their respective permissible levels for the use .the relation (3) is as follows under relation (4) : $1.0 = m\sqrt{1^2 + 1^2}$, $m = 1/\sqrt{2}$

Therefore, PI_j is proposed as follows : $PI_j = \sqrt{\max(C_i/L_{ij})^2 + \text{mean}(C_i/L_{ij})^2} / \sqrt{2}$ (Nemerow,1974)

One possible procedure for establishing the overall index PI is that the relative effects are determinable as simple constant numbers in an overall estimation.

Judging from the fact that each PI_j values is relative value, nondimensionaol, and that the relative importance of each use may be generally determined as a constant value, the overall index PI_j is proposed as aweighted average value of all the PI_j s as follows:

$$PI = \sum_{j=1}^{j=n} (w_i . PI_j) \quad (5)$$

Here w_j =Weight coefficient (constant value) ,which is determined by the relative importance's of the water use j in the region or society.

n = Number of water uses
 $j=n$
 and $\sum_{j=1}^n (w_j) = 1$

consideration is given to the practical grouping of water uses (j s) and the reasonable items of water quality (I s) for the practical application of the proposed indices ,grouping of water uses may be possible and facilitate calculation of the pollution indices. The following three groups are recommended for separate index expressions.

- 1- Human Contact Use ($j=1$), which includes drinking, swimming, beverage manufacturing.
- 2- Indirect Contact Use ($j=2$) , which includes fishing , industrial food preparation, agricultural use
- 3- Remot Contact Use ($j=3$) , which includes industrial cooling , aesthetic, navigation.

The overall permissible levels (L_{ij} s) should be determined for the three grouped uses by applying the permissible contamination levels for each particular use. (Nemerow, 1974)

WATER QUALITY INDICES DETERMINATION

The average monthly concentrations of twenty two parameters of pollutants were collected from Baghdad water administration for three water treatment plants along Tigris river, Al Kharkh water treatment plant water to reflect water quality at north of Baghdad , Al Wathba water treatment plant to reflect water quality at the center and Al Rasheed water treatment plant at the south of Baghdad to reflect water quality at this area , Table(2) shows the quality items according to the Iraqi specification no.417,2001 . Table (3) shows the water quality indices for the period (2000-2004) for the human contact use . Table(4) shows the water quality indices for the same period but the indirect contact use . Table(5) shows the water quality indices for the remote contact use . The limits used in the calculations are according to the Iraqi specification No.417,2001, and according to EEC, 1998.

The relative weight may be determined tentatively according to its important in our society :

$$w_1=0.5, w_2=0.3, w_3=0.2$$

therefore

$$PI = w_1 * PI_1 + w_2 * PI_2 + w_3 * PI_3$$

Table(6) shows the overall water quality indices for the same period and table (7) shows the overall water quality indices for the whole period.

Figure(4) shows the bar chart of particular water quality indices for the period 2000-2004 for each plants, and the figures (5) and (6) show the particular water quality indices for the whole period.

**TABLE(2) QUALITY ITEMS USED IN WATER QUALITY INDICES DETERMINATION**

Quality item	Limts	Quality item	Limts
C1	color	C12	Total solids
C2	temperature	C13	Magnisum
C3	alkalinity	C14	Suspended solids
C4	Total hardness	C15	Sulfate
C5	calcium	C16	Iron
C6	conductivity	C17	floride
C7	pH	C18	amonia
C8	turbidity	C19	nitrate
C9	silica	C20	nitrite
C10	chloride	C21	coliform
C11	aluminum	C22	Fecal coliform

TABLE(3) WATER QUALITY INDICES FOR the Human Contact Use(j=1)

PI	AL Kharkh WTP	AL Wathba WTP	AL Rasheed WTP
2000	15.476	22.821	26.822
2001	15.472	23.245	27.991
2002	16.280	22.163	37.177
2003	15.900	22.867	35.757
2004	15.569	21.305	25.618

TABLE(4) WATER QUALITY INDICES FOR the Indirect Contact Use(j=2)

PI	AL Kharkh WTP	AL Wathba WTP	AL Rasheed WTP
2000	1.301	1.810	1.801
2001	1.168	1.751	1.537
2002	0.8	1.226	1.244
2003	0.826	1.458	1.305
2004	0.803	1.359	1.177

**TABLE(5) WATER QUALITY INDICES FOR
the Remote Contact Use(j=3)**

PI	AL Kharkh WTP	AL Wathba WTP	AL Rasheed WTP
2000	5.995	5.386	3.078
2001	6.068	5.911	4.135
2002	4.928	4.437	4.080
2003	4.863	6.056	3.594
2004	5.135	6.183	4.627

**TABLE(6) THE OVERALL WATER QUALITY INDICES FOR THE
SELECTED PLANTS**

PI	AL Kharkh WTP	AL Wathba WTP	AL Rasheed WTP
2000	9.327	13.030	14.566
2001	9.3	13.33	15.283
2002	9.365	12.336	19.777
2003	9.17	13.081	18.988
2004	9.052	12.296	14.087

**TABLE(7) THE OVERALL WATER QUALITY INDICES FOR THE WHOLE
PERIOD**

PLANTS	PI1	PI2	PI3	PI
ALKharkh WTP	15.778	0.961	5.479	9.271
ALWathba WTP	22.592	1.523	5.714	12.895
ALRasheed WTP	26.752	1.418	3.993	14.6

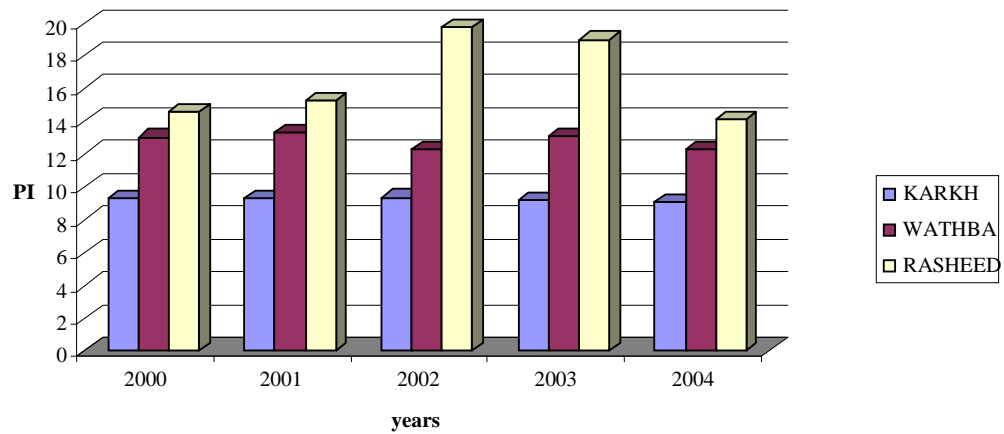


Figure (4)The particular water quality indices

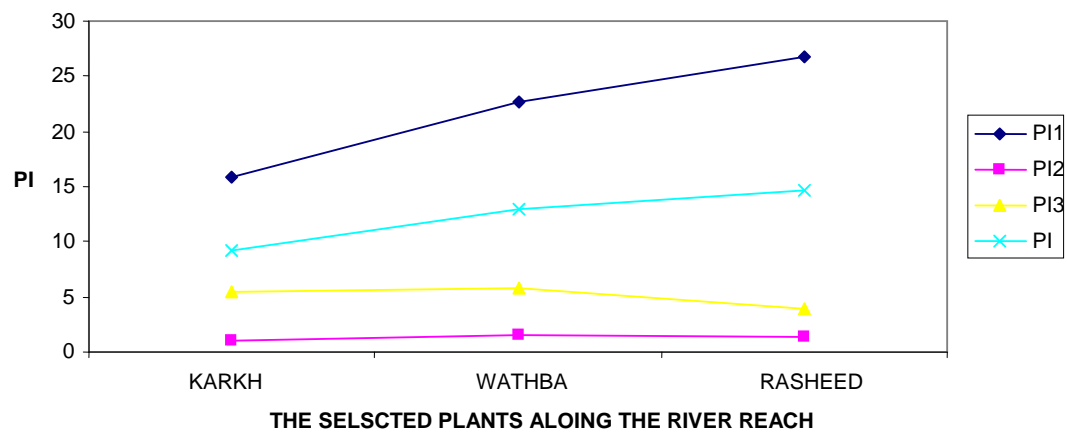


Fig (5)The overall pollution indices for the whole period.

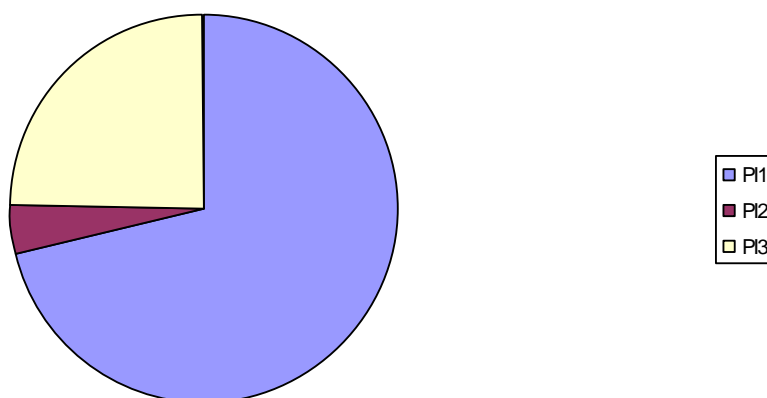


Fig (6) The particular pollution indices for the whole period.

CONCLUSIONS

- *-water quality indices for the Al Rasheed WTP were greater than the water quality indices for Al Wathba WTP the indices for Al Wathba WTP were greater than water quality indices for Al Karkh WTP .which indicates that the water quality of Tigris river deteriorate south of Baghdad
- *-The deterioration as going down stream the river reflects the cumulative effect of agriculture and industrial activities .Furthermore ,the water quality indices were noticed to be abnormally high during 2002 and 2003 due to the lowest precipitation in those years.
- *-The water quality indices for Al Rasheed WTP showed that they were generally deteriorate with time ,this degradation is due to the decrease in the amount of flow coupled with an increase in the agricultural and industrial development within the basin.
- *-The relative low water quality indices in year 2004 are due to the dilution caused by high flow and precipitation during the year.
- *-The water quality indices for the human contact use are greater than the indices for the indirect contact use and the remote contact use, while the water quality indices for the remote contact use are greater than the indices for the indirect contact use.
- *- High water quality indices for the human contact use are due to the high concentrations of coliform and fecal coliform bacteria while the high water quality indices for the remote contact use are due to the high concentrations of turbidity in river water .

**REFERNCES:**

- *Al-Ansari,N.A.,Essaid,H.I. and Salim,Y.N., "Water Resources in Iraq" Jour.of Geol. Soc. Of Iraq. 14(1),1981
- *Annual Abstract Of Statistics, central statistical organization, Planning Ministry,2001
- *Al-saffar,A.E.A., "Proposed Water Quality Management For Tigris River" PhD. Thesis ,College of Engineering, University of Bghdad,2001
- *Baghdad Water Administration , "The Annual Reports for the physical ,chemical and biological tests",2004
- *EEC,No.464,"Surface water quality for drinking water abstraction",1998
- *Iraqi limitations,No.417,Central statistical organization, Planning Ministry,2001
- *Lohani,B.N., "Water quality index in Chao Pharaya river" ASCE, Vol.118,1990
- *Nasser,N.O.A., "Variation of salinity indication parameters of Tigris river in Baghdad city (1990-1999)", M.Sc. Thesis ,College of Engineering, University of Bghdad,2001
- *Nemerow,N.L., "Scientific stream pollution analysis", McGrew-Hill Book Co.,1974



ADAPTIVE VIDEO CONFERENCE SYSTEM ON A LOW BIT RATE NETWORK

Fedaa Fahmi Hermez, Prof. Dr. Kais Said Ismail, Ass. Prof. Mr. Hamid M. Ali
University of Baghdad
Electrical Engineering/ Control and Computer Department/ 2007

ABSTUCT

This paper studies video conference system over low bit rate network. As a result of this study, some ideas are employed to transfer video and audio information through the dial up network with minimum jerky views, discontinuous voice and with a reasonable number of users. A video conference standard, which contains video standard and audio standard, is chosen to build a developed Video Conference System that takes into consideration the monitoring of the network load, by using a special designed sensor, called Network Load Sensor. The NLS is built to sense the network load. Based on the test results, the video resolution and audio compression ratio vary continuously. The system is implemented using visual C++, with using of sockets programming as the interface between clients and the conference server and the use of the Windows Multimedia Platform SDK, which support some audiovisual functions.

الخلاصة

يقوم هذا البحث بدراسة نظام المحادثة الصوتية عبر شبكات المعلومات الداخلية البطيئة. وكنتيجة لهذه الدراسة، وظفت بعض الافكار لنقل المعلومات الصوتية والسمعية خلال شبكات الهاتف وبأقل معدل من الصور المشوهة والصوت المتقطع وبعدد معقول من المشتركين. لقد تم اختيار معيار المحادثة الصوتية، ويضم معيار للصورة ومعيار للصوت، لبناء نظام محادثة صوتية مطور يأخذ بنظر الاعتبار مراقبة الحمل الموجود على الشبكة، وذلك بتصميم متحسس خاص، يدعى متحسس حمل الشبكة. تم بناء هذا المتحسس ليتحسس مقدار الحمل الموجود على الشبكة. وكنتيجة لهذا الاختبار، سيتم تعديل ابعاد الصورة ونسبة ضغط المعلومات السمعية باستمرار. ان هذا النظام انجز باستخدام لغة البرمجة Visual C++، وذلك باستخدام sockets programming للاتصال بين الزبائن و الخادم، وكذلك باستخدام Windows Multimedia Platform SDK لتوفير عدد من الاوامر المتخصصة لمعالجة الصورة و الصوت.

KEY WORDS:

Multimedia Distributed System – Video Conference – Network Load Sensor – H.263 – Frame Rate.

INTRODUCTION

Multimedia involves any combination of two or more of the following elements: text, image, speech, video and applications or programs and Distributed system is a collection of independent computers that appears to its users as a single coherent system [TAN, 02], while, the term Multimedia

Distributed System means the distribution of multimedia processing across a collection of computers in a network.

Multimedia applications like Video Conference VC system generate and process continuous stream of data in real time. They contain large quantities of audio, video, and other time-based data elements, and the timely processing and delivery of the individual data elements is essential. "In distributed system, data transmission is prerequisite, so the main topic in multimedia distributed system is how to transfer multimedia data within the demanded quality"[MIN, 02].

The paper objectives are:

- Study and analyze multimedia distributed systems and take an example the Video Conference system with its standards
- Propose an adaptive system that transmits video/audio in continuous stream with variant resolution, using a dial up system as a media of transmission. The system will not use the internet, in any stage during its operation, as a media of transmission.
- Develop a VC system based on the proposed adaptive system.

The outline of this paper is as follows: section 2, shows the general architecture of any video conference system. Section 3, shows our system architecture and in the section 4 the mechanism of the system is explained. In section 5 the requirements are explained with the performance of the system in section 6, the last section shows the conclusions of the system.

- VIDEO CONFERENCE SYSTEM ARCHITECTURE

The speech and video input are compressed and sent to the communication medium; received audio and video are decompressed and sent to the monitor and speakers. The document information can be displayed together with the video and can be compressed or decompressed in a manner similar to that used for video and audio. When there is not enough bandwidth for communication, audio together with document conference may serve as a viable substitute for VC.

A VC system uses some types of the hardware or software that performs compression is called codec which provides Compression rates of up to 1:500. The resulting digital stream of 1's and 0's is subdivided into labeled packets, which are then transmitted through a digital network of some kind (usually ISDN or IP). The use of audio modems in the transmission line allow for the use of Plain Old Telephone System (POTS), in some low-speed applications, such as video telephony, because they convert the digital pulses to/from analog waves in the audio spectrum range.

A camera and microphone capture the picture and sound of a video session and send those analog signals to video capture adapter board. To cut down on the amount of data that must be processed, the board captures only about half the number of frames per seconds that movies use, which is one reason that the video may look jerky-the frame rate is much slower than the eye is accustomed to seeing. On the video capture adapter card, an analog to digital converter (ADC) chip converts the wavering the analog video and audio signals to a digital format (the only difference for the digital Web Cam is that it has its own ADC and don't use the video card).

A compression/decompression chip or software (the software is implemented in the digital signal processor (DSP) which takes its instruction from the ROM) reduces the amount of data needed to re-create the video signals.

The compressed video and audio signals are sent to the Network Interface Card (NIC) or modem, which will use the Digital to Analog Converter (DAC) to get the analog format that the telephone line uses through transmission, or may be sent over special telephone lines, such as ISDN or DSL lines, that transmits the data in a digital format without the need to the DAC.

At the remote location a similar PC receives the analog signal by the modem or NIC and converts it through its ADC (the digital signal with ISDN or DSL don't need the ADC), decompresses the incoming signals by the DSP and finally converts the decompressed signals to an analog format to display it on the screen and speakers [HWA, 98] [WIK, 06] [WHI, 99].

* SYSTEM ARCHITECTURE

The proposed system is an application system; it works in the application layer and connects to the network layer through sockets. The system is allocated on a 56 Kbps modem or higher bandwidth; the environment is the telephone line as shown in figure 1, the users arrange the conference time and then establish a connection with the server.

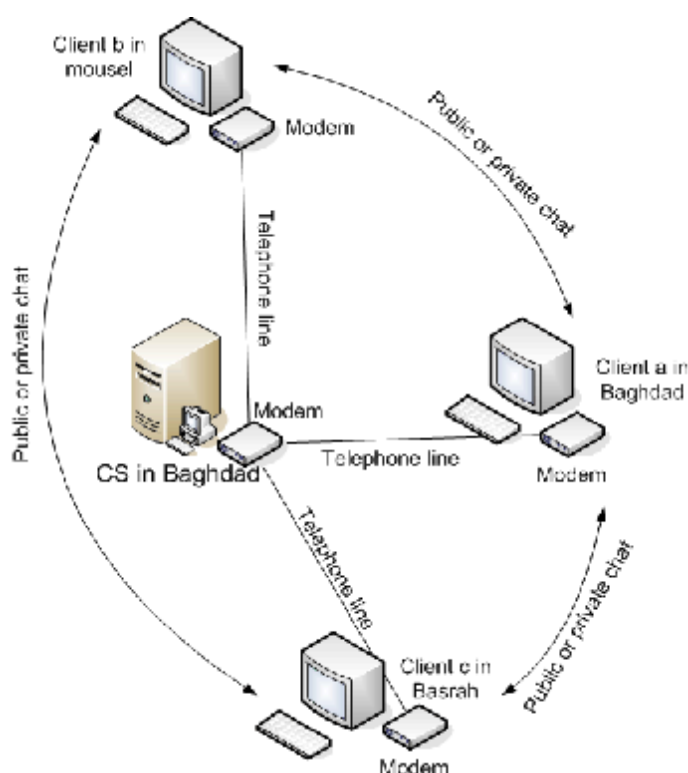


Fig1
The System Connection

Figure 1 shows three clients, each client is in a different city. Those clients may not have an Internet with hi-speed connection to use the existing VC applications. The proposed system offers a VC system with one of the slowest connections existing in these days, the telephone line with modem of 56 Kbps. The three users can have a good conversation as long as the telephone line works. However, each client has to dial the CS which in turn forwards the dial to the intended client (if he is connected) at the other side.

The proposed system works on the telephone line, so it is a local video conference inside one country, for this reason, there is no need for edge servers. Besides, edge servers are not recommended with real time application because they increase latency.

This system is composed of two parts: the conference server (CS) and the clients. The clients are connected to each other through the CS, for this reason and many other reasons mentioned subsection 3.1, the CS is considered to be the administrator of the system.

*** The Conference Server**

The CS is the part hosting the tables containing information about the clients, PC's Id (Identifier points to the specified client), Rooms' names (room means a number of clients in one group), names of rooms' members and all the clients connected to the system in both (private and public) modules. The main functions of the CS are:

1. **Administrator of the system:** the CS has the responsibility to accept clients and notify other clients about the arrival of new ones. The CS has also the responsibility to organize all the members of a specified room in one list and sends it to all room's members. Also each message sent from one of the members is forwarded to all the members of the same room, in addition to the video of each member.
2. **Error detector of the system:** the CS watches the information packets, if no errors detected, the CS passes the packets after changing some header information to the destination client or clients. In case of detecting an error, like loss of a packet, the server doesn't send an empty packet to the destination; instead the source client observes the absence of the response, so the source client resends the message. This way is more efficient than sending an empty packet to the destination and the latter asks the source to resend it, which is considered a time consuming way.

When a video packet is lost, the system discards that packet to get a real time VC. Besides, the frame rate of more than 15 fps produces a good video stream that doesn't observe the loss of one packet.

3. **Data storage:** some data are required by the system at any time, so the CS has to store them and updates them continuously. The CS has two types of data storage, one dedicated for the public module which contains the rooms' names, a number for each room and the members of each room. The second storage type is shared between the two types of modules and it contains the nick names of the whole clients and a PC Id number.
4. **Test the network:** the CS is responsible to test the network continuously to sense the load, frame rate and adjusting the video resolution and audio compression accordingly.

Figure 2 shows the main modules that constitute the architecture of the CS:-

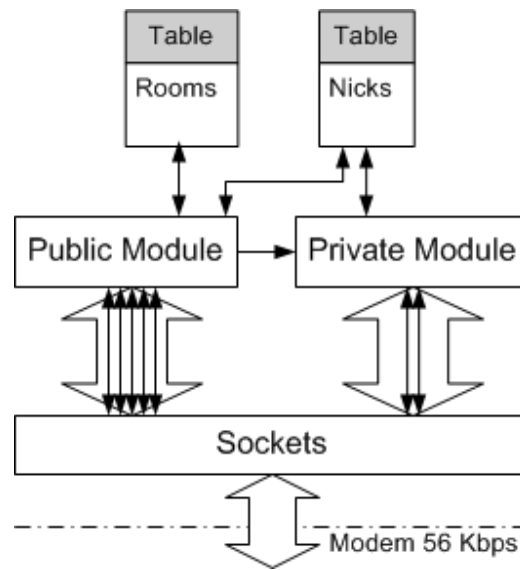


Fig 2
Server Architecture

- **Private Module:** in the CS, the private module is responsible to pass and watch the normal chat program commands between any two clients through the text socket and audio socket. It is also responsible to change some of the header information.
- **Public Module:** this part is responsible to pass and watch the audio/video conference commands; through five sockets: one for video stream, one for audio stream, one for NLS, one for text and the last one for the control socket. It also changes some of the header information of the audiovisual packets.
- **Sockets:** they are objects that represent an endpoint for communication between processes across a network transport. These sockets are created in the private modules to be in the listening mode and then exchange the information with the network after the connection is established.
- **Rooms' Table:** it's an array storage that contains all rooms created in the system with the members' names of each room and each room has an Id number.
- **Nicks' Table:** it's another array storage that contains all names of the partner in the system, in both modules, and the PC Id of each computer.

*** The Client**

The client is another application different from the server in its Graphical User Interface (GUI) and activities; each client opens at least one socket with the CS in order to be connected to other clients. The main functions of the client are:

1. **User Interface:** it represents the interface application that users can deal with to send and receive the multimedia information. It takes the input from the keyboard or camera and displays it on the screen through another window. The audio is taken from the Microphone and playback on the speakers or headphones of another client.
2. **Audio/Video processing:** the client application is responsible to compress/decompress the video stream with many levels of compression, control the audio and process all the required operation of audio/video stream.

Figure 3 shows the main modules that constitute the architecture of the client:-

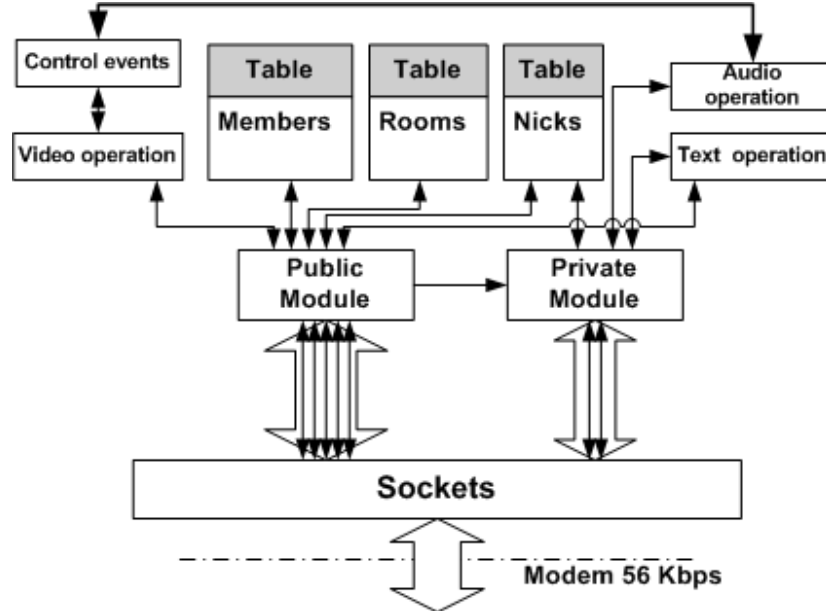


Fig 3
Client Architecture

- **Private Module:** it's the normal chat program, between two clients, which is responsible to call the text and audio commands. Here the client needs only two sockets and has two lists of the storage (nicks and rooms), but in fact it uses only the nicks list.
- **Public Module:** it's the audio/video conference program, which is responsible to call all the video and audio commands. When a client is in the public module it may be up to five sockets and it needs all the storage lists.
- **Nicks' Table:** it's a list of the nick names of each user participated in the system. Also, the nick's table is sent to the client from the CS when the client sends his nick name first.
- **Rooms' Table:** it's a list of the rooms' names only, sent to the client from the CS when the client sends his nick name first.
- **Members' Table:** it's an optional list, used only during the public module operation. When a client joins a room, the names of the room's members are sent from the CS.
- **Text operation:** this operation contains all the functions and variables that are used to send and receive the text information.
- **Video operation:** this operation contains all the libraries used to capture, send, receive, compress, decompress and display the video information.
- **Audio operation:** this operation contains all the libraries used to record, send, receive, compress, decompress, and play the audio, the block diagram of the audio and video operations is shown in figure 4.
- **Control events:** they are all the event messages, sent by a specified function, used to control audio and video stream. Also, they check audio/video streaming and their connection status.
- **Sockets:** it is same as in the CS.

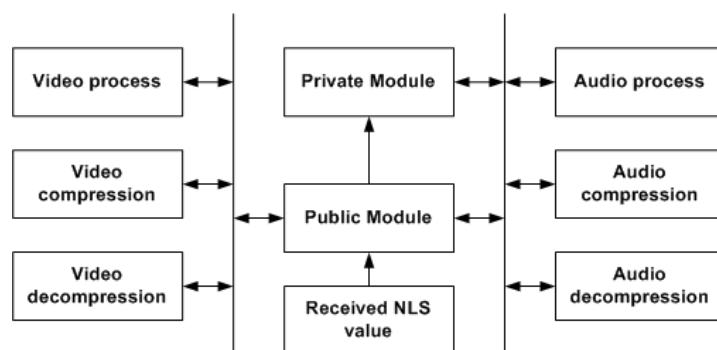


Fig 4
Audio/Video Process Architecture

The following are the main functions of the audio and video operations:

- *Video process*: it's a library that contains all the video operations like: capture, display video on the monitor, send and receive video stream.
- *Video compression*: it's a library that contains the algorithm to compress the video image. The algorithm that is used in the proposed system is the H.263 standard, which is dedicated to the 56 Kbps bandwidth.
- *Video decompression*: it's a library that contains the algorithm of decompressing the incoming compressed video stream.
- *Audio process*: it's a library that contains all the audio operations like: record sound from the microphone, send and receive audio stream and playback the received sound on a speaker or headphone.
- *Audio compression*: it's a library that contains the algorithm to compress the audio stream using the G.723.1 standard.
- *Audio decompress*: it's a library that contains the algorithm to decompress the received audio stream.
- *Received NLS value*: it's a library that contains the value of the NLS received from the CS after testing the network load and select the appropriate video resolution of the clients.

The system uses some of the ready made libraries in the audio/video stream handling like: using of Winmm.lib for the audio and VFW32.lib [MIC, 03] for video, these ready APIs commands are used to capture, send, receive, playback audio and display the video stream.

* SYSTEM MECHANISM

The proposed system is a client-server based system. It is a real time human telecommunication using a circuit switching, with a dedicated connection between two terminals for their sole use throughout the session. When a telephone is picked up and dials a number of the server, a circuit is established between the server and the dialed client and it lasts for the duration of the conversation. The same is true for all VC systems and all real-time broadcasting, after the connection is established the information packet can be transmitted.

The main idea of the proposed system is concentrating on the public module, when the user starts to send and receive audio/video information, the proposed system tests the network bandwidth and according to that test the video resolution/audio compression ratio is adjusted. The multimedia

information (especially audio/video) requires enormous amount of the bandwidth to transmit its information, for this reason the proposed system uses the H.324 standard that works with telephone lines and applies multi levels of compression for both audio/video data.

Another phenomenon arises when the network load increases. The telephone line is even becomes less than 56 Kbps. The system solves this problem by adapting different resolution levels of H.263 and two levels of compression of the audio using G.723.1.

The proposed system is designed by using a simple sensor, called network load sensor NLS. This sensor tests the network load by creating its own socket for sending a sample packet and count the time it takes to get it back, so it can have the number of frame per second rate. If this rate was less than 15 fps, it can be considered as a high load and if this rate was more than 15 fps that means a low load. This sensor returns its value to the system; the latter increases (if high load) or decreases (if low load) the compression of both audio and video according to the load. Figure 5 illustrates the system flow.

The NLS starts at the CS side, it tests the network every 90 second (fixed period) for a duration of 1 second. The human eye integrates up to about 15 seconds at low light [CLA, 06], but exchanging the video resolution every 15 seconds if the load varies will be unreasonable and the NLS test will going to add additional load on the network. 90 seconds are a good period for eye and don't annoy users. The CS sends about 30 frames to the clients and starts to receive frames from clients for duration of one second. According to the number of the received frames and the previous frame rate, the compression level is adjusted for both the audio and video stream.

There are very rare occasions that the system drops to a point when the load is very high, however the proposed system doesn't hurt the video information because only the video resolution is reduced without affecting the video quality. For audio, increasing the audio compression affects the audio quality, but the received audio considered a reasonable sound with such bandwidth.

The packet that the client sends to server is different in its information depending on why it's sent and by whom, it may contains: the nick name only, message and nick name, message and room name, room name and nick name, video information, audio information or dummy information. The server reads the header information of the packet and changes some of the header information and then forwards the packet to the intended client.

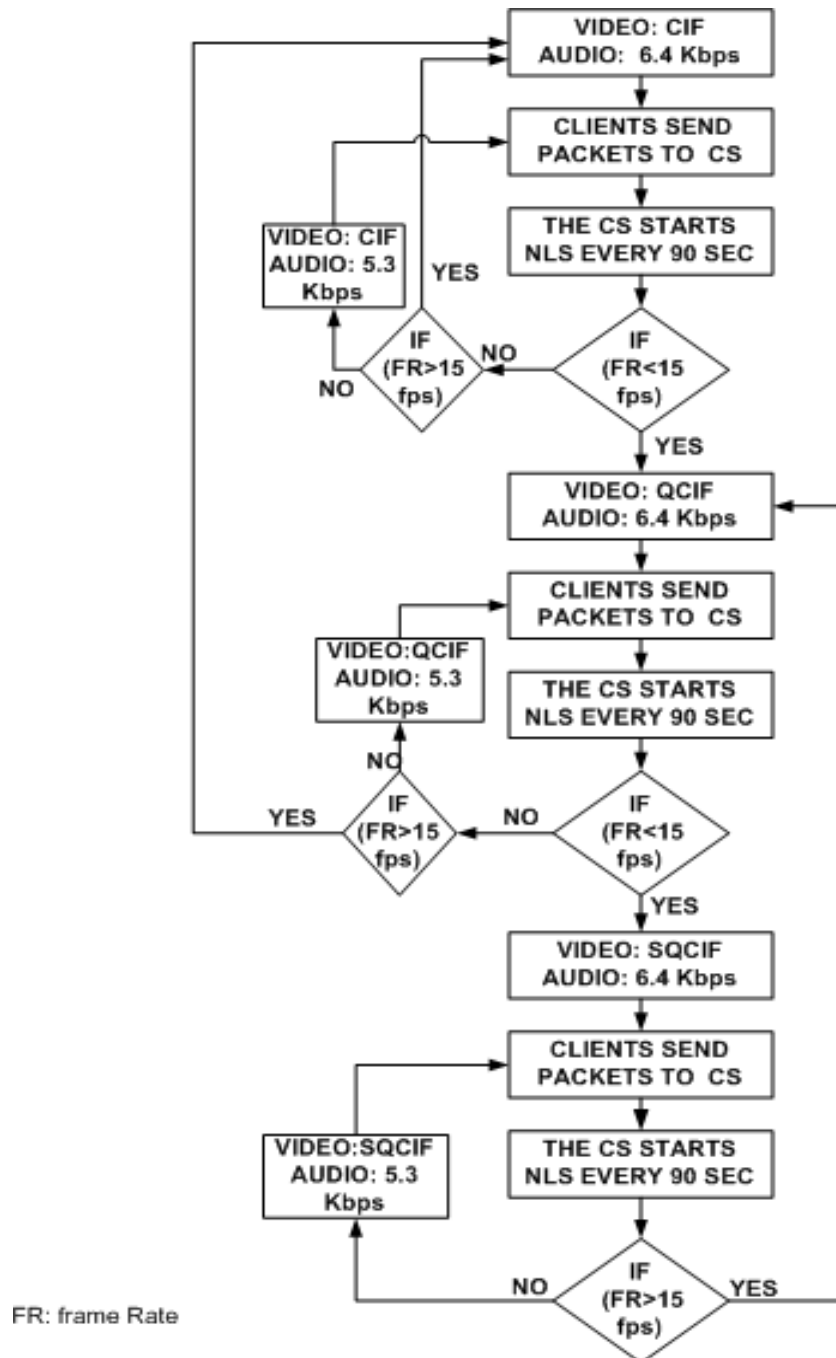


Fig 5
The System Flow

* SYSTEM REQUIREMENTS

The client of the system requires windows XP, while the CS requires windows server 2000 or later. The hardware requirements of each client are simple and available almost in any PC. The required equipments for each client are listed below:

- USB WebCam.
- 56 Kbps modem.
- Headphone or speakers.
- Microphone.

The hardware requirement of the CS is only a bank of modems (access server) of at least 100 channels.

- PERFORMANCE RESULTS

The system was tested on PC with the following specifications:

- Pentium IV 1.72 GHz.
- 128Mbytes RAM.
- ATI RADEON Display Adapter.
- 20 Gbytes SAMSUNG Hard Disk.

The image quality is the same for the three resolution levels. Figure 6 shows the QCIF format.

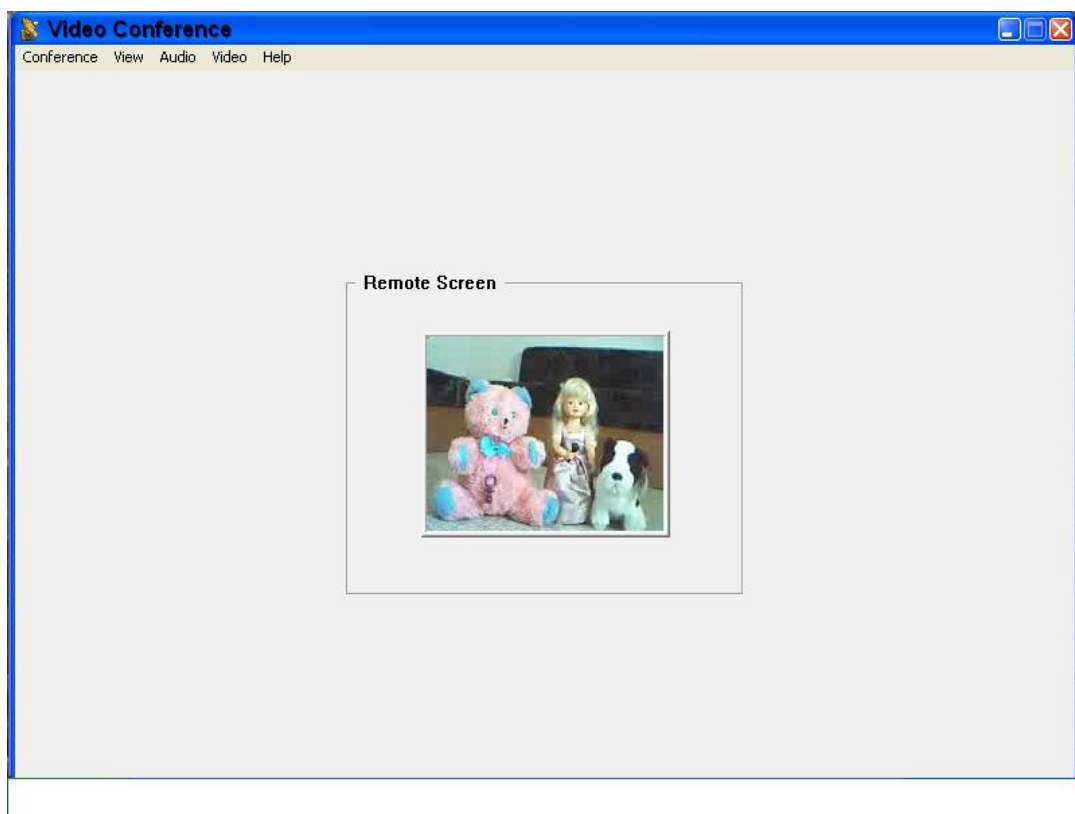


Fig6
QCIF Picture

The performance of the network tested in the laboratory between two clients connected through Bus LAN. Figure 7 illustrates the UDP packets sent and received, Figure 7 A illustrates the network monitor for the CIF format, figure 7 B illustrates the network monitor for the QCIF format and figure 7 C illustrates the network monitor for the SQCIF format.

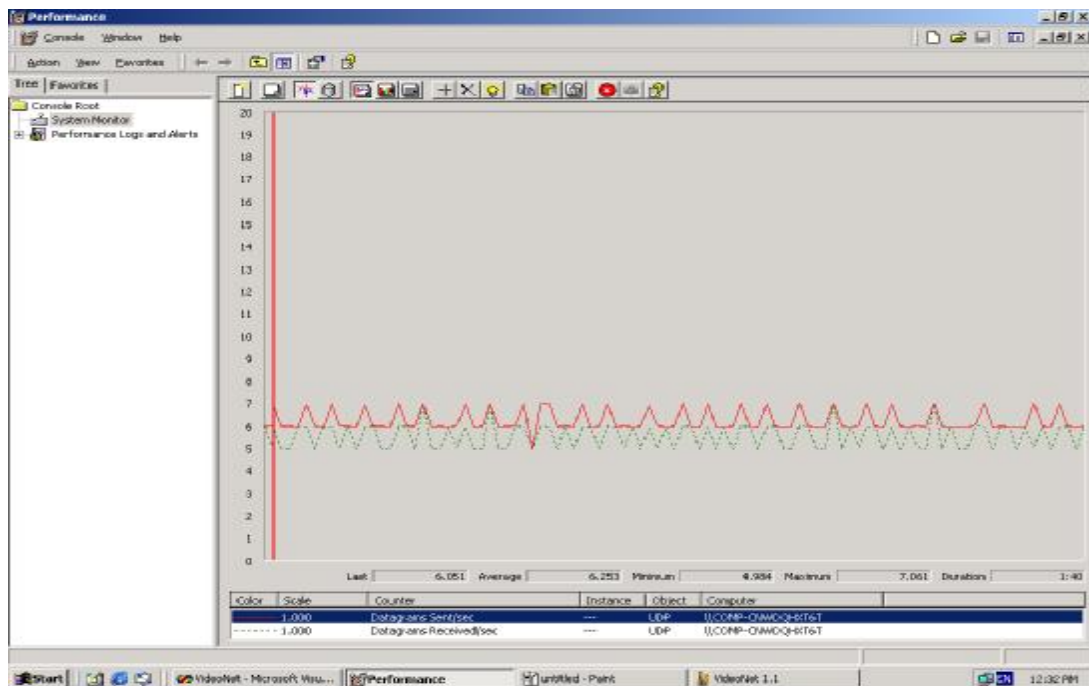


Fig7 A
Network Monitor of CIF

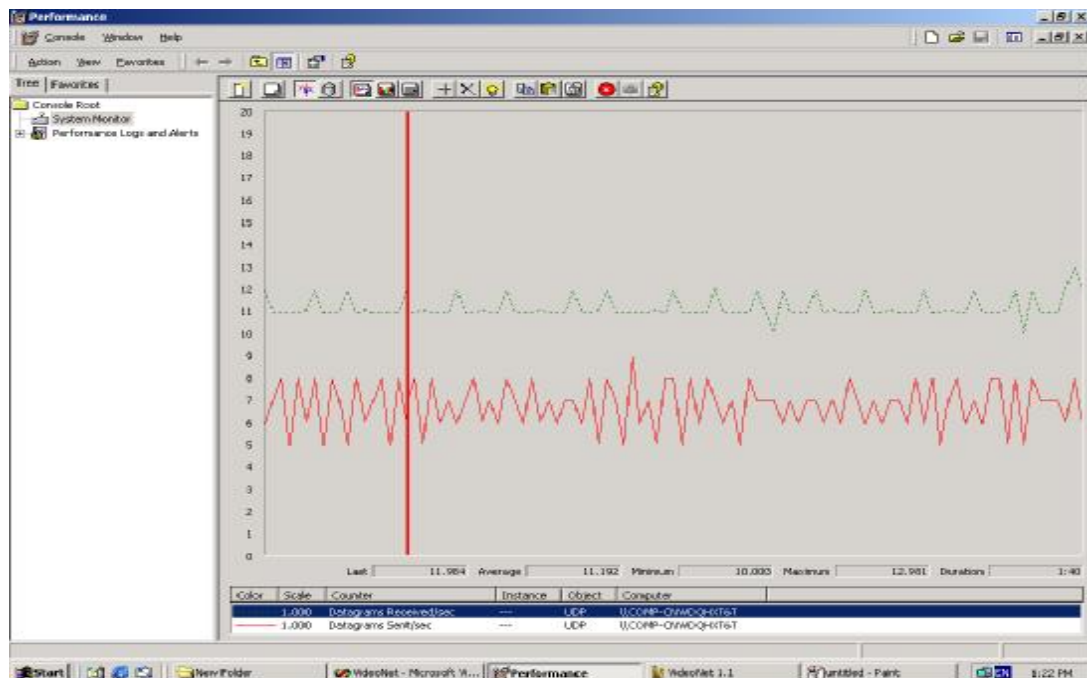


Fig7 B
Network Monitor of QCIF

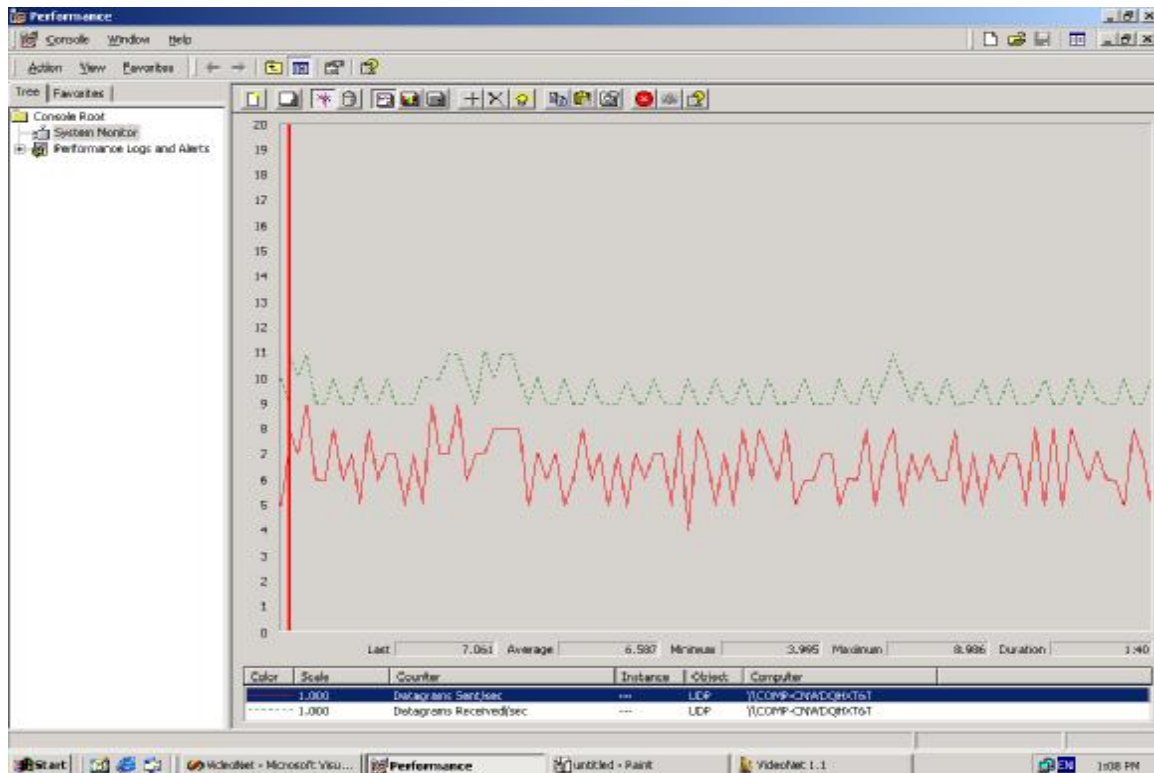


Fig 7 C
Network Monitor of SQCIF

- CONCLUSIONS

During the study and development of the proposed system, several points were observed and noticed.

- When network delay starts to exceed acceptable limits, it is best to reduce resolution of video data, if that reduces delays without making the data unintelligible. The less important information must be degraded first. Video stream should always maintain at minimum 15 fps, frame rate, because this is the limitation that eye perceives jerky motion. Maintaining video at over 15 fps can be achieved by many methods, one of them by adjusting the image size, until it becomes very small.
- Reduce the image resolution, without varying the bandwidth, increases the frame rate.
- Video transmission is more flexible than audio, because it is two dimensional and it is possible to trade off the frame rate with size of image within any required bandwidth.
- Edge servers aren't recommended to be used with video conference systems and any other real time, especially with low bit rate bandwidth, because edge servers are time consuming and must be updated frequently.



REFERENCES

- * [CLA, 06] Roger Clark, "Notes on the Resolution and Other Details of the Human Eye", ClarkVision.com, November 2006, available at: <http://www.clarkvision.com/ imagedetail/eye-resolution.html>.
- * [HWA, 98] Chwan - Hwa and J. David Irwin, "Emerging Multimedia Computer Communication Technologies", Prentice Hall, Inc., 1998.
- * [MIC, 03] Microsoft Corporation, "Video for Windows", Windows Multimedia, Multimedia SDK, 2003.
- * [MIN, 02] Gu Mingyang, "Issues for Distributed Multimedia System ", Department of Computer and Information Science, IDI, Norwegian University of Science and Technology, 7491 Trondheim, NORWAY, November, 2002, available at: "<http://www.idi.ntnu.no/emner/dif8914/essays/Mingyang-essay2002.pdf>".
- * [TAN, 02] Andrew Tanenbaum and Maarten Van Steen, "Distributed Systems Principles and Paradigms", Prentice Hall, 2002.
- * [WHI, 99] Ron White, "How Computers Work", Millennium Edition, Que Corporation, 1999.
- * [WIK, 06] Free Wikipedia Encyclopedia, available at: "<http://en.wikipedia.org/ wiki/>".

LIST OF ABBREVIATIONS

API:	Application Programming Interface
CIF:	Common Intermediate Format
DSL:	Digital Subscriber Lines
fps:	Frames per Second
IP:	Internet Protocol
ISDN:	Integrated Services Digital Networks
Kbps:	kilo bit per second
LAN:	Local Area Network
NLS:	Network Load Sensor
QCIF:	Quarter CIF
ROM:	Read Only Memory
SDK:	Software Development Kit
SQCIF:	Sub QCIF
UDP:	User Datagram Protocol
VC:	Video Conference
VFW:	Video for Windows
Winmm:	Windows Multimedia



DESIGN OF SPACE TIME TRELLIS CODED OFDM

Ass. Prof. S. M. Abbas
(Supervisor)

College of Engineering
University of Baghdad

Ismael Shenan Dshar
(Engineer)

College of Engineering
University of Baghdad

ABSTRACT

Space Time Trellis Code (STTC) is a technique that can be used to improve the performance of the Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) system over wireless channels by providing both coding gain and diversity gain. STTC is combined from two codes, Trellis Code Modulation (TCM) as an inner code and Space Time Block Code (STBC) as an outer code. TCM which combines the choice of a modulation scheme with that of a convolutional code provides the coding gain, and the other code provides the diversity gain. Simulation is done over flat fading and frequency selective Rayleigh fading channel for Eight Phase Shift Keying (8-PSK) TCM. It found that the best results are obtained for the case of two transmitters and three receivers which have a gain of about 18dB over that without STBC.

KEY WORD

Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Space Time Block Code, Trellis Coded Modulation.

الخلاصة

نظام الترميز الشعيري الزماني المكاني (STTC) هو تقنيه يمكن استخدامها لتحسين فعالية الاتصالات اللاسلكية خلال قنوات اللاسلكية بتزويد النظام بكل من ربح الترميز و ربح التنوع. STTC يتركب من نظامين ترميزيين، التضمين الترميزي الشعيري (TCM) كترميز داخلي و الترميز المكاني الزماني (STBC) كترميز خارجي. التضمين الترميزي الشعيري (TCM) والذي يتم الحصول عليه بجمع عمليتي التضمين (Modulation) و الترميز الشعيري (Convolutional code) يزود النظام بربح الترميز و الترميز الآخر يزود النظام بربح التنوع. استخدمت المحاكاة عبر قناة استواء اخفائي وقناة اختيار اخفائي نوع (Rayleigh) ل (8-PSK) TCM. وجدت أفضل النتائج في حاة استخدام جهازي إرسال و ثلاثة أجهزة استلام (2TX-3RX) والتي تحتوي على ١٨ديسيبل.

INTRODUCTION

In most situations, the wireless channel suffers attenuation due to destructive addition of multipaths in the propagation media and to interference from other users. The channel statistic is significantly often Rayleigh which makes it difficult for the receiver to reliably determine the transmitted signal unless some less attenuated replica of the signal is provided to the receiver. This technique is called diversity, there are several kinds of diversity temporal, spatial, and frequency diversities [N. Balaban, 1991]. In recently years, transmitter diversity has been introduced by Alamouti [S. M. Alamouti, 1999] to combat fading in wireless environments and improve the performance of the wireless system without significantly increasing the size or complexity of the receiver. Space-Time Code (STC) techniques have been proposed for transmitter diversity and then employed in the OFDM system to further reduce fading and obtain the better signal quality from the diversity gain [D. Agrawal, 1998]. Space Time Block Coded OFDM presented in [M. Uysal, 2001] can only exploit space diversity. The Space Time Trellis Coded OFDM is considered to exploit

both space and time diversity. In this paper, we focus on the improved performance of the OFDM system using transmit diversity with Space Time Trellis Code (STTC). STTC is a combined system from Space Time Block Code (STBC) and Trellis Coded Modulation (TCM). The STBC provides the diversity gain to the system and the TCM provides the coding gain. The diversity gain is increased by increasing the number of antennas at the receiver. TCM combines a multilevel modulation scheme with a convolutional code over band-limited channels, while the receiver, instead of performing demodulation and decoding in two separate steps, combines the two operations into one. The basic principles of TCM were published in 1982 [G. Ungerboeck, 1982], and some further developments are documented [R. Calderbank, 1984]. The performance comparisons of the bit error probability for conventional OFDM, STTC OFDM have been presented. As the simulation results, the STTC OFDM provide the much improved performance over conventional OFDM. And the best performance was found in the case of the two transmit antennas and three received antennas.

- DESIGN OF STTC CODED OFDM

OFDM System Model

OFDM is a multicarrier transmission technique, which divides the available spectrum into many carriers, each one being modulated by a low rate data stream. Fig. 1 shows the block diagram of a simplex point-to-point transmission system using OFDM system. The two main principles incorporated are: The Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) and the Fast Fourier Transform (FFT) are used for, respectively, modulating and demodulating the data constellations on the orthogonal sub-carriers [Eric Lawrey, 1997].

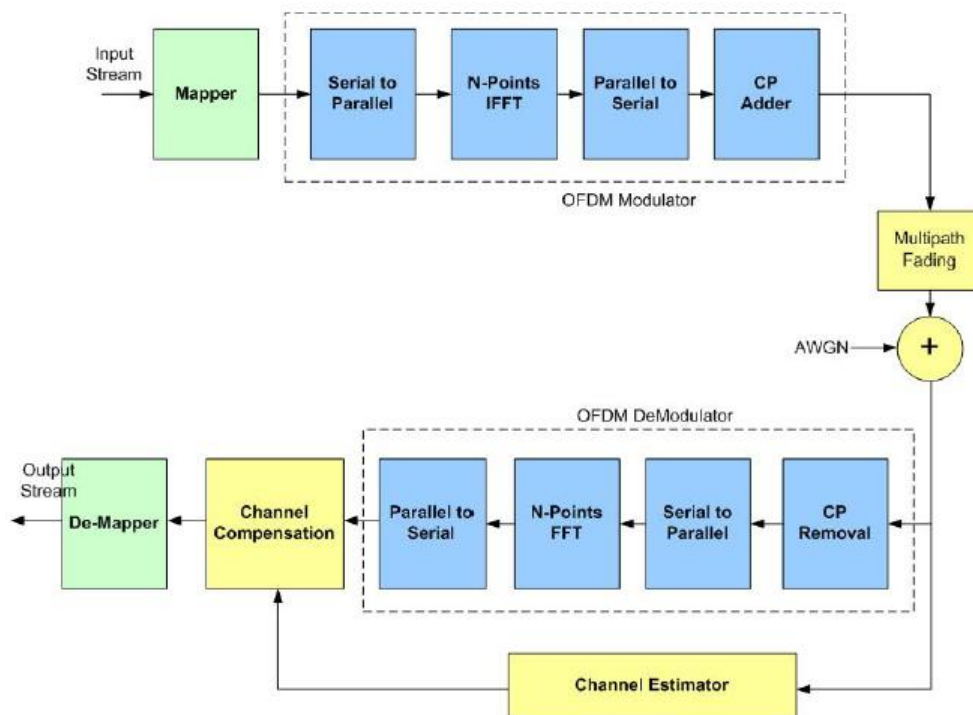


Fig. 1: Block diagram of OFDM system

Note that at the input of the IFFT, N data constellation points are present, where N is the number of FFT points. These constellations can be taken according to any Phase Shift Keying (PSK) or Quadrature Amplitude Modulation (QAM) signaling set (symbol mapping). The N

output samples of the IFFT – being in time-domain – form the baseband signal carrying the data symbols on a set of N orthogonal sub-carriers.

In a real system, however, not all of these N possible sub-carriers can be used for data. Usually, N is taken as an integer power of two, enabling the application of the highly efficient IFFT, FFT algorithms for modulation and demodulation which provide the orthogonality to the system. The second key principle is the introduction of a cyclic prefix as a Guard Interval (GI), whose length should exceed the maximum excess delay of the multipath propagation channel. Due to the cyclic prefix, the transmitted signal becomes “periodic”, and the effect of the time-dispersive multipath channel becomes equivalent to a cyclic convolution, discarding the guard interval at the receiver. Due to the properties of the cyclic convolution, the effect of the multipath channel is limited to a point-wise multiplication of the transmitted data constellations by the channel transfer function, the Fourier transform of the channel impulse response, i.e., the sub-carriers remain orthogonal [K. Witrisal, 2002].

The Design of 8-PSK Trellis Coded Modulation

The concept of set partitioning is of central significance for TCM schemes. Fig. 2 shows this concept for Eight Phase Shift Keying (8-PSK) signal constellation.

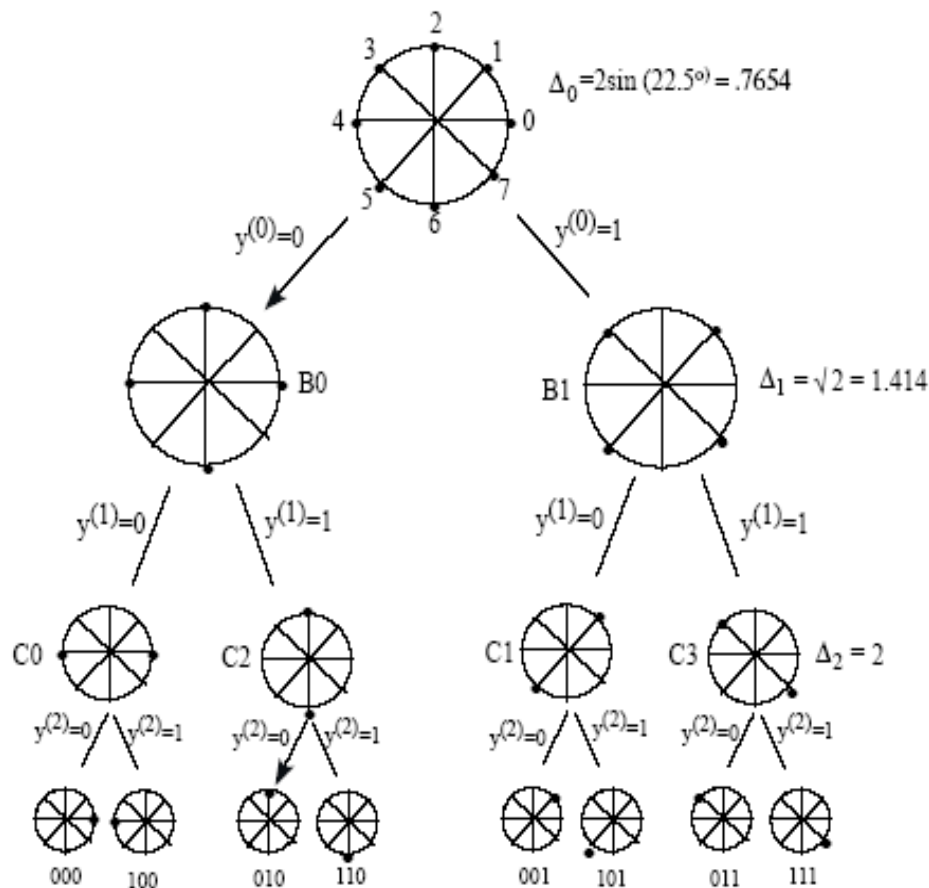


Fig. 2: Set Partitioning for 8-PSK Modulation

Set partitioning divides the signal set successively into smaller sets with maximally increasing smallest intra-set distances [Yipeng Tang, 2001]. There are a total of four partitions counting the first unpartitioned set. At the top most level, the Minimum Euclidean Distance (MED) between the signals is:

$$\Delta_0 = 2\sqrt{E_s} \sin(\pi/8) = 0.7654\sqrt{E_s} \quad (1)$$

Note that the distance depends on the symbol energy E_s . We can normalize the energy to 1, then $\Delta_0 = 0.7654$ and the Minimum Square Euclidean Distance (MSED) is:

$$d_0^2 = \Delta_0^2 = 0.586 \quad (2)$$

At the next level, where there are only four points in each of the two cosets, the MSED has increased to $d_1^2 = \Delta_1^2 = 2$, and at the last level, the MSED is 4.0.

An encoder for the 8-PSK 4-state TCM is shown in Fig. 3. A rate of $2/3$ with two inputs x_2 , x_1 , and outputs y_2 , y_1 , y_0 .

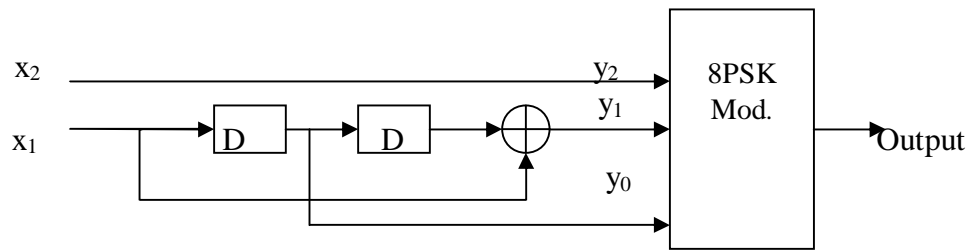


Fig. 3:8-PSK 4States TCM Encoder

This encoder involves $1/2$ convolutional code, one bit x_1 in and two bits y_1 , y_0 out. The other bit $y_2 = x_2$ which is the most significant bit left uncoded. This encoder has four states because it contains two memories. The trellis diagram for this encoder is shown in Fig. 4.

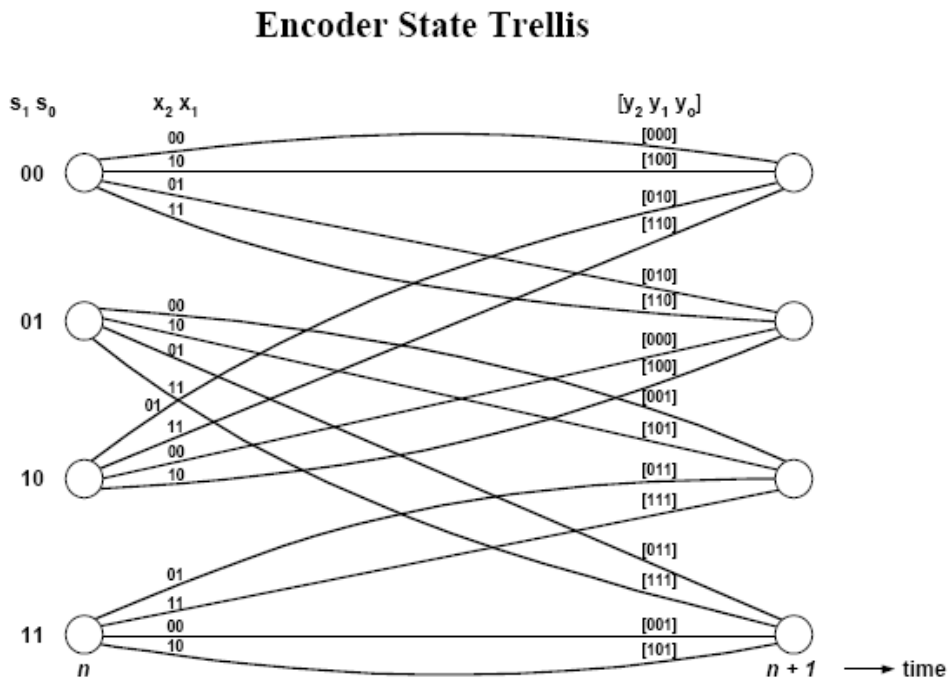


Fig. 4: Trellis Diagram of 4-States Rate $2/3$ TCM Code

At each state there are two coded bits incoming as well as one uncoded bit, so each path doubles to account for the two choices for the uncoded bit.

At state (00), if coded bits are 10, then the output of the encoder is 110 if uncoded bit is 1 or 010 if it is 0. This doubling of choices is called parallel transitions.

The coding gains of TCM compared with uncoded schemes asymptotically achieved at high signal-to-noise ratios are expressed as:

$$g = 10 \log_{10} \frac{d_{free}^2 / E}{d_{min}^2 / E'} \quad (3)$$

where γ is the coding gain, d_{free}^2 and d_{min}^2 are the squared free distances of the TCM and uncoded schemes, respectively. E and E' denote the average signal energies of the TCM and uncoded systems, respectively. From the trellis in the Fig. 4, the parallel paths at $t = 0$, state 00. Two parallel pairs, 100 and 000 pair and the 110 and 010 pair. Each pair is 180 degree phase shift apart and this correspond to a MSSED of 4.0. This is the SED at the bottom level of the partition in Fig. 2.

Now to determine the minimum distance path for this code, following from each state the path with the smallest squared distance (but not zero). This is 2.0 for the path starting at state 00. This takes us to state 2. From this state the minimum distance path is 0.586. This takes us to state 1 and from here returning to state 0 via a path that has a squared distance of 2.0. There is no other path that can take us back to 00 state and has a smaller total distance as shown in Fig. 5.

The total MSSED (d_{free}) for this code is the sum all three of these squared distances.

$$d_{free} = 2 + 0.586 + 2 = 4.586$$

Now d_{free}^2 for the TCM is the smaller of the two distances d_{min}^2 and d_{free}^2 that determine the overall performance.

$$d_{free}^2 = \min[d_{free}^2, d_{min}^2] = \min[4.586, 4.0] = 4.0 \quad (4)$$

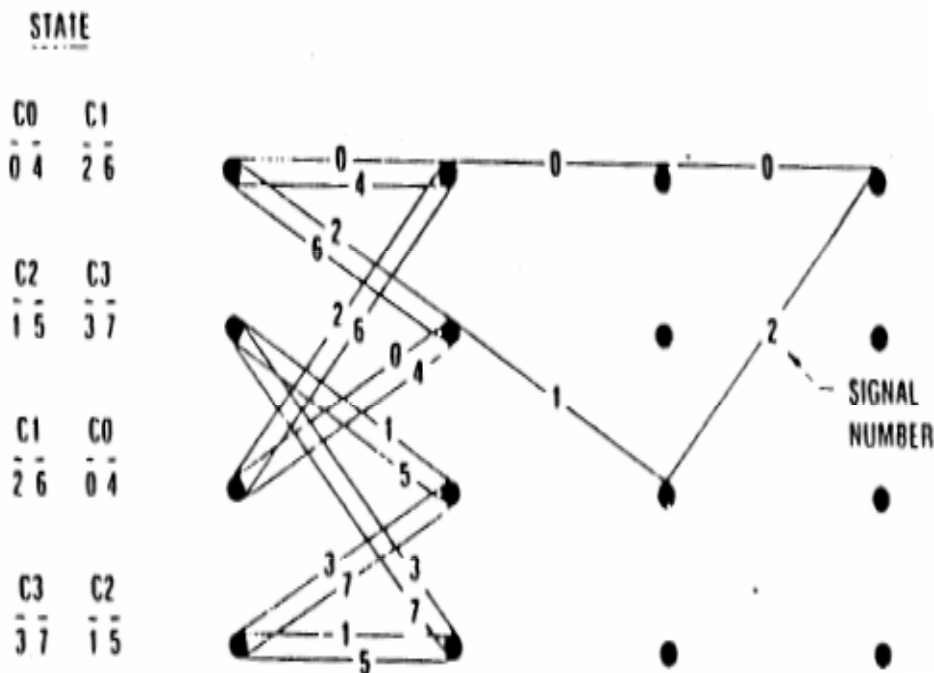


Fig. 5: Error path comparison for 8-PSK TCM

To determine the coding gain, dividing d_{free}^2 by the minimum square Euclidean distance of the uncoded Quaternary Phase Shift Keying (QPSK) constellation $d_{min}^2 = 2$. The coding gain from eq. (3) (assuming that both coded and uncoded signals have same energies $E = E'$) is:

$$\gamma = 10 \log [4/2] = 3\text{dB}$$

It is a remarkable result to obtain a gain of 3dB without any increase in bandwidth or symbol rate. By increasing the number of states to 8 (This is done by increasing the number of memory registers from 2 to 3), so that there are no parallel transitions in the trellis. The minimum squared distance between an error path and correct path is completely determined by the convolutional encoder as shown in Fig. 6.

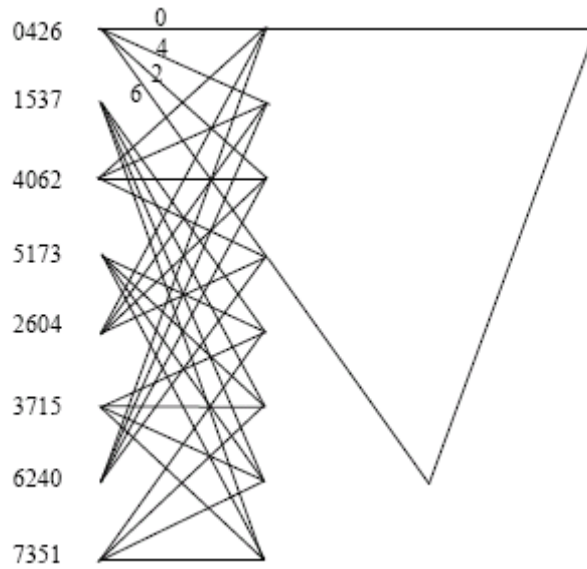


Fig. 6: Trellis of a code of a rate 1/2 with 8 states

In the figure above the left side lists the symbol numbers possible at each state. At state 0, path 6 has the smallest distance, from there going to symbol 7 and symbol 6 again. This path has the smallest SED. The sum of each of the distances is:

$$s_0 \text{ to } s_6 = 2.0, \quad s_0 \text{ to } s_7 = 0.586, \quad s_0 \text{ to } s_6 = 2.0$$

$$d_{free}^2 = 2 + 0.586 + 2 = 4.586$$

and now the coding gain is:

$$\gamma = 10 \log (4.586/2) = 3.7\text{dB}.$$

This is an improvement over the case of four states which had a coding gain of 3dB. More states improve this yet further.

Decoding TCM

A convenient way of describing a set of signal sequences is through a trellis. The distance properties of a TCM scheme can be studied through its trellis diagram in the same way as for convolutional codes. The optimum decoding is the search of the most likely path through the trellis once the received sequence has been observed at the channel output. Because of the noise, the path

chosen may not coincide with the correct path, i.e., the path traced by the sequence of source symbols, but will occasionally diverge from it and remerge at a later time [Mei Hong, 2002].

The Viterbi algorithm, as a general technique for decoding the convolutional codes, is also used in the TCM decoder. Due to the one-to-one correspondence between signal sequences and paths traversing the trellis, maximum-likelihood (ML) decoding consists of searching for the trellis path with the minimum Euclidean distance to the received signal sequence. If a sequence of length K is transmitted, and the sequence r_0, r_1, \dots, r_{K-1} is observed at the output of the AWGN channel, then the ML receiver looks for the sequence x_0, x_1, \dots, x_{K-1} that minimizes $\sum_{i=0}^{K-1} |r_i - x_i|^2$. This can be done

by using the Viterbi algorithm. The branch metrics to be used are obtained as follows. The branch in the trellis used for coding is labeled by signal x , if there are no parallel transitions, then at discrete time i the metric associated with that branch is $|r_i - x|^2$. If a pair of nodes is connected by parallel transitions, and the branches have labels x', x'', \dots in the set x , then in the trellis used for decoding the same pair of nodes is connected by a signal branch, whose metric is $\min_{x' \in x} |r_i - x'|^2$. That is, in the presence of parallel transitions the decoder first selects the signal among x', x'', \dots , with the minimum distance from r_i (this is a “demodulation” operation), then builds the metric based on the signal selected.

STBC with Two-Branch Transmit Diversity and One-Receiver

The structure is shown in Fig. 7. At a symbol period, two signals are transmitted from the two antennas simultaneously. Table 1 shows that the symbol transmitted from antenna zero is s_0 and

Table 1 : The transmit sequence for two-branch transmit diversity.

	antenna 0	antenna 1
time t	s_0	s_1
time t+T	$-s_1^*$	s_0^*

antenna one is s_1 . At next symbol period, the symbol transmitted from antenna zero is $-s_1^*$ and antenna one is s_0^* where $*$ is the complex conjugate operation [S. M. Alamouti, 1999].

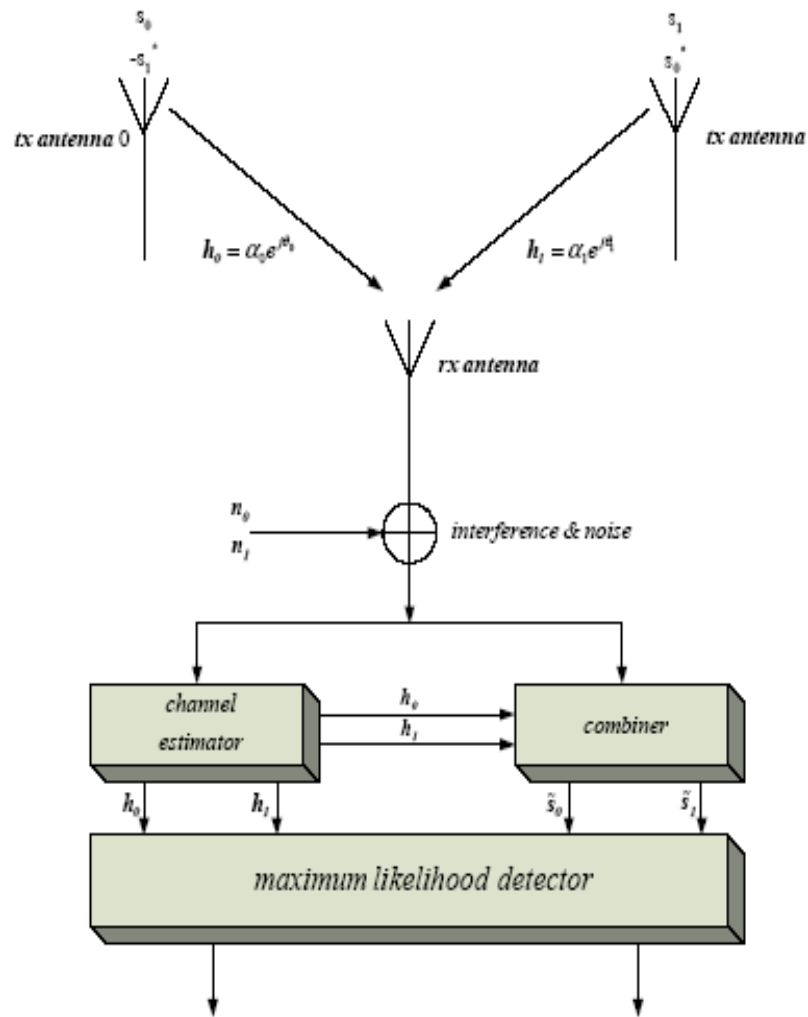


Fig. 7: A space-time block code with two-branch transmit diversity

The channel path gain at time t is modeled by a complex distortion $h_0(t)$ for transmit antenna zero and $h_1(t)$ for transmit antenna one. Assume the fading coefficient is constant across two consecutive symbols. It can be seen that the transmit sequence is divided into many blocks, and each block length is two symbol time units [S. M. Alamouti, 1999].

These combined signals are then sent to the maximum likelihood detector and using the decision rule of MPSK to make the most possible decision to recover the original transmission signals. The space-time block coding provides us to design concatenated codes with others. It is useful to combat the interference in Rayleigh fading channel. If there were two transmit antennas and M receive antennas, then the diversity advantage is $2M$.

STBC with Two-Branch Transmit Diversity and Two-Receivers

There may be applications where a higher order of diversity is needed and multiple receive antennas at the remote units are feasible. In such cases, it is possible to provide a diversity order of 2×2 with two transmit and 2 receive antennas. The sequences are listed in Table 2 and Table 3.

Table 2: The Definition of Channels Between The Transmit And Receive Antenna

	rx antenna 0	rx antenna 1
tx antenna 0	h_0	h_2
tx antenna 1	h_1	h_3

Table 3: The Notation For The Received Signals At The Two Receive Antennas

	rx antenna 0	rx antenna 1
time t	r_0	r_2
time $t + T$	r_1	r_3

Fig. 8 shows the baseband representation of the scheme with two transmit and two receive antennas. The encoding and transmission sequence of the information symbols for this configuration is identical to the case of a single receiver, shown in Table (1). Table (2) defines the channels between the transmit and receive antennas, and Table (3) defines the notation for the received signal at the two receive antennas [S. M. Alamouti, 1999].

Where

$$\begin{aligned}
 r_0 &= h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0 \\
 r_1 &= -h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1 \\
 r_2 &= h_2 s_0 + h_3 s_1 + n_2 \\
 r_3 &= -h_2 s_1^* + h_3 s_0^* + n_3
 \end{aligned} \tag{5}$$

n_0, n_1, n_2 and n_3 are complex random variables representing receiver thermal noise and interference. The combiner in Fig. 8 builds the following two signals that are sent to the maximum likelihood detector:

$$\begin{aligned}
 \tilde{s}_0 &= h_0^* r_0 + h_1^* r_1^* + h_2^* r_2 + h_3^* r_3 \\
 \tilde{s}_1 &= h_1^* r_0 - h_0^* r_1^* + h_3^* r_2 - h_2^* r_3.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Substituting the appropriate equations we have

$$\tilde{s}_1 = (\alpha_0^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2) s_1 - h_0^* n_1^* + h_1^* n_0^* - h_2^* n_3^* + h_3^* n_2^* \tag{7}$$

These combined signals are then sent to the maximum likelihood decoder which for signal s_0 uses the decision criteria expressed in eq. (22) or eq. (23) for PSK signals. Choose s_i iff

$$\begin{aligned}
 &(\alpha_0^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 1) |s_i|^2 + d^2(\tilde{s}_0, s_i) \\
 &\leq (\alpha_0^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 1) |s_k|^2 + d^2(\tilde{s}_0, s_k).
 \end{aligned} \tag{8}$$

Choose s_i iff

$$d^2(\tilde{s}_0, s_i) \leq d^2(\tilde{s}_0, s_k), \quad \forall i \neq k. \tag{9}$$

Similarly, for s_1 using the decision rule is to choose s_i signal iff

$$\begin{aligned} &(\alpha_0^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 1)|s_i|^2 + d^2(\tilde{s}_1, s_i) \\ &\leq (\alpha_0^2 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 - 1)|s_k|^2 + d^2(\tilde{s}_1, s_k) \end{aligned} \quad (10)$$

or, for PSK signals, choose s_i iff

$$d^2(\tilde{s}_1, s_i) \leq d^2(\tilde{s}_1, s_k), \quad \forall i \neq k. \quad (11)$$

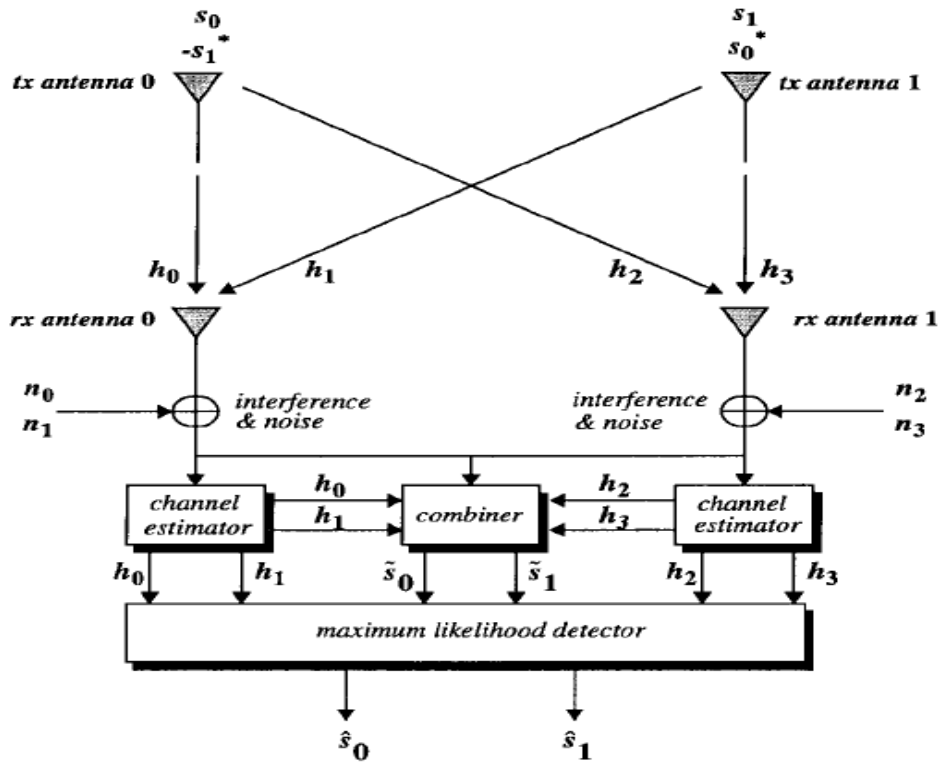


Fig. 8: two-branch transmit diversity scheme with two receivers

STBC with Two-Branch Transmit Diversity and Three-Receivers

It is possible to provide a diversity order of $2 \cdot M$ with two transmit and M receive antennas. It can use the combiner for each receive antenna and then simply add the combined signals from all the receive antennas. Therefore for this case of two transmitters and three receivers (2TX-3RX), it can be applied the same method used for the case of two transmitters and two receivers (2TX-2RX) mentioned above.

Concatenated STBC with TCM for OFDM System

Fig. 9 shows the block diagram of concatenated STBC with TCM for OFDM system. First, the TCM encoder encodes the source data. Next, the encoded data is interleaved because the Viterbi Algorithm (VA) is not effective against burst errors. Adding interleaver to distribute burst error. And then the space-time encoder encodes the data. The concatenated code is used in the OFDM system. At each time interval, the symbols are modulated and transmitted simultaneously over different transmit antennas.

At the receiver, the received data is demodulated by the OFDM demodulator, and then combined according to the combining techniques described for STBC. The soft output of the combiner is sent directly to the deinterleaver. Finally, a TCM decoder, such as the Viterbi algorithm, decodes the data.

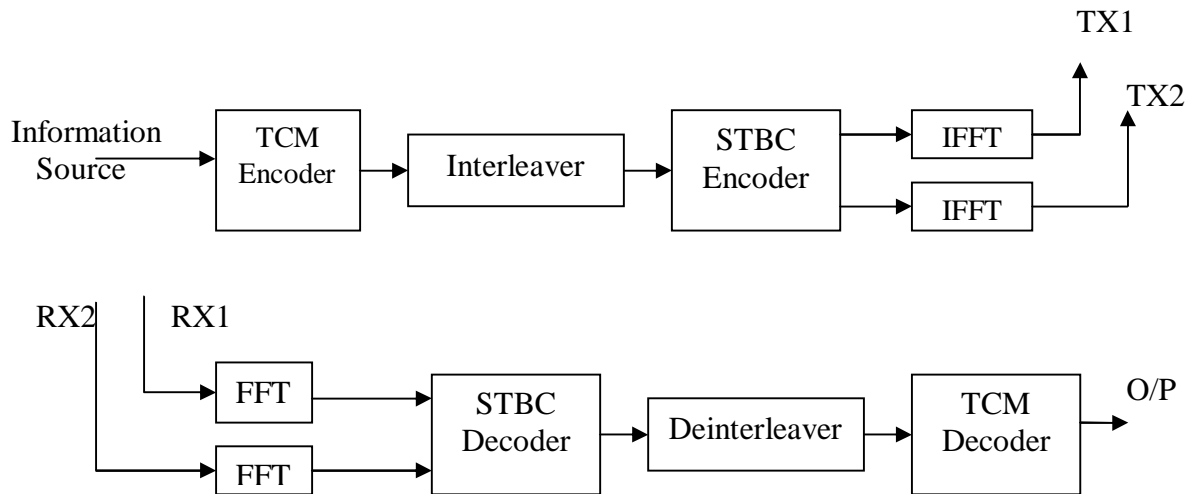


Fig. 9: Block diagram of concatenated STBC with TCM for OFDM system.

The outer code is TCM, then its decoder must use soft-decisions and hence the SBTC decoder must be soft output. Since the SBTC combats the fading by antenna diversity, the outer code (TCM) combats the AWGN to achieve additional coding gain.

- SIMULATION RESULTS

This section gives the simulation results and evaluation tests of these proposed systems, STTC coded OFDM for the cases, Two Transmitters-One Receiver (2TX-1RX), Two Transmitters-Two Receivers (2TX-2RX), and Two Transmitters-Three Receivers (2TX-3RX). The results of the systems in two types of channels, flat fading channel and frequency selective channel, will be examined and compared. The effects of several parameters of wireless channels on the two systems will be investigated. In the OFDM system the FFT transformation is considered. For the TCM, Four States (4States) and Eight States (8States) convolutional code were done. Table 4 shows the parameters of the systems that are used in the simulation. Simulations were done in MATLAB 7. Generation of 2000 packets, each one contains 128 bits.

Table 4: Simulation Parameters.

TCM	8PSK (4-STATES & 8-STATES)
Number of sub-carriers	64
Number of FFT points	64

Channel model	Flat fading + AWGN
	Frequency selective fading + AWGN

Fig. 10 and Fig. 11 illustrate the performance of STTC-OFDM system for 4States and 8States 8-PSK TCM in Flat Fading channel. It can be seen that the performance of the system increases with increasing the diversity gain and coding gain. The best case is that of 2TX-3RX.

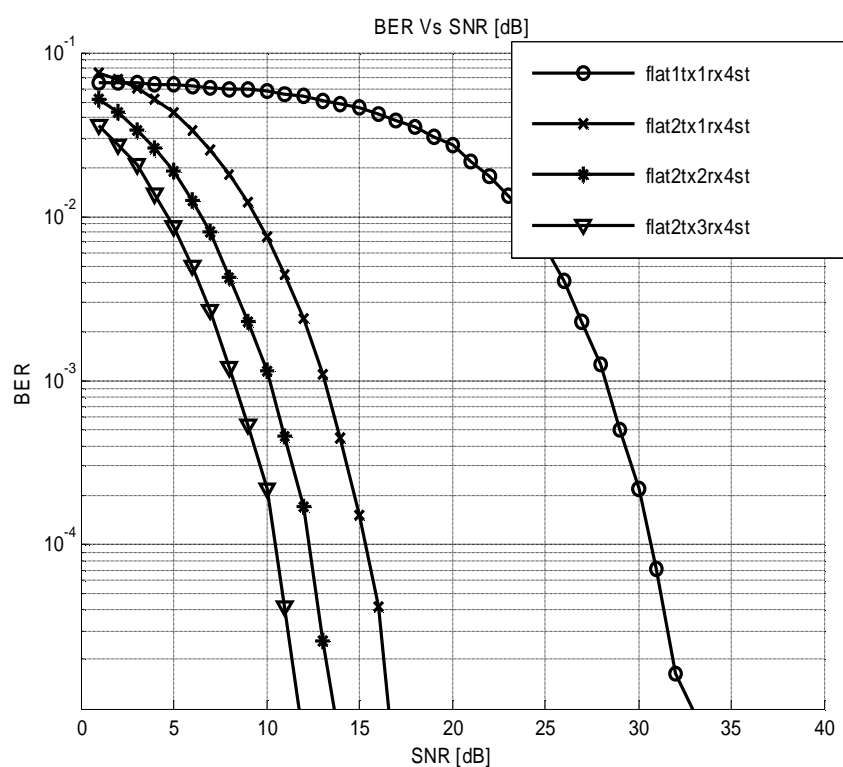


Fig. 10: BER performance of STTC-OFDM for 4-STATES 8PSK TCM in flat fading channel.

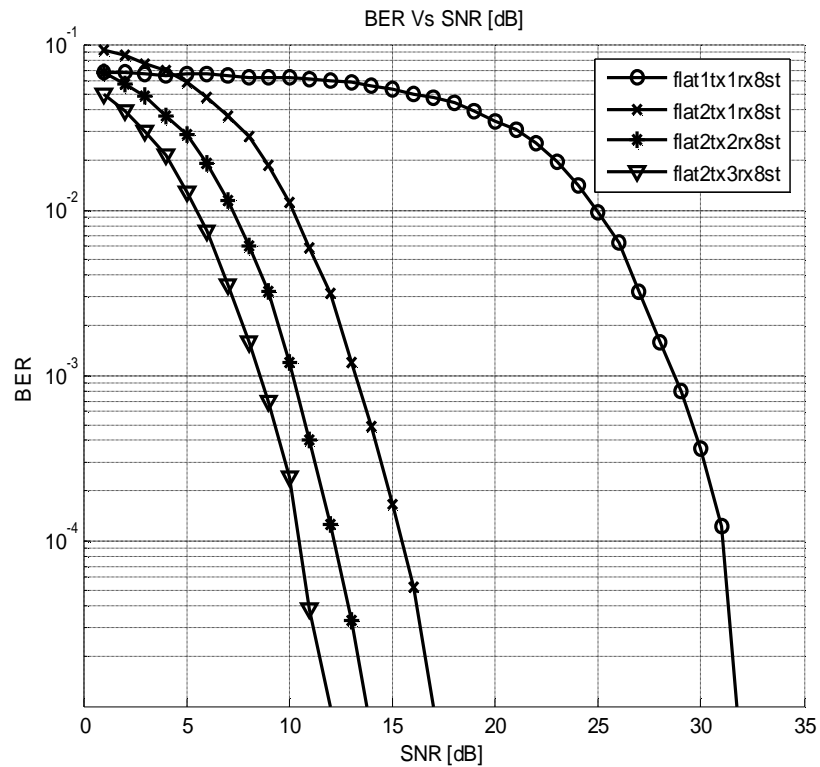


Fig. 11: BER performance of STTC-OFDM for 8-STATES 8PSK TCM in flat fading channel.

Fig. 12 and Fig. 13 illustrate the performance of STTC-OFDM system for 4States and 8States 8-PSK TCM in Frequency Selective Fading channel. It can be seen that the performance of the system increases with increasing the diversity gain and coding gain. The best case is that of 2TX-3RX.

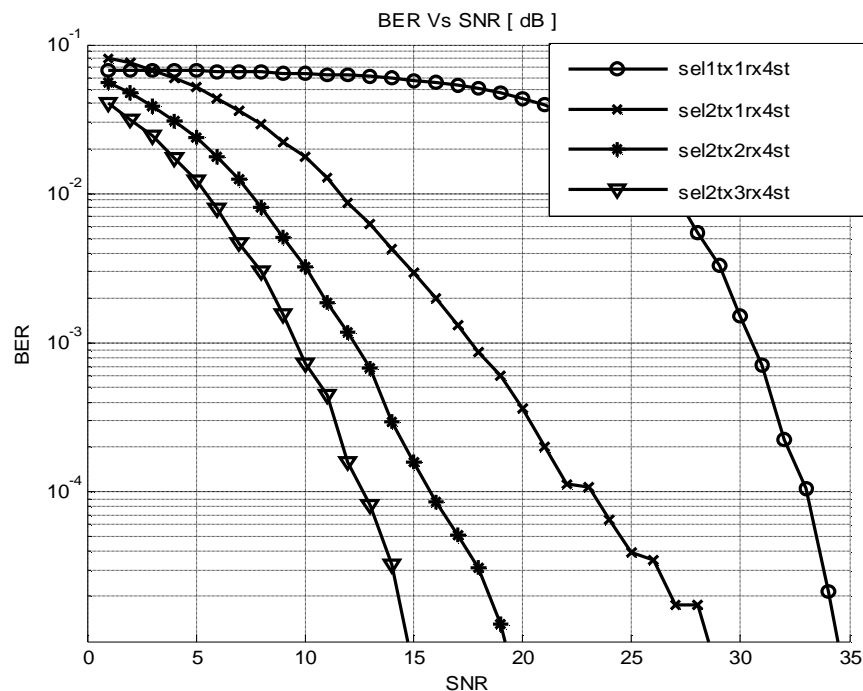


Fig. 12: BER performance of STTC-OFDM for 4-STATES 8PSK TCM in frequency selective fading channel.

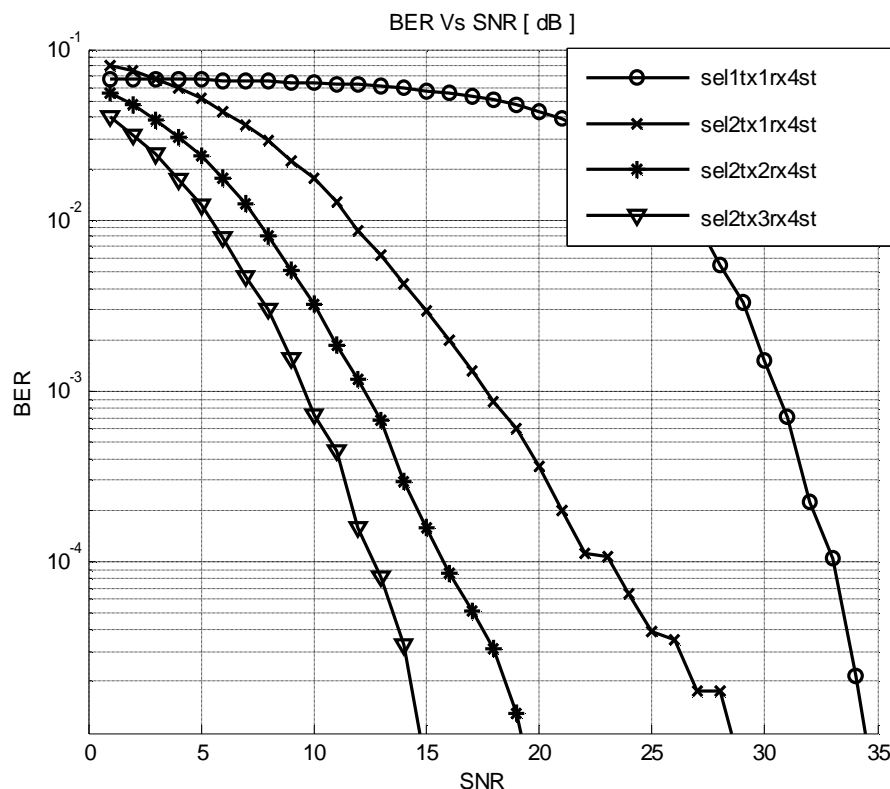


Fig. 13: BER performance of STTC-OFDM for 8-STATES 8PSK TCM in frequency selective fading channel.

- CONCLUSION

In this paper, we investigate the improved performance of the combined OFDM system using STTC based TCM schemes with two transmit antennas and multiple receive antennas, 4-States and 8-States convolutional encoder. The performance comparisons of bit error probability for the conventional OFDM, STTC OFDM have been presented. Simulation results were provided to demonstrate that significant gains can be achieved by increasing the number of receive antennas for the STBC and the number of states for the TCM with very little decoding complexity. Therefore, the STTC coded OFDM is a feasible.

REFERENCES

- D. Agrawal, V. Tarokh, A. Naguib, and N. Seshadri, "Space-time coded OFDM for high data rate wireless communication over wideband channels", in IEEE VTC-1998, vol. 3, pp. 2231-2236, 1998.
- S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications", IEEE Jour. on Selected Areas in Co. <http://www.xilinx.com/publications/products/v2/wireless.htm>, 1999.
- N. Balaban and J. Salz, "Dual diversity combining and equalization in digital cellular mobile radio", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 40, pp. 342-354, May 1991.
- R. Calderbank and J. E. Mazo, "A new description of trellis codes", IEEE Transaction on Information Theory, vol. IT-30, pp. 784-791, November 1984.



Eric Lawrey, "The suitability of OFDM as a modulation technique for wireless telecommunications with a CDMA comparison", Master Thesis, James Cook University, October 1997.

Mei Hong, "Analysis of the Bit Error Rate of Trellis-coded Modulation", Master Thesis, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg Sweden, 2002.

G. Ungerboeck, "Channel coding with multilevel/phase signals", IEEE Transaction on Information Theory, vol. IT-28, pp. 55–67, January 1982.

M. Uysal, N. Al-Dhahir, and C. N. Georgiades, "A space-time block-coded OFDM scheme for unknown frequency-selective fading channels", IEEE Commun. Lett., vol. 5, no. 10, pp. 393-395, October 2001.

K. Witrisal, "OFDM Air-Interface Design for Multimedia Communications", Ph.D Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands, April 2002.

Yipeng Tang, "DSP Implementation of Trellis Coded Modulation and Distributed Space Time Coding", Master Thesis, West Virginia University, Morgantown, West Virginia, 2001.

List of Abbreviations

DFT : Discrete Fourier Transform

FFT : Fast Fourier Transform

IDFT: Inverse Discrete Fourier Transform

IFFT : Inverse Fast Fourier Transform

MED : Minimum Euclidean Distance

MSED : Minimum Square Euclidean Distance

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

PSK : Phase Shift Keying

QPSK : Quaternary Phase Shift Keying

STBC : Space Time Block Code

STC : Space Time Code

STTC : Space Time Trellis Code

TCM : Trellis Coded Modulation



GEOTEXTILE AND GEOMEMBRANE USAGE IN AN IRAQI SANDY GEOENVIRONMENT

Dr. Omar al-Farouk S. al-Damluji
Department of Civil Engineering
University of Baghdad

Mustafa Malik Jasim
Formerly Postgraduate Student
Department of Civil Engineering
University of Baghdad

ABSTRACT

The work in this research presents an experimental and a theoretical study to obtain the effect of using a low permeability geosynthetic material on the longitudinal and lateral coefficients of dispersion. This would have its effect on the contaminants migration through an isotropic, homogenous and saturated soil. The first stage of this research involves the study of the geosynthetic material and in calculating the longitudinal and lateral coefficients of dispersion for an Iraqi sandy soil by using an experimental set-up to simulate the processes. To investigate the effect of using a geosynthetic material on the dispersion coefficients, the test was conducted for each velocity that was used in the experimental work and as follows:

- without using the geosynthetic material first, and
- by using the geosynthetic material as a base and a cover for the soil sample.

The second stage of this research is interested in developing a numerical model able to simulate the contaminants dispersion phenomenon. To solve the two-dimensional advection-dispersion equation, a numerical model was derived using the finite element method. This numerical model was verified by comparing it with the analytical solution of one-dimensional dispersion. To study the effect of using a geosynthetic material on the contaminants dispersion through soil, a proposed field problem is tested.

الخلاصة

يتضمن هذا البحث دراسة عملية ونظرية لتأثير استخدام مواد صناعية ذات نفاذية واطئة على معامل التشتت بالاتجاه الطولي والعرضي وبالتالي تأثيرها على أرتحال الملوثات خلال ترب موحدة الخواص، متجانسة ومشبعة. تهتم المرحلة الاولى من البحث بدراسة المواد الصناعية و حساب معامل التشتت الطولي ومعامل التشتت العرضي لتربة رملية عراقية عن طريق استخدام جهاز لتمثيل التشتت الطولي والعرضي باتجاه واحد ولمعرفة مدى تأثير استخدام المواد الصناعية على معامل الانتشار فقد تم اجراء التجارب بصورة مكررة لكل سرعة من السرعة المستخدمة في الفحص العملي وكالاتي:-

- بدون أسخدام المادة الصناعية.
- وباستخدام المادة الصناعية كقاعدة وغطاء لنموذج التربة .

وتهتم المرحلة الثانية من البحث بتطوير نموذج عددي قادر على حل ظاهرة التشبث للملوثات. وقد تم استخدام نموذج عددي لحل معادلة التشبث الحثلي الثنائية الابعاد باستخدام طريقة العناصر المحددة وقد جرى التحقق من صحة النموذج من خلال أجراء مقارنة مع الحل النظري التحليلي الاحادي التشبث. هذا وتم فحص مسألة حقلية مفترضة وذلك لغرض دراسة تأثير وجود المادة الصناعية على انتشار الملوثات داخل التربة.

INTRODUCTION

Geotechnical engineering is by now becomes more involved with problems of pollutant migration through soil. This involvement arises from the concern regarding the contamination of soil and the groundwater system which restrict or prevent them from use in the various applications where they normally play a part in⁽¹⁶⁾. The leachate from landfills or industrial waste disposal represents the main problem of soil and groundwater system contamination. Many regulatory authorities now require the use of liners to control pollutants migration and this often involves separating the landfill from the nearby area by using a low permeability material such as a compacted clay liner (CCL) or a geosynthetic material (GCLS)⁽¹⁷⁾.

Geosynthetic Material

In general, geosynthetics are fabric like materials made from polymers. Geotextiles and geomembranes are two types of these materials which include also other types. Each type of geosynthetics performs one or more of the following four major functions⁽⁷⁾⁽⁶⁾⁽¹³⁾:

* **Separation:-**

as a separation layer. Geosynthetics are used to prevent adjacent soil layers or fill materials from intermixing. The main use of this function is for road and railway constructions, and hydraulic and landfill engineering, Fig. 1⁽⁷⁾⁽¹⁴⁾.

* **Filtration:-**

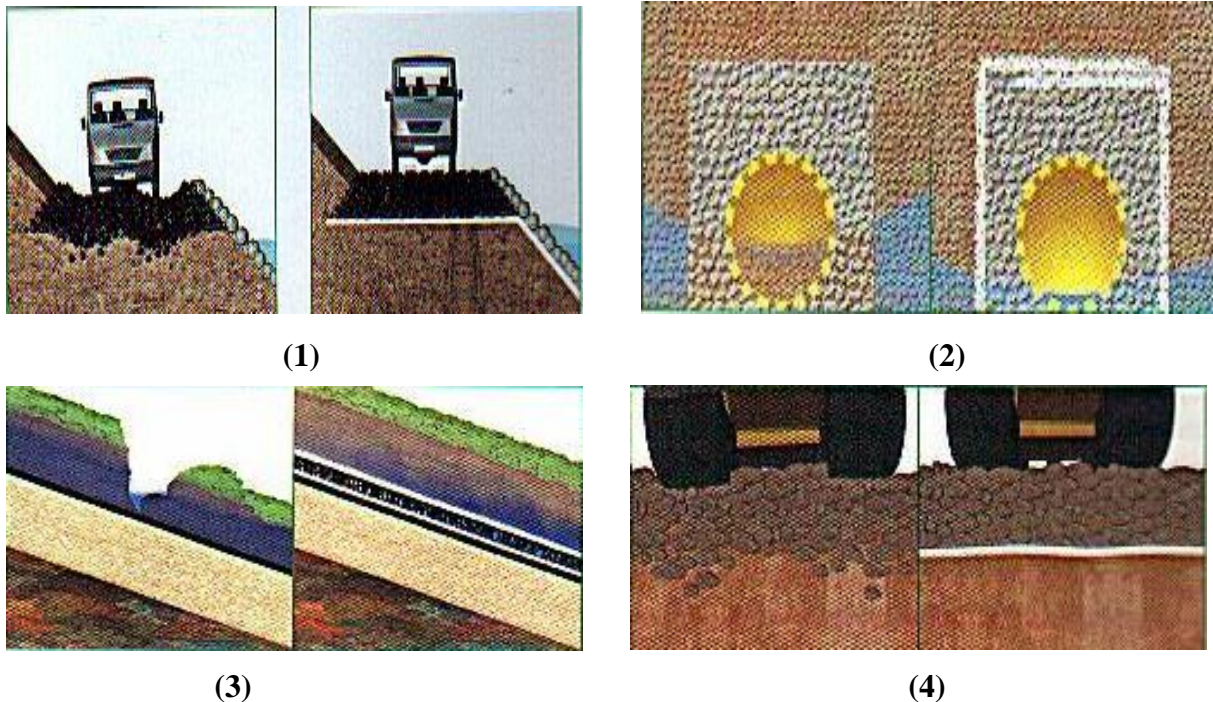
as a filter. When placed in contact with soil, they allow water to pass through while prevent the passage of fine soil particles. Their main uses are as hydraulic engineering materials and drainage systems, Fig. 2⁽⁷⁾.

* **Drainage:-**

as drainage materials where they collect liquids or gases and convey them towards a collection point or an outlet point, Fig. 3⁽⁷⁾.

4- **Reinforcement:-**

Geosynthetics are installed beneath or between soil layers to improve its mechanical properties, by increasing the bearing capacity of the soil and minimizing the deformation, Fig. 4⁽⁷⁾⁽¹⁴⁾.



Figs. (1, 2, 3 and 4) Geosynthetic material applications^{(7) (14)}.

Types of Geosynthetic Materials

A- Geotextile: -

Defined as permeable fabrics, which act compositely with soils and rocks. They are products of textile industries. There are two main types of geotextiles which are made mainly from four types of synthetic polymers (polyamide, polyester, polyethylene and polypropylene), woven and non- woven geotextiles ⁽⁷⁾⁽⁶⁾.

B- Geomembranes: -

Defined as impermeable liquid barriers made primarily from continuous polymeric sheets that are flexible. Geomembrane types may be classified, according to the type of polymeric material made from, as thermoplastic and thermoset ⁽⁶⁾.

Geosynthetics in Landfill Engineering

In landfill engineering, geosynthetic materials are used in: -

- 1- *basal linings, and*
- 2- *caps or covers*⁽¹⁴⁾.

Basal Linings:-

The main objective of a base lining is to prevent the escape of contaminants from landfill waste into underlying soils. Properly constructed liner systems should also allow for the controlled collection and removal of landfill leachate for subsequent treatments, Fig. 5 ⁽¹⁴⁾.

Types of Geosynthetic Materials Used in Landfill Base Lining:-

- 1- **Bentofix:** - is a needle- punched reinforced geosynthetic clay liner (GCL) that uses two geotextile layers to encapsulate a layer of natural sodium bentonite. The needle- punched fibers transmit shear forces through the bentonite core. It is used as a sealing barrier against liquid and gases in various civil and environmental applications ⁽¹²⁾.

- 2- **Carbofol:** - is a geomembrane made from high density polyethylene used to protect and seal the subsoil from the release of potential contaminants ⁽¹³⁾.
- 3- **Secutex:** - is a needle-punched staple fiber nonwoven geotextile used for separation, filtration, protection and drainage. It is used in many civil engineering applications such as hydraulic engineering, landfill engineering and road construction ⁽¹⁴⁾.

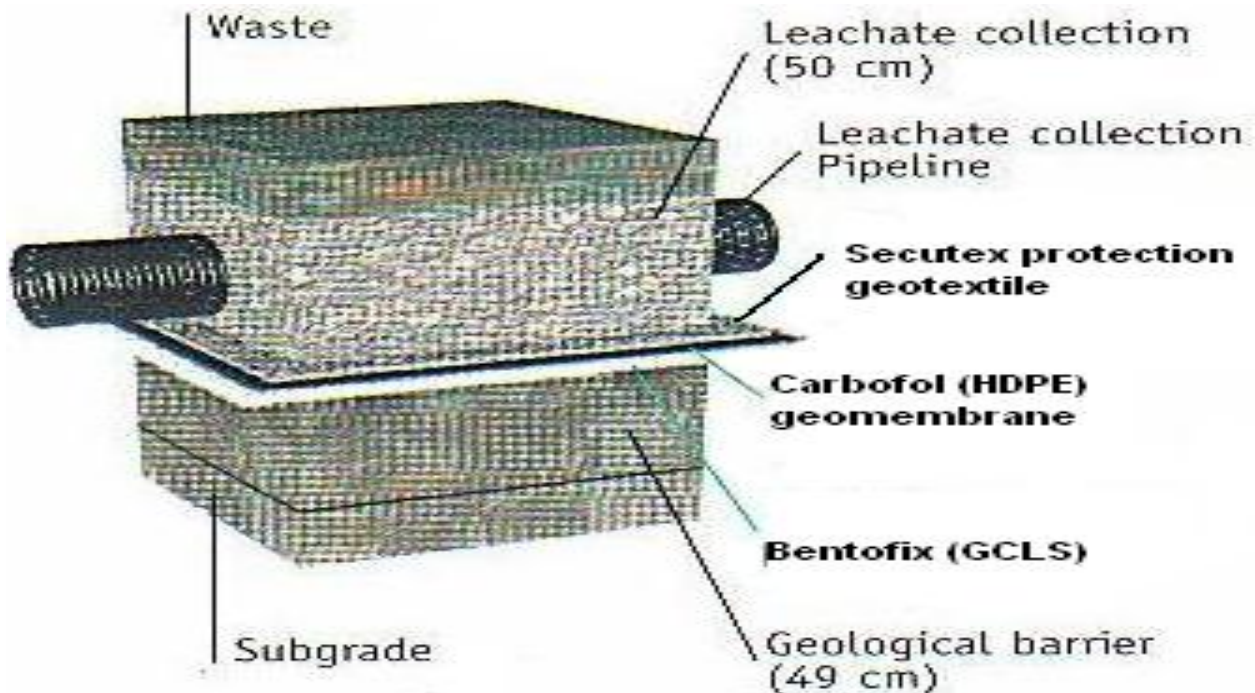


Fig. (5) Basal linings ⁽¹⁴⁾.

Landfill Capping (Covering)

The main objective of a cap or cover in landfill engineering is to prevent the intrusion of precipitation into the waste and this will reduce and ultimately stop leachate generation, Fig. 6 ⁽⁶⁾.

Types of Geosynthetic Materials Used in Landfill Capping:-

In addition to Bentofix and Carbofol which are used in landfill basal lining, landfill capping includes also:

Secudran: - is a three- dimensional drainage system designed to discharge liquids and gases. The secudran geosynthetic drainage system consists of three individual layers made up of the following components ⁽¹⁴⁾:-

- 1- a filter which protects the drainage layer from clogging,
- 2- a drainage layer which transmits the water in the filter level, and
- 3- a filter/protection which serves as a filter or a separation layer to the mineral component or the protection layer for the geomembrane (HDPE).

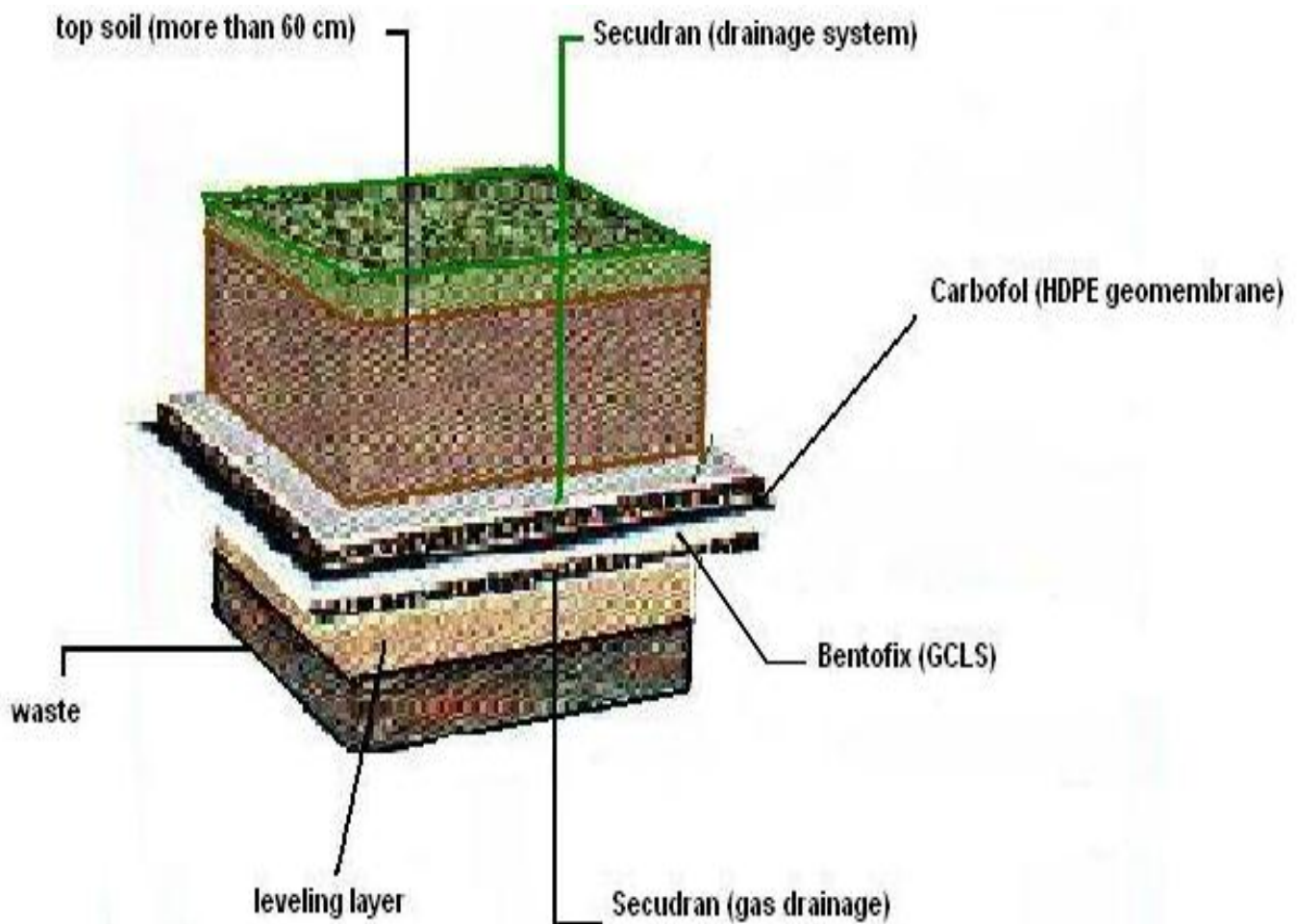


Fig. (6) Landfill capping ⁽¹⁴⁾.

***TRANSPORT THROUGH POROUS MEDIA**

One of the earliest observations of the phenomena of transport and dispersion in porous media is reported by Slichter in 1905 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾. The transport of contaminants or pollutants through porous media is mainly attributed to the advection-dispersion process ⁽⁴⁾ ⁽⁹⁾ ⁽²⁰⁾.

Advection Process:-

The transport at the same velocity as groundwater of dissolved solids is called advective transport ⁽²⁰⁾.

Dispersion Process:-

Dispersion refers to mixing and spreading caused in part by molecular diffusion and in part by variations in velocity (mechanical dispersion) within the porous media ⁽²⁰⁾.

Molecular Diffusion:-

is a physical process which depends upon the kinetic properties of the fluid molecules and causes mixing at a contact front between two fluids ⁽⁵⁾.

Mechanical Dispersion:-

is caused by the difference in velocity of flow inside the porous media ⁽¹⁰⁾. The amount of mechanical dispersion occurring in porous media depends on the physical properties of the soil (size and shape of the pores) and the absolute magnitude of the average linear velocity in porous media ⁽⁵⁾.

* MATHEMATICAL MODEL

The advection-dispersion equation for one dimensional flow, one dimensional dispersion through homogenous, isotropic porous media and steady flow is ^{(5) (18) (11)}:-

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (1)$$

where:-

C = concentration of contaminant at any time (t) at any distance (x),

D_L = longitudinal coefficient of dispersion (L²/T), and

u = pore or average liner velocity (L/T).

The analytical solution of the governing differential equation under conditions:-

$$C(x, 0) = 0$$

$$C(0, t) = C_0$$

$$C(\infty, t) = 0$$

is given by ^{(20) (10)}:-

$$2 \frac{C}{C_0} = \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{x - ut}{2(D_L t)^{\frac{1}{2}}}\right) + \exp\left(\frac{ux}{L}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x + ut}{2(D_L t)^{\frac{1}{2}}}\right) \right] \quad (2)$$

The second term is very small compared to the first one and may be neglected; thus:

$$2 \frac{C}{C_0} = \operatorname{erfc}\left[\frac{\left(\left(\frac{x}{ut}\right) - 1\right)}{2\left(\frac{D_L}{tu^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3)$$

where:-

C₀: initial contaminant concentration (mg/l),

x: distance traveled by the contaminant in the direction of flow (L),

t: time.

By using the “inverfc”, eq. (3) can be converted into ⁽²⁾:-

$$\frac{D_L}{tu^2} = M \left(\left(\frac{x}{ut} \right) - 1 \right)^2 \quad (4)$$

where:-

$$M = 0.25 \left[\operatorname{inverfc}\left(\frac{2C}{C_0}\right) \right]^{-2} \quad (5)$$

A similar procedure is applied to the steady state transverse dispersion equation ⁽¹⁰⁾:-

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad (6)$$

An analytical solution of the governing differential equation under conditions:-

$$\frac{\partial C}{\partial y} = 0 \quad \text{for } y = \pm \infty$$

$$C(y, 0) = C_0 \quad \text{for } 0 < y < +\infty$$

$$C(y, 0) = 0 \quad \text{for } -\infty < y < 0$$

is obtained ⁽¹⁰⁾:-



$$2 \frac{C}{C_o} = \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{y}{2 \left(\frac{D_T x}{u} \right)^{\frac{1}{2}}} \right) \right] \quad (7)$$

where:-

y: distance traveled by the contaminant in the perpendicular direction of flow (L), and

D_T : transverse coefficient of dispersion (L^2/T).

By using the “inverfc”, eq. (7) can be converted into ⁽²⁾:-

$$D_T = M \left(\frac{y}{\sqrt{x}} \right) \left(\frac{u}{u} \right) \quad (8)$$

* EXPERIMENTAL SIMULATION SET-UP

The schematic diagram depicted in Fig. 7 shows the experimental apparatus constructed by the authors which was used in the measurement of the distribution of a dilute, salt water tracer. To describe the testing equipment used in the experimental work, the following points are set:-

1. The porous medium box has outer dimensions of (10.5×31×40) cm. It is constructed out of glass sheets of 6 mm thick where the removable upper cover was constructed of Perspex glass of 4 mm thick in order to give flexibility which is required for the tie closer to prevent any leakage. These sheets are supported by a steel frame.
2. Two- galvanized steel tanks of (0.3×0.3×0.3) m, one as a storage tank and the other as a supply constant head tank. The two tanks are connected together by a flexible plastic tube. The amount of salt-water tracer (solution) discharge from the first tank to the second tank is controlled by a tap.
3. Floating equipment are used in order to control the head of the solution in the supply constant head tank.
4. The supply constant head tank provides the porous medium (soil sample) with salt-water tracer (solution) by a flexible plastic tube. A valve is installed at the inlet line to aid in controlling flow into the box.
5. The outlet tube.

Salt-Water Tracer

A solution of tap water and sodium chloride with an initial concentration of 1000 mg/l is used in order to determine the dispersion characteristics of the porous medium. This tracer has been widely used by many investigators ^{(5) (8) (1)} due to:-

- safety,
- cheapness and availability, and
- for not being affected by the liquid's density and viscosity.

Concentration measurement is done by using a Total Dissolved Solids (**TDS**) meter, which is a digital device that measures the concentration variations as (mg/L).

LEGEND

- 1 POROUS MEDIUM BOX
- 2 GALVANIZED STEEL TANK
- 4 CONTROL VALVES
- 5 FLEXIBLE PLASTIC TUBE
- 6 OUTLET TUBE

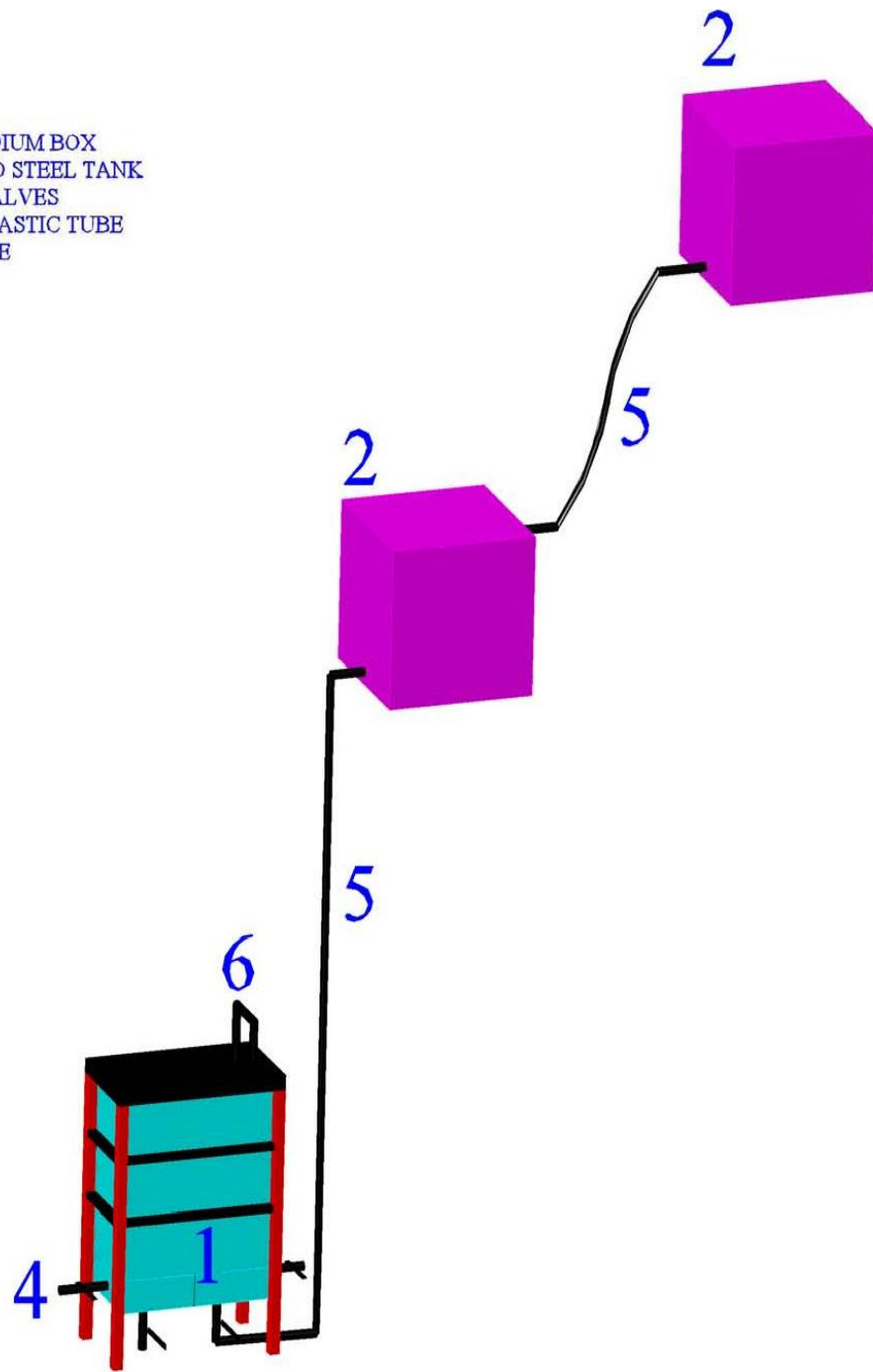


Fig. (7) Schematic diagram of the apparatus for the determination of the longitudinal and lateral dispersion coefficients

Soil Sample and Geotextile Material

Soil Sample

An Iraqi sandy soil is used in the experimental work in order to investigate its dispersion characteristics. The particle size distribution was determined by mechanical sieve analysis. The uniformity coefficient for the tested soil is equal to 2.69. The discharge velocity may be determined by measuring the coefficient of permeability of the soil. A constant head test is used to determine the coefficient of permeability, because constant heads are more suitable for

coarse-grained soils that have high coefficients of permeability ⁽¹⁴⁾. The discharge velocity can be calculated as ⁽⁹⁾: -

$$v = k \times i \quad (9)$$

where:-

v : discharge velocity,

k : coefficient of permeability, and

i : hydraulic gradient.

Geotextile Material

The type of geotextile material used in this experimental work is Bentofix (GCLS). Fig. (8) shows photos of the Bentofix material.



Fig. (8) Photos of the Bentofix material

Experimental Work Procedures

This section presents the procedure used in order to obtain the data necessary for the evaluation of the longitudinal and lateral dispersion coefficients for various discharge velocities. This procedure includes:-

1. Preparing an amount of the solution which is used in the experimental work as cited in section (4-1).
2. At first, the soil sample in the test section is saturated with tap water.
3. The valve controlling the flow into the box is opened at a time equal to zero. A sharp interface is created between the salt-water tracer and the tap water. Then, this interface will advect and disperse through the soil sample.
4. The solution from the outlet tube is collected with constant time steps in order to measure the concentration.
5. The same procedures are adopted twice:-
 - First without using the geotextile material (W.O.M), and
 - Secondly with the use of the geotextile material (W.M) which lays as a base and cover material for the soil sample inside the porous medium box.

6. The test finishes when the concentration reaches the maximum value (C_0).

The Determination of the Dispersion Coefficients

Basak and Murty⁽²⁾ used a very simple and direct method for determining (D_L) and (D_T), requiring only one experimental point at any early time. Longitudinal dispersion coefficients are determined from the temporal distributions of the tracer breakthrough curves and according to Equation (4). Figs. (9a), (9b) and (9c) represent the test results without using the geotextile material (w.o.m) while Figs. (10a), (10b) and (10c) show the test results by using the geotextile material (w.m). According to Basak and Murty⁽²⁾ the lateral dispersion coefficients can be calculated by using Equation (8). Table (1) summarizes the dispersion experimental test results.

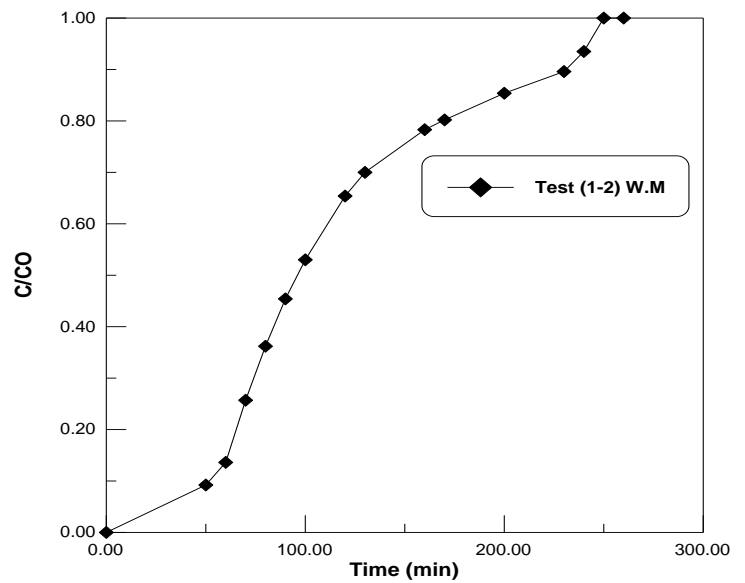
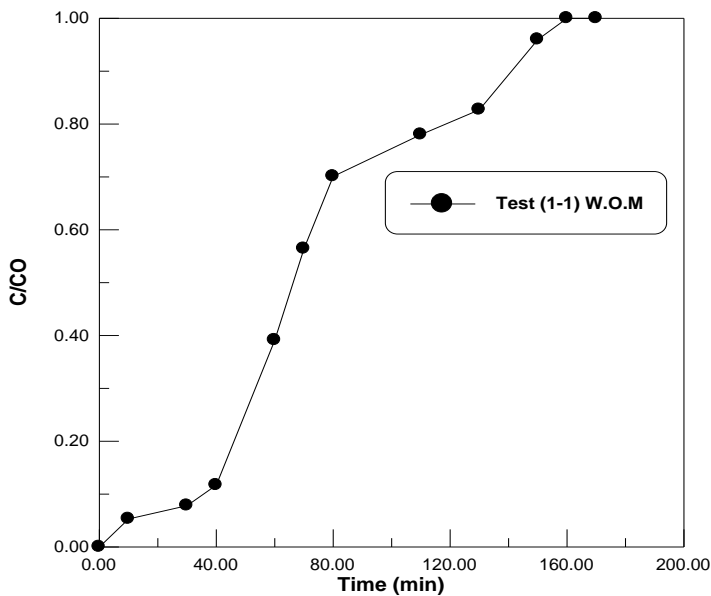


Fig. (9a) longitudinal breakthrough curve for $v= 0.584$ cm/min.

Fig. (10a) longitudinal breakthrough curve for $v=0.584$ cm/min

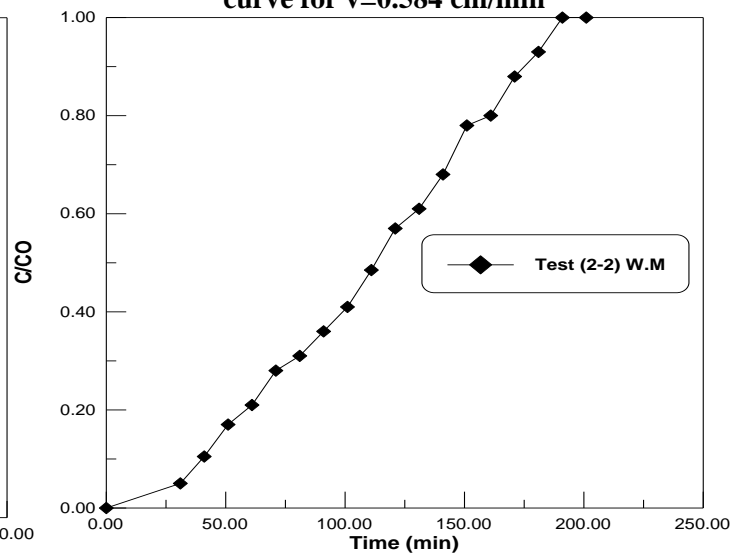
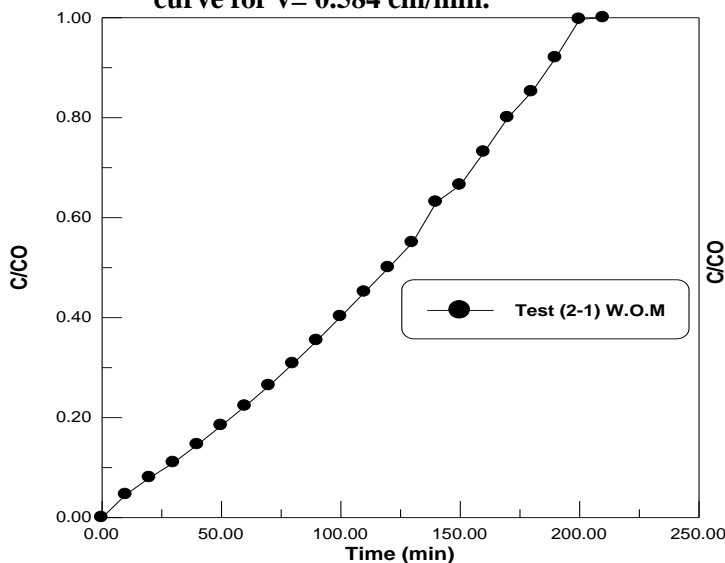


Fig. (9b) longitudinal breakthrough curve for $v= 0.70$ cm/min.

Fig. (10b) longitudinal breakthrough curve for $v= 0.70$ cm/min.

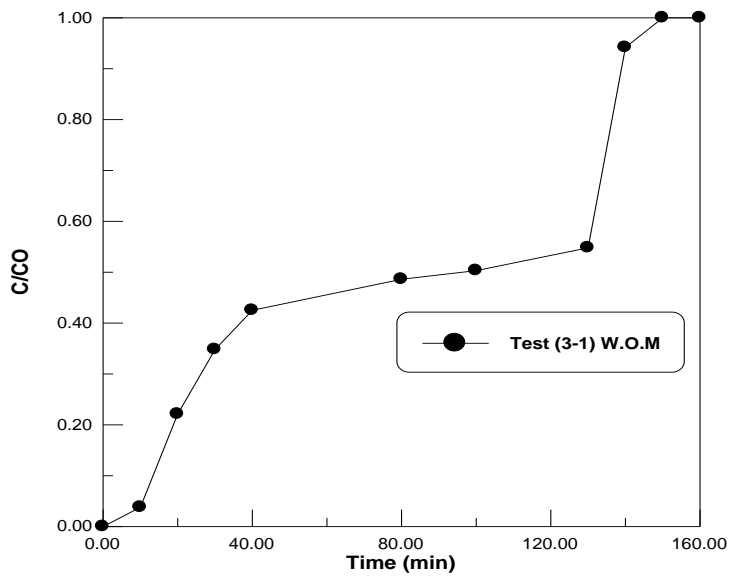


Fig. (9c) longitudinal breakthrough curve for $v=0.852$ cm/min.

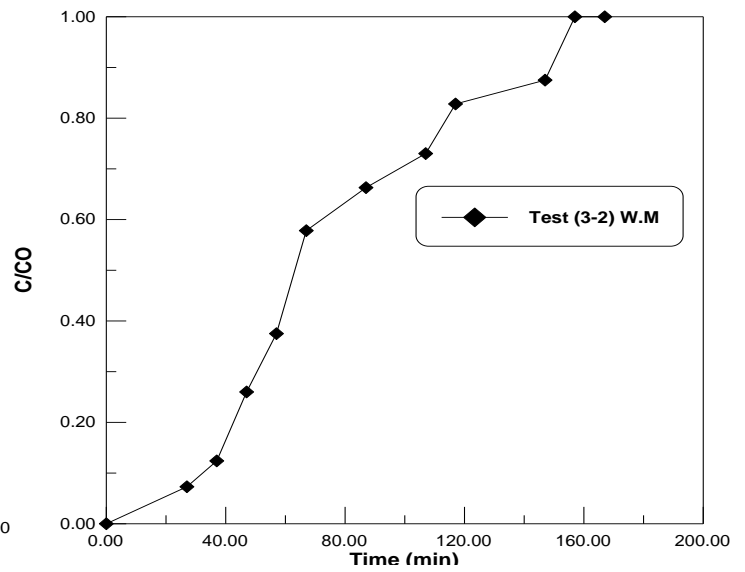


Fig. (10c) longitudinal breakthrough curve for $v=0.852$ cm/min.

Table (1) Dispersion experimental test results

Test No.	Type of Test	Discharge velocity (cm/ min)	Time when $C/CO = 0.1$ (min)	D_L Cm^2/min	D_T Cm^2/ min
1	W.O.M	0.548	36	0.892	0.304
	W.M		53.3	0.004	0.304
2	W.O.M	0.70	28.3	1.12	0.5
	W.M		41	0.015	0.5
3	W.O.M	0.852	14.74	6.283	0.74
	W.M		32.8	0.04	0.74

* FINITE ELEMENT SOLUTION OF THE ADVECTION-DISPERSION EQUATION

The following finite element discretization of the differential equation depends on the previous work of Wang and Anderson ⁽²⁰⁾. The advection-dispersion equation for one dimensional flow and two dimensional dispersion is written as:

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - v_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t} \quad (10)$$

Assuming a trial function of the form which shows that the trial solution (function) within an element is an interpolation of the nodal values ^{(20) (22)}:

$$C \approx \hat{C}_e = \sum_{L=1}^{L=NNODE} C_L(t) N_L(x, y) \quad (11)$$

where: -

\wedge = indicates summation,

e = element,

N_L^e = nodal basis (shape) functions, and

$L = 1, 2, \dots, \text{NNODE}$, where the latter is the total number of nodes per element.

Applying the weighted residual method with Galerkin's method to equation (10) yields into the following functional ⁽²⁰⁾ :-

$$\iint_D (D_L \frac{\partial^2 \hat{C}}{\partial X^2} + D_T \frac{\partial^2 \hat{C}}{\partial Y^2} - v_x \frac{\partial \hat{C}}{\partial X} - \frac{\partial \hat{C}}{\partial t}) N_L(x, y) dx dy = 0 \quad (12)$$

The second spatial derivative terms are integrated by parts and the integration over the problem domain is done element by element ⁽²⁰⁾ :-

$$\sum_e \left\{ \iint_e (D_L \frac{\partial \hat{C}_e}{\partial X} \frac{\partial N_L}{\partial X} + D_T \frac{\partial \hat{C}_e}{\partial Y} \frac{\partial N_L}{\partial Y} + \bar{v}_x \frac{\partial \hat{C}_e}{\partial X} N_L + \frac{\partial \hat{C}_e}{\partial t} N_L) dx dy \right\} = \int_{\Gamma} (D_L \frac{\partial \hat{C}}{\partial X} n_x + D_T \frac{\partial \hat{C}}{\partial Y} n_y) N_L d\sigma \quad (13)$$

where: -

Γ = the boundary of the problem domain,

n_x, n_y = the components of a unit vector normal to the boundary, and

σ = the integration variable representing distance along the boundary in counterclockwise sense.

The system of equations represented by eq. (13) can be written in matrix notation in the form:

$$[G]\{C\} + [U]\{C\} + [P]\left\{\frac{\partial C}{\partial t}\right\} = \{f\} \quad (14)$$

$\{C\}$ = the column matrix of nodal concentration,

$\left\{\frac{\partial C}{\partial t}\right\}$ = the column matrix of the time derivative of nodal concentration,

$[G], [U], [P]$ = square coefficient matrices corresponding to individual terms in

the integral on the left hand side of eq. (13), and

$\{f\}$ = column matrix corresponding to the boundary integral on the

right hand side of Equation (5-5).

Where: -

$$G_{L,1}^e = \int_{-a-b}^a \int_{-b}^b (D_L \frac{\partial N_1^e}{\partial X} \frac{\partial N_L^e}{\partial X} + D_T \frac{\partial N_1^e}{\partial Y} \frac{\partial N_L^e}{\partial Y}) dx dy \quad (15)$$

$$P_{L,1}^e = \int_{-a-b}^a \int_{-b}^b N_1^e N_L^e dx dy \quad (16)$$

$$U_{L,1}^e = \bar{v}_x \int_{-a-b}^a \int_{-b}^b \frac{\partial N_1^e}{\partial X} N_L^e dx dy \quad (17)$$

**Solution of the Matrix Differential Equation**

Eq.(14) is a first-order matrix differential equation. To solve it, a finite difference approximation is made for the time derivative in matrix notation ⁽²⁰⁾ : -

$$\left\{ \frac{\partial C}{\partial t} \right\} = \frac{1}{\Delta t} \left(\{C\}^{t+\Delta t} - \{C\}^t \right) \quad (18)$$

where: -

Δt : Length of time step,

$\{C\}^{t+\Delta t}$: Concentration value at the new time, and

$\{C\}^t$: Concentration value at the old time.

Now, it has to be kept in mind that: $C_L = C_L(t)$ which is the value of the concentration at node (L) at time (t). Thus, the time derivative approximation at a particular node L is:

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} = \frac{(C_L)^{t+\Delta t} - (C_L)^t}{\Delta t} \quad (19)$$

where:

$\frac{\partial C_L}{\partial t}$: change in nodal concentration with respect to time.

If $\{C\}$ is approximated at the new time $(t + \Delta t)$, then the solution of Equation (14) is said to be fully implicit and is given by: -

$$[G]\{C\}^{t+\Delta t} + [U]\{C\}^{t+\Delta t} + \frac{1}{\Delta t} [P] \left(\{C\}^{t+\Delta t} - \{C\}^t \right) = \{f\} \quad (20)$$

Eq. (20) can be rearranged to have all the concentrations at the old time to be on the right-hand side and all the new time to be on the left-hand side:-

$$\left([G] + [U] + \frac{1}{\Delta t} [P] \right) \{C\}^{t+\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} [P] \{C\}^t + f \quad (21)$$

The Quadrilateral Element

It is a two-dimensional element known as the multiplex element. The quadrilateral elements with eight-nodes are referred to as the quadratic elements because the interpolation (shape) functions are quadratic along lines of constant ζ or constant η as depicted in Fig.11⁽¹⁹⁾



**Fig. (11) (a) Quadratic element
(b) Local coordinate system ⁽¹⁵⁾**

* COMPUTER PROGRAM

A computer program presented by Wang and Anderson ⁽²⁰⁾ which solves the advection-dispersion equation by using one-dimensional finite elements is extended herein as to include two dimensional multiplex ones. All necessary matrix changes have been done in the program according to Eqs. (19-21). The program has been written in FORTRAN 77 language, and the compiler used is FORTRAN Power Station 04- Microsoft Developer Studio. The program has been modified by the authors in order to carry out the required computations.

Verification Example

The numerical model has been tested to determine its validity. The verification was done by comparing the finite element results with a one-dimensional analytical solution for Eq. 1. The analytical solution for Eq. 1 is presented in Eq. 3. For the verification of the program, input parameters are chosen from the reference of Wang and Anderson ⁽²⁰⁾. A uniform square element of size of (5×5) m is used to discretize the region. To identify the case solved, the mesh Peclet number is defined as ⁽²¹⁾:-

$$Pe = \frac{v_x \times \Delta x}{D_L} \quad (22)$$

where:-

v_x : discharge velocity, and

Δx : traveled distance.

The Courant number, Cr, which is responsible for the time step evaluation is known as ⁽²¹⁾:

$$Cr = \frac{v_x \times \Delta t}{\Delta x} \quad (23)$$

where:-

Δt : traveled time.

Input data for Eqs. (22) and (23) are ⁽²⁰⁾:-

- $v_x = 0.1$ m/day,
- $\Delta x = 5$ m,
- $D_L = 1.0$ m² /day, and
- $\Delta t = 10.0$ days.

The solution results in:-

- $Pe = 0.5$, and
- $Cr = 0.2$

Wang and Anderson ⁽²⁰⁾ found that the finite element solution predicts the solute front travel somewhat faster than the analytical solution does. Numerical results are obtained from the developed program and compared with the analytical solution program. Fig. (12) shows this comparison and it can be seen that the developed finite element program results are in agreement with the results obtained by Wang and Anderson ⁽²⁰⁾.

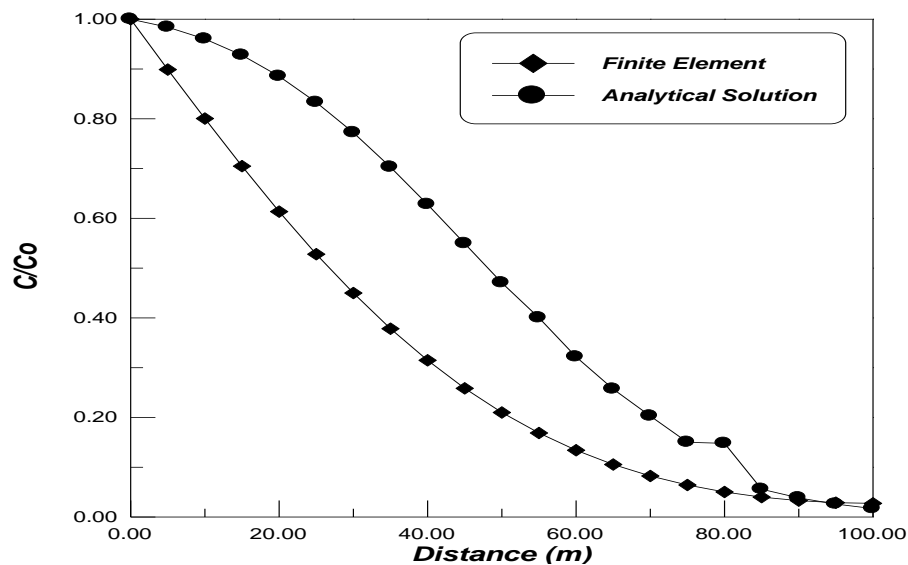


Fig. (12) Comparison curves of the concentration profile at t=400 days, for Pe=0.5

* FIELD PROBLEM

A proposed field problem is chosen for the illustration of the effect of using a geosynthetic material on the process of contaminants migration through porous media. Fig. (13) shows the finite element mesh and dimensions of the selected problem. Two types of effects can be

obtained when using geosynthetic materials on the process of contaminant's migration. These effects are: -

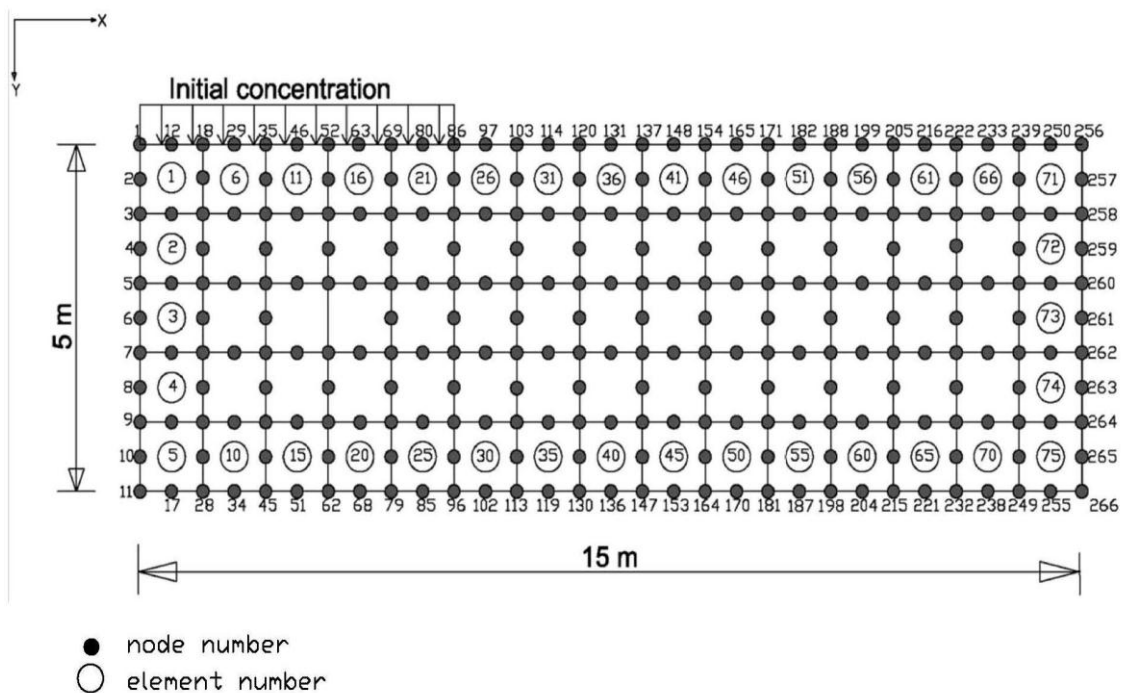
- The decrease of the longitudinal coefficient of dispersion , and
- The decrease in the volume of solution leachate from the source of pollution according to the low permeability of the geosynthetic material.

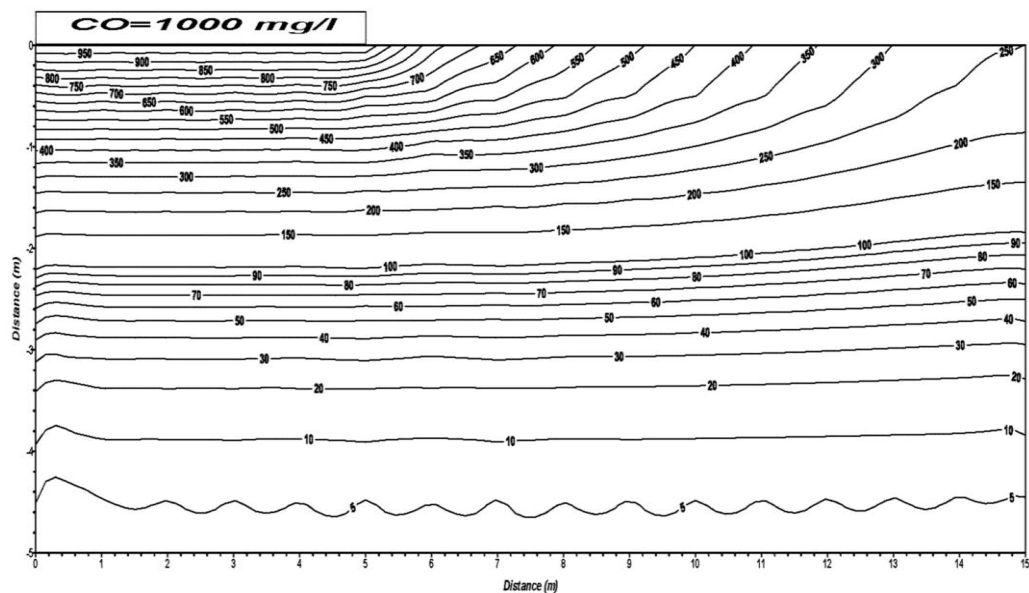
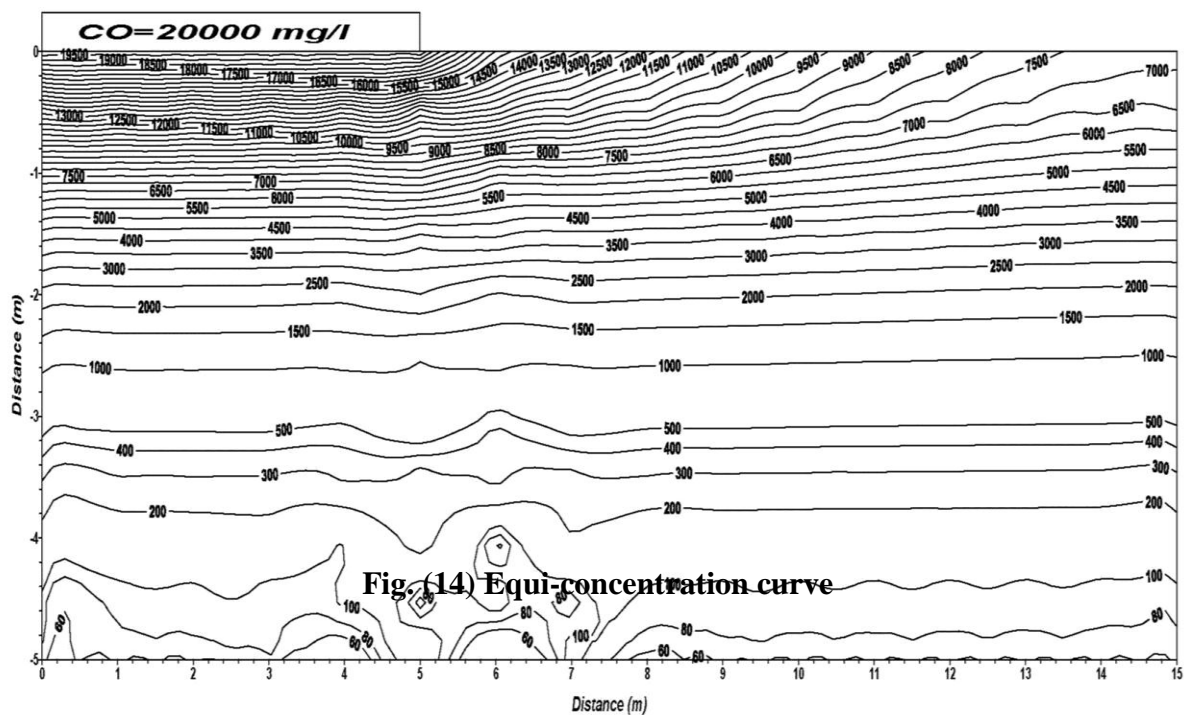
According to the effects described above, two field cases are adopted: -

1. without using the geosynthetic material (Fig. 14) : -
velocity= $v = 2.5$ m/hr. , $D_L = 10.0$ m²/hr
 $D_T = 0.2$ m²/hr , time = 10.0 hr
time interval = $\Delta t = 0.5$ hr , initial concentration= $C_0 = 20000$ mg/l

2. with the use of the geosynthetic material (Fig. 15): -
velocity= $v = 2.5$ m/hr. , $D_L = 2.5$ m²/hr
 $D_T = 0.2$ m²/hr , time = 10.0 hr
time interval = $\Delta t = 0.5$ hr , initial concentration= $C_0 = 1000$ mg/l.
Using the above data, the results of the finite element algorithm are presented in:

- Figs. (14) and (15) which show the pollutant concentration as temporal equi-concentration curves.





CONCLUSIONS

The following, conclusions are drawn from both the experimental and numerical models:-

- In the verification of the numerical model, a good agreement is obtained between the finite element algorithm developed program and the program presented by Wang and Anderson⁽²⁰⁾. In

both analyses, it was found that the solute in finite element solutions traveled faster than when using the analytical ones.

- Increasing the value of discharge velocity during the experimental run increases the value of longitudinal and lateral coefficients of dispersion.
- Increasing the value of discharge velocity during the experimental run decreases the time required to reach the 10% of the total concentration.
- A significant effect is obtained by the use of the geosynthetic material represented by the decrease in the longitudinal coefficient of dispersion many times and a reduction in the amount of volume of leachate from the source of pollution. These effects result in decreasing the contaminants migration through the porous media and reducing the distances traveled by them.
- According to the theory adopted to calculate the lateral coefficient of dispersion, there is no effect obtained from the use of a geosynthetic material on the value of the lateral coefficient of dispersion.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the export assistant of Naue Fasertechnik GmbH & Co. Ms Kirsten Hohmeier for her help in providing the relevant information about the geosynthetic materials. Appreciation is also extended to Mr. Bassam al-Atea for his help in providing the necessary geosynthetic materials for this research work from Germany.

REFERENCES

- * **Al-Rawi, M.A.**, "Experimental and Numerical Investigations of Dispersion and Transport in an Iraqi Soil", M.Sc. Thesis, Department of Environmental Engineering, University of Baghdad, 2002.
- * **Basak, P., and Murty, V.**, "Determination of Hydrodynamic Dispersion Coefficients Using "inverfc"", Journal of Hydrology, Volume.41, pp (43-48), 1979.
- * **Bear, J.**, "Some Experiments in Dispersion", Journal of Geophysical Research, Volume 66, No. 8, pp (2455-2467), August 1961.
- * **Bear, J. and Verruijt, A.**, "Modeling Groundwater Flow and Pollution", D. Reidel Publishing Company, 1987.
- * **Bruch, J.C., and Street, R.L.**, "Two-Dimensional Dispersion", Journal of Sanitary Engineering Division, ASCE, Volume 93, No. SA6, pp (43-48), 1976.
- * **Das, B.M.**, "Principles of Geotechnical Engineering", Wadsworth Group, 2002.
- * **EL-Shabrawi** "Introductory course on geotextiles and related materials", Kuwait University, March 1990.
- * **Fattah, Q.N.**, "Investigation and Verification of Model for the Dispersion Coefficient Tensor in Flow through Anisotropic Porous Media with Application to Flow From Recharge Well Through a Confined Aquifer", Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, 1974.
- * **Freeze, R.A., and Cherry, J.A.**, Groundwater, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1979.
- * **Fried, Jean, J.**, "Groundwater Pollution", Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.
- * **Hoopes, J.A., and Harleman, D.R.F.**, "Waste Water Recharge and Dispersion in Porous Media", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Volume 93, No. HY5, pp (51-71), 1967.
- * **NAUE Fasertechnik GmbH & Co.**, "Slope design with Bentofix (GCLS)", No.27, status 04/2003.
- * **NAUE Fasertechnik GmbH & Co.**, "Hydraulic Engineering", status 06/2003.
- * **NAUE Fasertechnik GmbH & Co.**, "Landfill Engineering", status 05/2004.



- * **Nikishkov, G.P.**, Introduction to the Finite Element Method, Lecture Notes. University of Aizu, Japan, 2004.
- * **Rowe and Booker**, "Two-Dimensional Pollutant Migration in Soils of Finite Depth", Canadian Geotechnical Journal, Volume 22, No.4, 1985.
- * **Rowe and Booker**, "1-D Pollution Migration in Soils in Finite Depth", Journal of Geotechnical Engineering, Volume 111, No.4, April, 1985.
- * **Scheidegger, A.E.**, "General Theory of Dispersion in Porous Media", Journal of Geophysical Research, Volume 66, No.10, pp (3273-3278), 1961.
- * **Segerlind, L.J.**, "Applied Finite Element Analysis", John Wiley and Sons, New York, 1976.
- * **Wang, H.F., and Anderson, M.P.**, Introduction to Groundwater Modeling, Finite Difference and Finite Element Methods, W.H. Freeman and Company, New York, 1982.
- * **Yeh, G.T.**, "An Orthogonal-Upstream Finite Element Approach to Modeling Aquifer Contaminant Transport", Water Resource Research, Volume 22, No.6, pp. (952-964), 1986.
- * **Zienkiewicz, O.C., and Morgan, K.**, " Finite Elements and Approximations", John Wiley and Sons, New York, 1982.

LIST OF SYMBOLS

C	the mass concentration with respect to the fluid.
CCL	compacted clay liner.
CO	initial contaminant concentration.
Cr	Courant number.
DL	longitudinal coefficient of dispersion.
DT	transverse or lateral coefficient of dispersion.
e	element.
GCLS	geosynthetic material.
HDPE	high density polyethylene.
i	hydraulic gradient.
k	coefficient of permeability.
L	number of node.
t	time.
u	pore or average liner velocity.
W.M	with the use of geosynthetic material.
W.O.M	without using the geosynthetic material.
x	distance traveled by the contaminant in the direction of flow.
y	distance traveled by the contaminant in the perpendicular direction of flow.
\wedge	indicates summation.

N_L^e	nodal basis (shape) functions.
Γ	the boundary of the problem domain.
n_x, n_y	the components of a unit vector normal to the boundary.
σ	the integration variable representing distance along the boundary in Counterclockwise sense.
$\{C\}$	the column matrix of nodal concentration.
$\left\{ \frac{\partial C}{\partial t} \right\}$	the column matrix of the time derivative of nodal concentration.
$[G]$	square coefficient matrix.
$[U]$	square coefficient matrix.
$[P]$	square coefficient matrix.
$\{f\}$	column matrix corresponding to the boundary integral on the right hand side of Equation (5-5).
Δt	length of time.
$\{C\}^{t+\Delta t}$	concentration value at the new time.
$\{C\}^t$	concentration value at the old time.
$\frac{\partial C_L}{\partial t}$	change in nodal concentration with respect to time.
Δx	traveled distance.
Pe	Peclet number.
ξ, η	the local coordinates.



SLES SURFACTANT AS DRAG REDUCING AGENT WITHIN GASOIL FLOWING THROUGH PIPELINES

Dr. Abbas Khalaf Muhammed Shua'ab

Chemical Engineering Department, Baghdad University, Baghdad, Iraq

Dr. Hayder A. Abdul-Bari

Chemical Engineering Department, University of Technology, Baghdad, Iraq

ABSTRACT

Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) with five different concentrations (from 50 to 100 ppm) were used as drag reducer. This surfactant was studied using gasoil with seven different fluid flow rates (from 1.9 to 4.5 m³/h) and a testing section length of 4 m. Percentage drag reduction (%*Dr*) was found to increase by increasing the surfactant concentration and Reynolds number. Maximum drag reduction (45.5%) was achieved by using 300 ppm of SLES dissolved in gas oil for flow rate equals to 4.5 m³/h. Friction factor was calculated from the experimental data. For pure solvent; friction factor values lies near or at Blasius asymptote. While, by producing the surfactants into the flow, the friction factor values were positioned below Blasius asymptote towards Virk maximum drag reduction asymptote. Correlation equation was suggested for surfactant solutions. This correlation shows the friction factor as a function of Reynolds number (*Re*) and surfactant concentration (*C*). The results showed good agreement between the observed friction factor values and the predicted ones from the correlation equation.

الخلاصة:

في البحث الحالي، تم اختبار نوع من "معاملات التوتر السطحي" SLES وبتراكيز مختلفة تتراوح من ٥٠ الى ١٠٠ جزء في المليون، كمعامل لتقليل الاعاقة في جريان زيت الغاز. حيث تم دراسة تأثير ذلك

المضاف عمليا في منظومة تدوير مغلقة ذات معدلات الجريان تتراوح ما بين ١.٩ الى ٤.٥ م^٣/الساعة وبطول ٤م. اظهرت النتائج العملية ان نسبة تقليل الاعاقة ($Dr\%$) تتناسب طرديا مع كل من سرعة المحلول المدور الممثل بعدد رينولد (Re) وتركيز المادة المضافة. وقد بلغت اعلى نسبة لتقليل الاعاقة ٤٥.٥ % بأستعمال ٣٠٠ جزء من المليون من مادة الـ SLES المذابة في زيت الغاز و بمعدل جريان ٤.٥ م^٣/الساعة. بعد استخدام المضافات تم حساب معامل الاحتكاك (f) من النتائج العملية و التي اظهرت ان قيم معاملات الاحتكاك للمشتق النقي تقع على او بالقرب من محاذي بلازييس. بعد استعمال المضافات الكيماوية، أظهرت النتائج ان معاملات الاحتكاك تقل باتجاه محاذي فيرك المقترح لاعلى درجات تقليل الاعاقة. معادلة ربط رياضية تم اقتراحها للمحاليل المدورة خلال المنظومة. هذه المعادلة بينت ان معامل الاحتكاك (f) كدالة لكل من عدد رينولد (Re) و تركيز المضافات الكيماوية (C) و اظهرت النتائج تقاربا واضحا بين النتائج المستقاة من الجانب العملي من البحث و تلك التي ظهرت من المعادلة المقترحة.

INTRODUCTION

Since the early fourties, drag reduction has become an increasing interest in science and technical applications. Power saving is the major headline for many investigations that deals with drag reduction. Many techniques for reducing drag were suggested by many researchers for large number of applications. One of these techniques depends on suppressing turbulent eddies by using baffles with different heights in turbulent flow region, as in channel flow⁽¹⁾. Other techniques used layers of greasy materials or bubble layers to reduce skin friction, as in some marine applications in ships⁽²⁾. One of the modern techniques in drag reduction is by the addition of minute quantities of chemical additives to liquids transported in turbulent flow through pipelines⁽³⁾. That in some cases, it is necessary to increase the transported liquid flow rate in built pipelines to avoid any extra costs and time spend on building new pipelines to have the same flow improvement needed. So, drag reducers were used to overcome this problem

Polymers and surfactants are the most popular chemical drag reducing agents in commercial applications. The commercial applications of polymeric drag reducers were established for crude oil transportation by many companies like CONOCCO and TAPS⁽⁴⁾. These applications showed the high ability of polymers in reducing drag and increasing oil flow rate without the need for any additional pumping stations or new pipelines. Also, these applications showed many disadvantages of using polymeric drag reducing agents, such as changing the transported liquid properties (especially viscosity) within certain limits of polymers concentrations and the polymer stability against high shear forces (shear degradation).



Surfactants were used as drag reducing agents in many commercial applications. The special configuration of the surfactants molecules plus their multiple personality, make it possible to overcome some of the polymers disadvantages. Surfactant molecules have the ability to form certain types of aggregates which are called “micelles”. These micelles do have the ability to reform their structure (regain their drag reducing ability) when the fluid enters lower shear regions.^(1, 2) Also, surfactants are easier to handle during operation and commercially available. All these advantages made the surfactant to be preferred on many types of polymers in some commercial applications, especially with aqueous media⁽⁵⁾.

Even though a fully accepted theory behind the drag reduction does not exist⁽⁶⁾. The reason for the difficulty is the nature of the problem; it is a combination of physics, chemistry, rheology and hydrodynamic. The chaotic media that the drag reducer works in (turbulent flow), where masses of liquid moves randomly through the pipe in non-predictive manner and the absence of a modern technique to establish a clear mapping of turbulence inside the pipe made all the mechanisms suggested highly speculative and all have been subjected to criticism. However, the major categorize of drag reduction mechanisms suggested in the literatures were adsorption mechanism, structure mechanism and elasto-viscous mechanism⁽⁷⁻¹⁰⁾.

EXPERIMENTAL WORK

The flow system apparatus constructed in the present investigation can be seen from Fig. 1. The reservoir tank was supported with a 0.0508 m I.D. pipe connected to the main centrifugal pump which delivers the fluid to the testing sections. A carbon steel pipes of 0.01905 m I.D. were used in constructing the flow system.

The minimum entrance length required for a fully developed velocity profile in turbulent flow was calculated from the relationship suggested by Desissler⁽¹¹⁾:

$$Le = 50 D \quad (1)$$

Therefore, the minimum entrance length for the present work according of the pipe diameter is 0.9525 m.

The testing section was 4 m long and it was away from the entrance according to pipe diameter. The reason to do that is to restrict the pressure drop measurements in fully developed region.

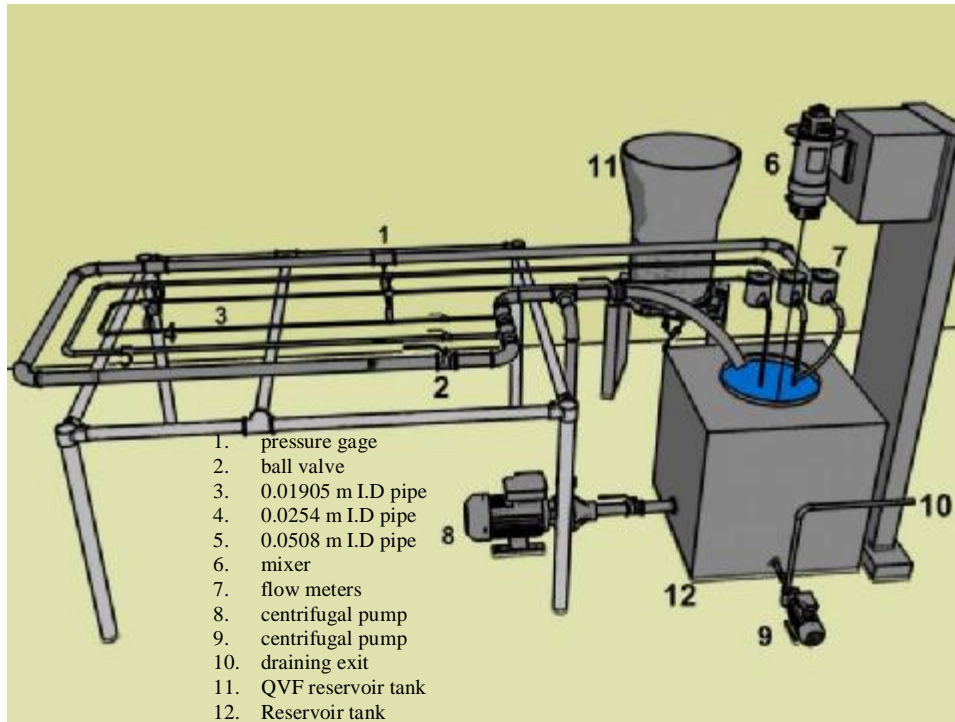


Fig. 1 Schematic diagram of the closed loop circulation system

One anionic surfactant was used in the present investigation as drag reducing agent for light gas oil which taken from Al-Dura Refinery. The SLES surfactant was taken from General Company of Vegetable Oil Industry.

The operation begins when the pump starts delivering the solution through the testing section. The solution flow rate is fixed at a certain value by controlling it from a bypass section and pressure readings are taken to this flow rate. By changing the solution flow rate to another fixed point, pressure readings are taken again until finishing the seven desired values of flow rates.

Pressure drop readings through testing sections before and after drag reducer addition, were needed to calculate the percentage drag reduction $\%Dr$ which calculated as follows ⁽¹²⁾:

$$\%Dr = \frac{DP_b - DP_a}{DP_b} \quad (2)$$

Fanning friction factor was calculated using the following equation:

$$f = \frac{DP.D/4L}{r.V^2/2} \quad (3)$$

RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure 2 shows the effect of solution velocity (V) on the percentage drag reduction ($\%Dr$). The velocity component was represented by the dimensionless form of Reynolds number (Re). Maximum $\%Dr$ of 45.5% was established within additive concentration of 300 ppm. From this figure, it can be noticed that the percentage drag reduction increases by increasing Re (fluid velocity) through the testing section. Increasing the fluid velocity means increasing the degree of turbulence inside the pipe. This will provide a better media to the drag reducer (surfactant) to be more effective. In more details, $\%Dr$ increases progressively with Re until reaching a certain range of Re where the $\%Dr$ increase was slighter. This behavior may be explained due to relation between degree of turbulence controlled by the solution velocity and the additive effectiveness. Increasing the turbulence to certain limits (fluid velocity) mean improving the ability of the surfactant to reduce drag within these limits. This improvement was reflected by the progressive increase in $\%Dr$ for the first range of Re . Further increase in Re showed that $\%Dr$ reached its almost maximum values and the increase was slighter, which means that the turbulence reached a state where the drag reducer can no more be effective in the same degree as in the first range due to the very high shearing the drag reducer exposed to.

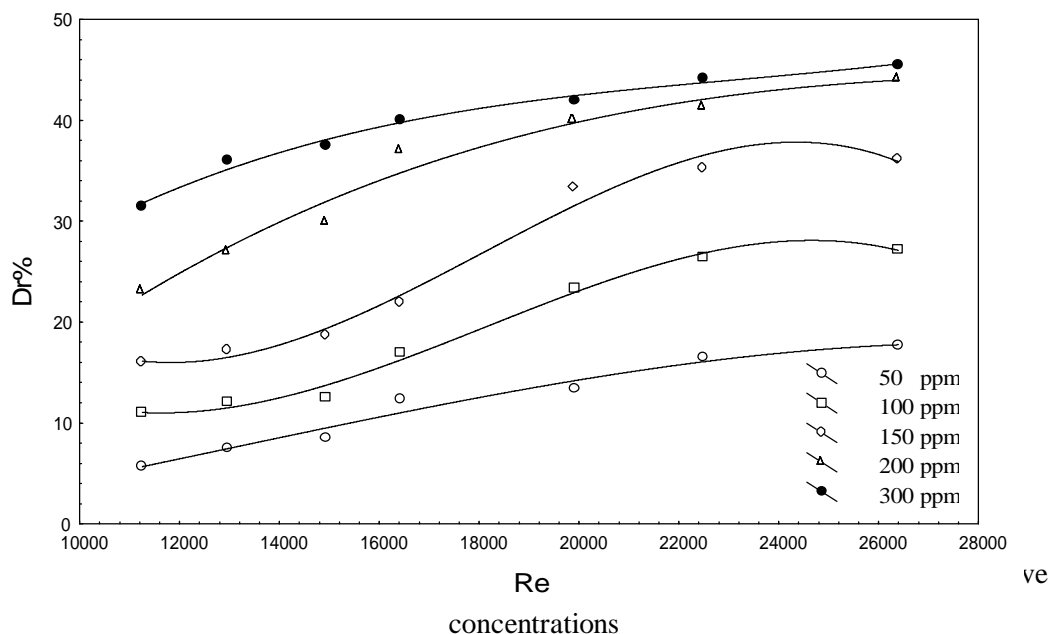


Figure 3 shows that %*Dr* increases by increasing the surfactant concentration. This means increasing the number of surfactant molecules involved in the drag reduction process. In other words, within certain *Re*, increasing the surfactant concentration means increasing the turbulence spectrum that is under the drag reducer effect. It is important to notice that, although %*Dr* increases by increasing the surfactant concentration, but its behavior with *Re* at each concentration still the same as reported before. Increasing the additive concentration during the drag reduction process is not unlimited. One of the important limitations of using drag reducer (especially within commercial application) is its effect on the apparent physical properties of the transported fluid. So, several tests were made on samples of gasoil solutions with different additive types and additive concentrations. These tests were made to ensure the validity of using SLES surfactant as drag reducer within hydrocarbon liquids without affecting the properties of the transported fluids. The results showed that, within the range of surfactant concentrations used (50 to 300 ppm), no noticeable change on the apparent physical properties of gasoil was reported.

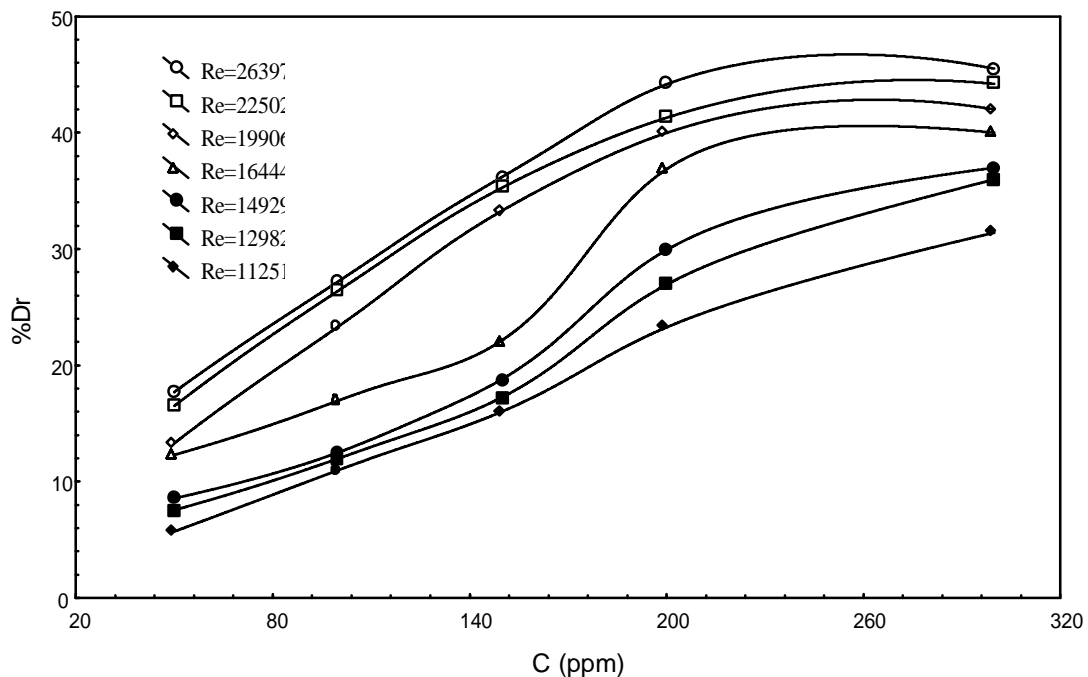


Fig. 3 Effect of additive concentration on percentage drag reduction within different Reynolds numbers

Figure 4 shows the friction factor for various *Re* and surfactant concentration. It can be noticed that, when the surfactant concentration is zero (pure solvent), most

of the experimental data points are located at or close Blasius asymptote which give an indication that the starting points of the operation are close to that of the standard operation conditions suggested in the literatures. But when the surfactant is presented in the flow, the experimental data points are positioned in the direction of lowering friction towards Virk asymptote⁽¹³⁾ that represent maximum limits of drag reduction, which will give the idea that, to reach such an asymptote, higher additive concentration and Re are needed. But, it must be considered that higher concentrations should not affect solvent properties.

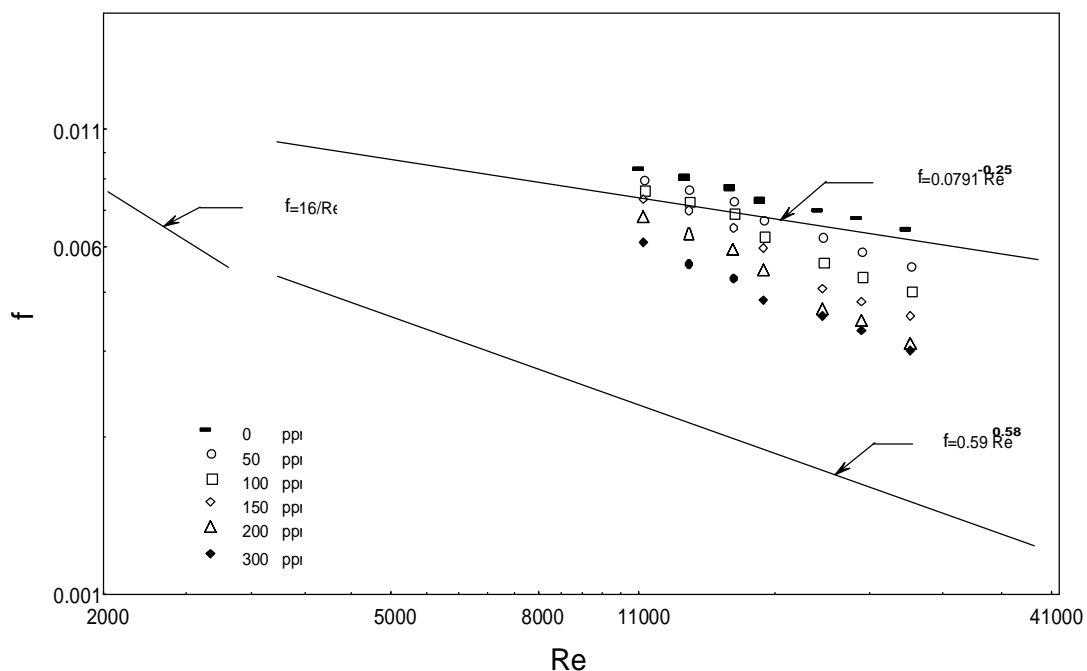


Fig. 4, Friction factor versus Reynolds number at different additive concentrations

By applying the dimensional analysis using Buckingham p theorem⁽¹⁴⁾, the following non-dimensional relation was proposed:

$$F = a Re^b C^k \quad (4)$$

Least square method was used to determine the coefficients. This method was done by a computer program and the resulting equation is:

$$F = 1676.8 Re^{1.27} C^{0.11} \quad (5)$$

with variance equals to 0.951 and standard error of 7%.

NOMENCLATURE

a, b, k	Constants in equation (4).
C	Concentration of surfactant (ppm).
D	Diameter of pipe (m).
f	Fanning friction factor (-).
L	Length of the pipe (m).
Le	Minimum entrance length for fully developed profile (m).
Re	Reynolds number (-).
V	Velocity of the fluid (m/h).
ρ	Density of the fluid (kg/m ³).
$\%Dr$	Percentage drag reduction (-).
DP	Pressure drop in the pipe (kPa).
DP_a	pressure drop after drag reducer addition (kPa).
DP_b	pressure drop before drag reducer addition (kPa).

REFERENCES

- * Rashidi M. and Banerjee S., "The effect of boundary conditions and shear rate on streak formation and break down in turbulent flow" *Phys. Fluid A2*, pp 1827-1831 (1990).
- * Jakob M. and Jan D. T., "Drag reduction by polymer additives in turbulent pipe flow: Laboratory and numerical experiments", Ph. D. thesis (2002).
- * Zakin J. L., Myska J. and Chara Z., "New limiting drag reduction and velocity profile asymptote for polymeric and non-polymeric additives systems", *AIChE J.*, **42**, pp 3544-3546 (1996).
- * Martier J. F., Lu C. C. and Nagesh K., "Commercial drag reduction TAPS, present and future", *ASME fluids Eng. Summer Meeting*, **237**, pp 229-234 (1996).
- * Myska J. and Zakin J. L., "Differences in the flow behaviors of polymeric and cationic surfactant drag reducing additives", *Ind. Eng. Chem. Res.*, **36**, pp 5483-5487 (1997).



- * Lumely J. L., "Turbulent drag reduction by polymer additive: a survey on the influence of polymer additives on velocity and temperature fields", *IUTAM Symp.*, pp 215-222 (1985).
- * Charachafchy A.A., "Increasing the pumpability in pipes by using chemical additives", Development article (1-44), Petroleum Training Institute, Baghdad, May (1989).
- * Zakin J. L., Rodriguez J. M. and Patterson G. K., "Correlation of drag reduction with modified Deborah number for dilute polymer solutions", *SOC Pet. Eng. J.*, pp 325-332 (1967).
- * Tabor M. and Gennes P. G., "A cascade theory of drag reduction", *Ero. Phys. Lett*, **2**, pp 519-522 (1986).
- * Cadot O., Bonn D. and Douady S., "Turbulent drag reduction in a closed flow system: boundary layer versus bulk effect", *Phys. Of Fluid*, **10**, no. 2 (1998).
- * Desissler R.G., NASA TN 2138 (1950).
- * Roberto B., "A simple model for drag reduction"([www.arxiv](http://www.arxiv.org/abs/cond-mat/0210523): Cond-mat/0210523), **1**, Oct. (2002).
- * Virk P.S., "Drag reduction fundamentals", *AICHE J.*, **21** (4), pp 625-656 (1975).
- * Coulson J. M. and Richardson J.F., "Chemical engineering", vol. **1**, 3rd edition (1977).

A GALVANOSTATIC POLARIZATION INVESTIGATION OF STEEL CORROSION IN ALKALINE SOLUTIONS

Aprael S. Yaro

Chemical engineering department, college of engineering, Univeristy of Baghdad

ABSTRACT

The electrochemical behavior of iron and steel in alkaline media is complex, not well understood. It is difficult to determine corrosion rates of steel in high pH solutions by extrapolation of Tafel curves. Polarization resistance (R_p) must be determined in some other way. In this study an attempt was made to find (R_p) values of steel corroding in saturated Ca(OH)_2 by anodic currents impressed galvanostatically to the steel from a counter electrode placed together with a reference electrode (I.e. impressed anodic current densities were $10, 20, 40$, and $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ and duration time was about 25 minutes). It was found that this rapid and non destructive polarization technique yields accepted and reasonable information on corrosion behavior.

خلاصة

التصرف الكهروكيميائي للحديد والفولاذ في الأوساط القاعدية معقد وليس واضحاً بصورة جيدة. من الصعوبة إيجاد معدلات التآكل للحديد في المحاليل القاعدية بطريقة تافل لذلك لا يمكن إيجاد مقاومة الاستقطاب (R_p) ويجب البحث عن طريقة أخرى لأجداها. في هذه الدراسة جرت محاولة لإيجاد قيم مقاومة الاستقطاب لحديد يتعرض للتآكل في وسط من هيدروكسيد الكالسيوم المشبع والذي يشبه السمنت في أسه الهيدروجيني ($\text{pH} > 12.5$) بتسليط تيارات كلفانية انودية ساكنة على الحديد من القطب المساعد (counter electrode) يرافقه قطب المرجع (reference electrode). (سلطت تيارات بقيم $10, 20, 40, 100$ مايكرو أمبير/سم²) خلال زمن يقارب 25 دقيقة. لوحظ من الدراسة ان استعمال هذه الطريقة افضت الى نتائج مقبولة و معقولة على تصرف تآكل الحديد.

KEYWORDS

Alkaline solutions, solution resistance, polarization resistance, corrosion current, capacitance, Galvanostatic method.

INTRODUCTION:

The best known technique of evaluation of the instantaneous corrosion rate in the laboratory and in the field is the polarization resistance method (linear polarization), developed by Stern et al [1-3]. The corrosion rate is calculated from the formula:

$$I_{\text{corr.}} = [\beta_a \beta_c / 2.3(\beta_a + \beta_c)] \times (\Delta I / \Delta E) = B/R_p \dots\dots\dots(1)$$

Many studies [4-6] showed and investigate the limits of application and accuracy of Stern and Geary development. The results of these studies led to state that in many systems the correct determination of corrosion intensity is limited by many factors, namely (i) The Tafel slopes are unknown or vary with time; (ii) The corrosion potential varies during the measurement; (iii) The system being polarized requires a given time to achieve a steady state.....etc.

Steel immersed in the strongly alkaline solutions will not normally corrode due to the formation of a protective iron oxide film which passivates the steel. This passivity can be destroyed by corrosive species (i.e. Cl^-). Corrosion is then initiated leading to establishment of corroding and passive sites on the metal surface in which both anode and cathode reactions are taken place. The anode reaction are : **Fe**
 $\text{Fe}^{++} + 2e \rightarrow \dots\dots\dots(2) \text{ (metal dissolution, active corrosion)}$



The released electrons travel through the steel to the local cathode on which they are used in the oxygen reduction reaction:



These reactions lead to the development of regions of different electrochemical potentials and result in current flow within alkaline solution. The galvanostatic pulse technique has been introduced for field application in 1988 to overcome problems with the interpretation of corrosion risk of reinforcement occurring when half cell potential readings are applied in wet, dense, or polymer-modified concrete, when access of oxygen is limited. Since introduction of this technique the development work is conducted in order to allow the quantitative evaluation of the ongoing reinforcement corrosion [7,8]. The principle of galvanostatic pulse corrosion rate estimation is based on inducing a short duration anodic current pulse into the reinforcement galvanostatically from a counter electrode placed on the concrete surface together with the reference electrode. The applied current is normally in the range of 5-400 μA and the typical pulse duration is up to 10 seconds [9]. Accordingly, the technique which is gradually gaining acceptance by engineers is the transient galvanostatic pulse technique. This method applies a small constant-current perturbation I_{app} . To the steel reinforcement in a similar manner to a galvanostatic linear polarization resistance (LPR) measurement. This resulting potential transient response, is analyzed according to electronic theory [8] were for a simple resistance and capacitor in parallel :

$$E_t = I_{\text{app.}} R_\Omega + I_{\text{app.}} R_p [1 - \exp(-t/R_p C_d)] \dots\dots\dots(5)$$

This may be converted to:

$$\log (E_{\max} - E_t) = \log (I_{\text{app}} \cdot R_p) - t/R_p C_d \dots \dots \dots (6)$$

It is believed that the present investigation of the corrosion behavior of steel in alkaline Ca(OH)_2 is similar in many respects to the aqueous phase of cement, so it will contribute to better understanding of the behavior of embedded reinforcement. The duration period in this investigation is relatively long compared with the mentioned technique but the induced applied currents cause polarization of immersed steel In the " anodic direction" compared to its free corrosion potential.

EXPERIMENTAL PROCEDURE:

A single Compartment cell containing sodium hydroxide test solution was used for the galvanostatic measurements. The counter electrode was a platinum foil. The potential of the working electrode was measured V's a saturated calomel electrode (SCE), supplied with a fine luggin capillary which was placed within 0.1 Cm of the electrode surface. The working electrode was a rod measuring 6.35 mm in diameter and 10mm in length with a total exposure area of 31.7mm^2 . Before being used, the electrode was abraded with emery papers of 320, 400, and 600 grades, degreased with acetone (CH_3COCH_3) and finally washed with distilled water (which was also used in preparing the test solution), then pickled in 50% wt. HCl for 5 minutes^[10]. The chemical composition (Wt.%) of the working electrode was: P=.006; C=.124; Mn=.494; S=.007; and the remainder Fe.

Galvanostatic polarization curves were traced under constant current densities (i.e., 10, 20, 40 and $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$). The variation of electrode potential with the quantity of electricity was followed as function of time (see figure 2). The anodic experiments were started after a steady potential was attained using the same current density. When the potential of working electrode reaches the final steady state potential value, the current was switched off^[11]. The experiments were carried out at $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$. The circuit diagram is shown in details in figure(1) .

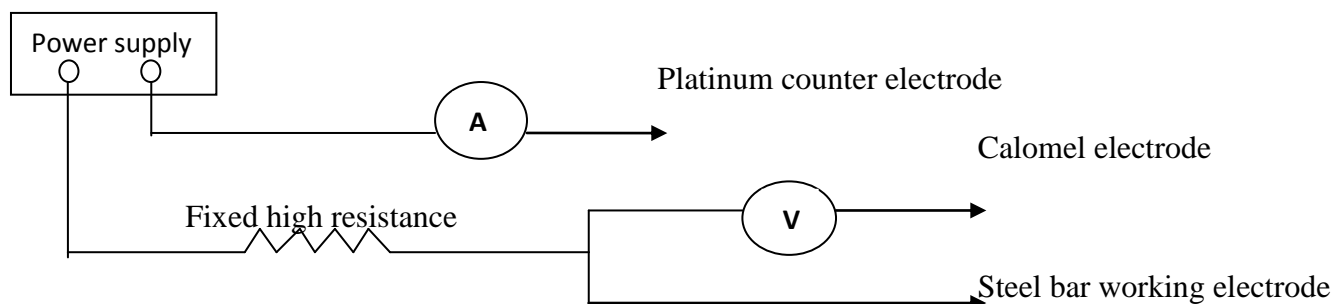


FIG.(1) Circuit diagram for galvanostatic polarization measurement

RESULTS AND DISCUSSION:

Four potential time curves at four different current densities (i.e., 10, 20, 40 & $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$) shown in fig.(2) were obtained immediately after immersion in the aerated saturated Ca(OH)_2 solution. It is clear that the four curves have the same characteristic form, and the potential shows a rapidly rise until it reaches the final steady state potential value (i.e., 0.6-0.7V(SCE)). Also it is quite clear that the time required to reach the final steady state potential value decreases with increase in current density. Fig(2) also shows the anodic potential increases with increase applied current density from 10 to $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$, but this increase was less pronounced at high current

density 40 and $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$. In order to obtain values of R_p & C_{dl} separate from the ohmic resistance (R_{ohm}), equation(5) can be transferred to linear form as in equation (6) (Appendix A shows the linearization of equation(5)).

Figures (3,4,5,and 6) show the transformation for calculation of the $\ln(I_{app}.R_p)$ and $(1/R_p C_{dl})$ values for 10,20,40 & $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$ respectively. Extrapolation of the straight line to $T=0$ using least square linear regression analysis produced an intercept corresponding to $\ln(I_{app}.R_p)$ and a slope of the line of $(1/R_p C_{dl})$.for each applied current density.The remaining over potential corresponds to $I_{app}.R_p$ the ohmic voltage drop after the polarization resistance R_p is determined by means of this analysis, the corrosion current I_{corr} . Can be calculated from the Stern-geary equation^[1]:

$$I_{corr} = B/R_p \dots \dots \dots (1)$$

Where B is an empirical constant determined to be 0.026 V for actively corroding steel and 0.052V for passive steel ^[12,13].Table(1) shows the corrosion parameter determination using galvanostatic method according to above explanation & in the light of electronic theory with a sample of calculation in appendix(B).

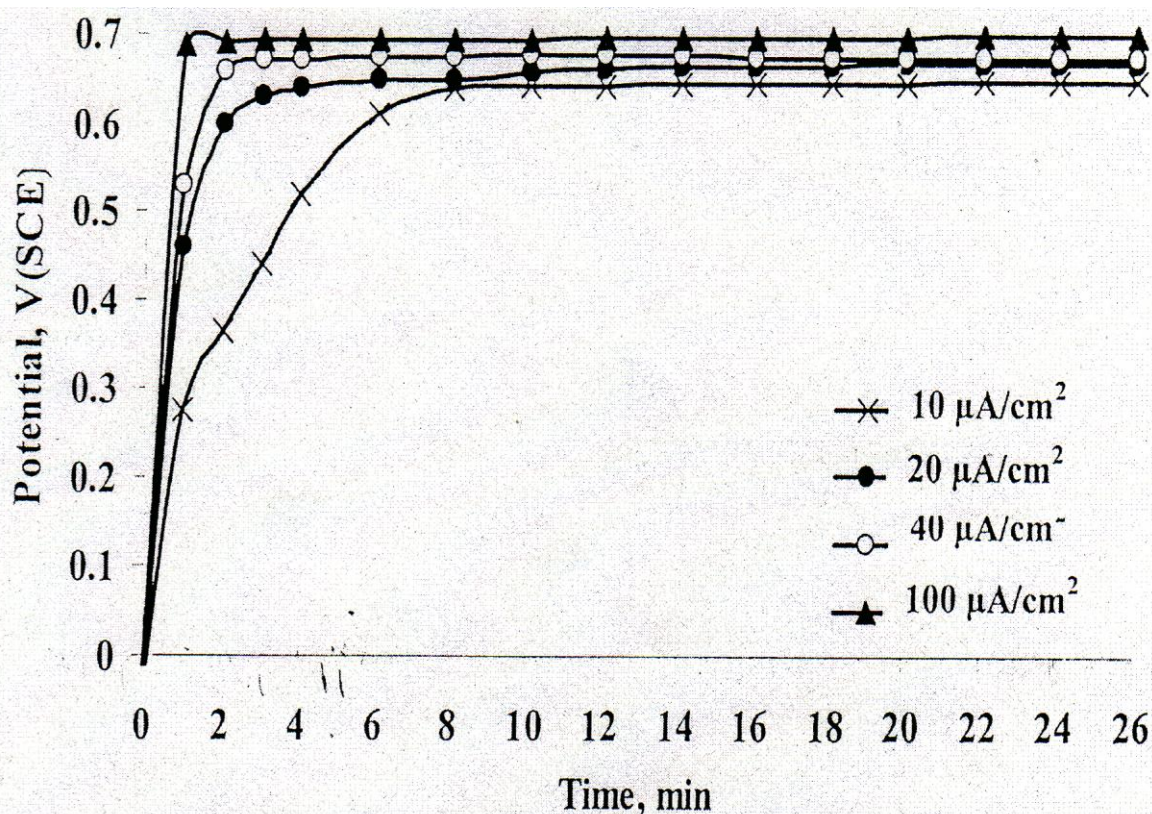


Fig. (2) Anodic polarization of steel in calcium hydroxide solution at different current densities.

Table (1) Experimental results for determination of R_p , R_{ohm} , i_{corr} & conductance using galvanostatic pulse technique.

Corrosion Parameter	Current Density, $\mu\text{A}/\text{cm}^2$			
	Applied current $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	I_{app} $20 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	I_{app} $40 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	I_{app} $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$
Solution Resistance R_{Ω} , ohm	412	31505	16420	6761
Polarization Resistance R_p , ohm.cm ²	23728	1994	580	239
Corrosion Current, i_{corr} , $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	1.095	13.14	44.8	108.9
Conductance, $\mu\text{F}/\text{cm}^2$	150	153	11045	30092

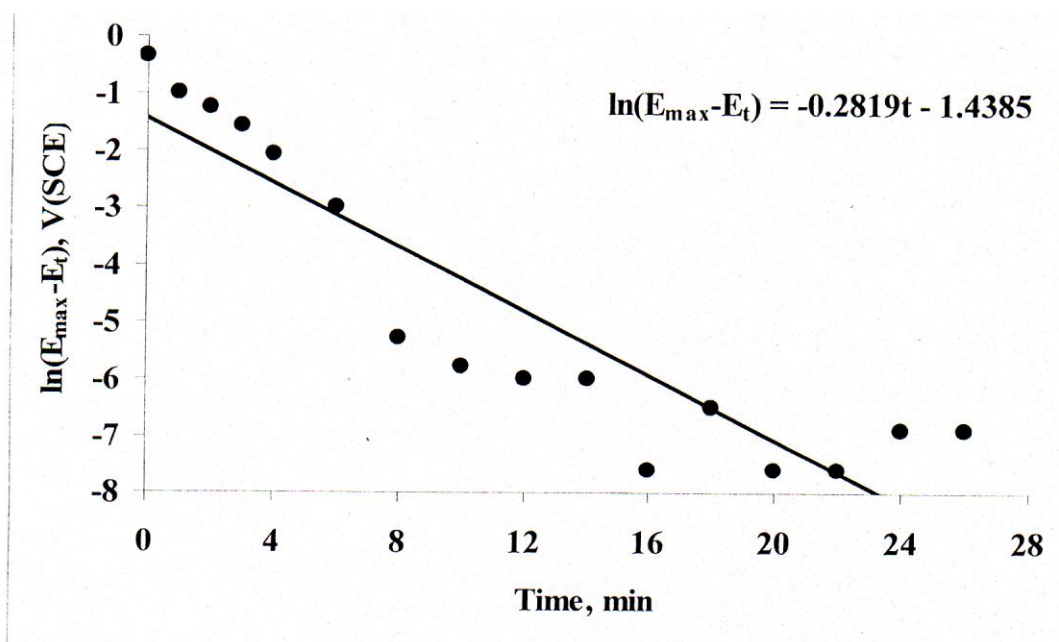


Fig.(3) Galvanostatic pulse transient from active steel in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution. $E_{\max} = 0.65 \text{ V}(\text{SCE})$, $I_{\text{app.}} = 10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$.

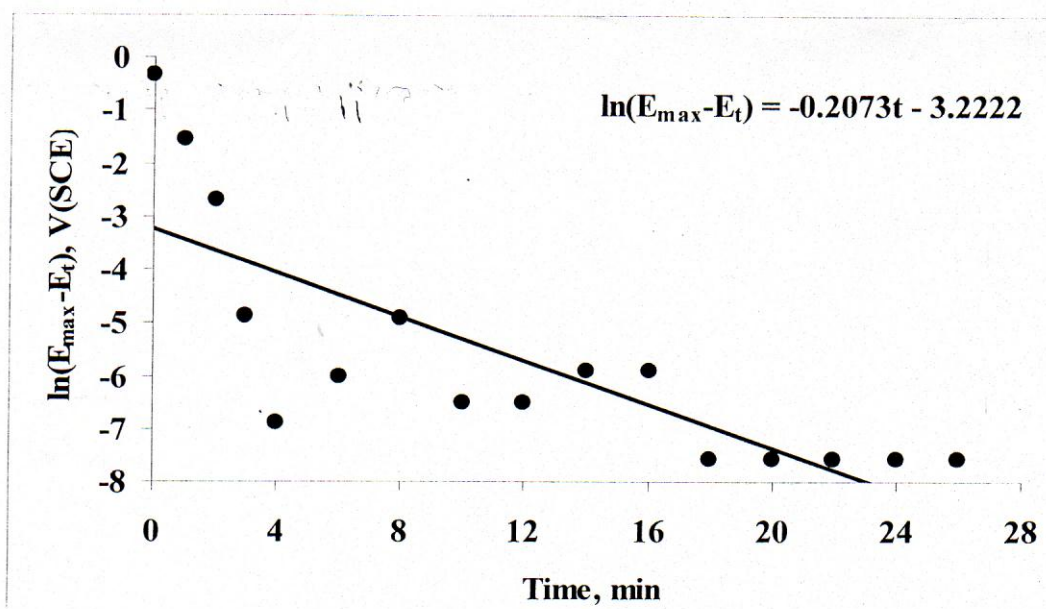


Fig.(4) Galvanostatic pulse transient from active steel in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution. $E_{\max} = 0.67 \text{ V}(\text{SCE})$, $I_{\text{app.}} = 20 \mu\text{A}/\text{cm}^2$.

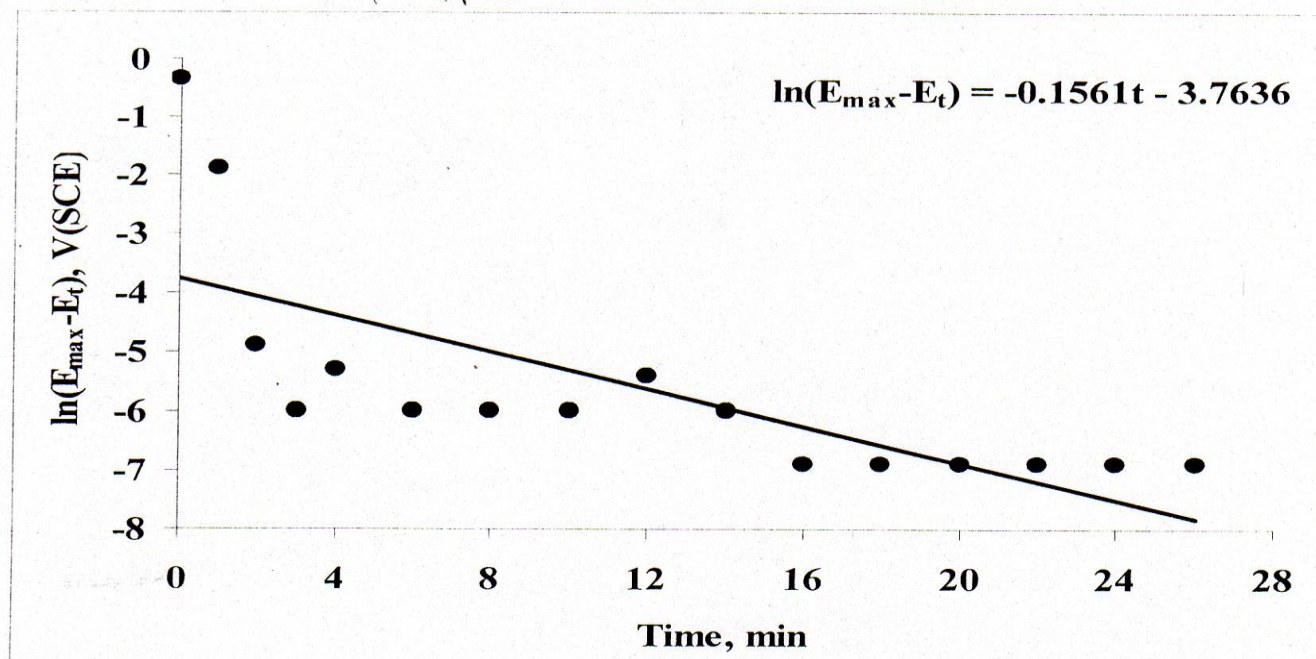


Fig.(5) Galvanostatic pulse transient from active steel in Ca(OH)_2 solution. $E_{\max} = 0.68 \text{ V(SCE)}$, $I_{\text{app.}} = 40 \mu\text{A/Cm}^2$.

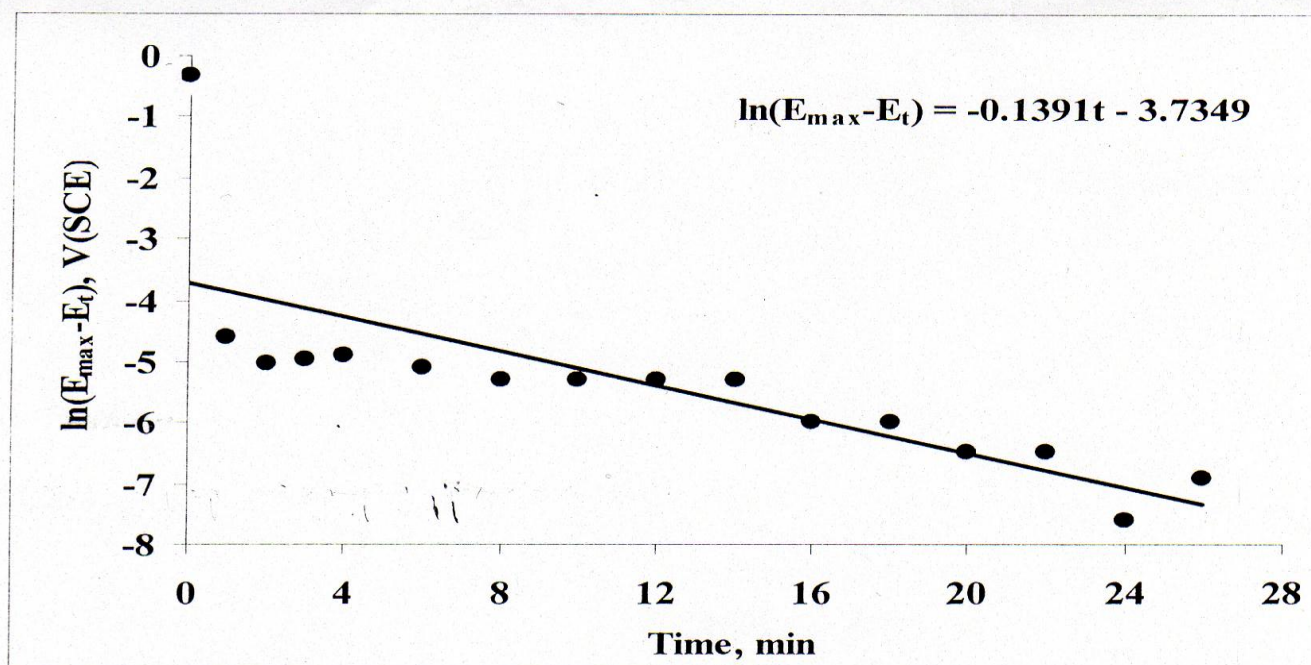


Fig.(6) Galvanostatic pulse transient from active steel in Ca(OH)_2 solution. $E_{\max} = 0.70 \text{ V(SCE)}$, $I_{\text{app.}} = 100 \mu\text{A/Cm}^2$.

CONCLUSIONS:

- By means of this polarization technique, the effective polarization resistance can be calculated which can be used for calculation of corrosion rate.
- The radical changes in the exposure conditions, especially the temperature and concentrations of corrosive species will alter the corrosion current by a certain factor
- Based on the results obtained in this study an equivalent circuit construction is recommended to check the validity of this attempt as simulation to corrosion behavior of steel in concrete.

References:

- * Stern, M. and Geary, A.L. (1957), J. electrochem. Soc., Vol. 104, 56.
- * Stern, M. (1958), Corrosion Vol. 14, 329.
- * Ibid (1958) Corrosion Vol. 14, 440.
- * Mansfield, F. (1976) Advance in corrosion science & technology, Vol. 6, p. 163-262, Plenum press, New York.
- * Callow, L.M., Richardson, J.A. & Dawson, J.L. (1976) corrosion, J., 11, 132.
- * Mansfield, F. & Oldham, K.B. (1971), Corros. Sci. 11, 787.
- * Gonzalez, J.A., Molina, A., Escudero, M.L. and Andrade, C. (1985), J. Corros. Sci., Vol. 25, No. 10.
- * Newton, C.J. & Sykes, J.M. (1988) J. Corros. Sci. Vol. 28, No. 11.
- * Elesener, B., Wojtas, H., Bohni, H. (1994), galvanostatic pulse measurement rapid on site corrosion monitoring "proceeding of international conference held in the Univ. of Sheffield, 24-28 July.
- * Gouda, V.K., (1970), Br. Corros. J., Vol. 5, P. 198.
- * Abd-El-Haleem, S.M. and Abd-Aal, E.E. (2006) electrochemical behavior of copper in alkaline sulfide solutions, corrosion, Vol. 62, NO. 2, P. 121-128.
- * Andrade, C., Castillo V., Alonso C., and Gonzalez J.A. (1984) The determination of corrosion rate of steel embedded in concrete by polarization resistance and AC impedance methods, American society for testing and materials Philadelphia, P. 43-63.
- * Moosavi A.N., John G., and Gedge J. (1994) assessment of corrosion of refrigerant tubes in reinforced concrete eyes ring using corrosion mapping, Sheffield academic press, Sheffield, Vol. 1, p. 116-127.

Appendix A

When the constant current I_{app} is applied to the system, the polarized potential of the steel rod E_t , at given time t , can be expressed as:

$$E_t = I_{app} \left[R_p \left\{ 1 - \left(\exp(-t/R_p C_{dl}) \right) \right\} + R_\Omega \right] \quad \text{.....(5)}$$

where: R_p is the polarization resistance
 C_{dl} is the double layer capacitance
 R_Ω is the ohmic resistance

When $t \gg \infty$, $1 / \left(\exp(-t/R_p C_{dl}) \right) \gg 0$, $E_t \gg E_{max}$

\therefore equation (5) reduces to:

$$E_{max} = I_{app} [R_p (1 - 0) + R_\Omega]$$

$$E_{max} = I_{app} R_p + I_{app} R_\Omega \quad \text{.....(7)}$$

Subtracting (5) from (7) leads to:

$$E_{max} - E_t = I_{app} R_p + I_{app} R_\Omega - I_{app} R_p + I_{app} R_p e^{(-t/R_p C_{dl})} - I_{app} R_\Omega$$

$$\therefore E_{max} - E_t = I_{app} R_p e^{(-t/R_p C_{dl})} \quad \text{.....(8)}$$

linearization eqⁿ (8) by taking ln of both sides:

$$\ln(E_{max} - E_t) = \ln(I_{app} R_p) - \frac{t}{R_p C_{dl}} \quad \text{.....(9)}$$

Plotting $\ln(E_{max} - E_t)$ vs t will lead to:

$$\text{Intercept} = \ln I_{app} R_p \quad \text{and} \quad \text{Slope} = \frac{1}{R_p C_{dl}}$$

Appendix B

Sample of calculation of R_p , R_Ω , i_{corr} and conductance at $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$:

From Figure (3):

$$1. \ln I_{\text{app}} \cdot R_p = -1.4385 \text{ (intercept)}, I_{\text{app}} \cdot R_p = 0.2373$$

$$\therefore R_p = \frac{0.2373}{10 \times 10^{-6}} = 23728 \Omega$$

$$2. \text{ Slope} = \frac{-1}{R_p C_{dl}} = -0.282$$

$$\therefore C_{dl} = \frac{1}{R_p \times 0.282} = \frac{1}{23728 \times 0.282} = 150 \mu\text{F}/\text{cm}^2$$

In our case the corrosion is active

$$\therefore B = 0.026$$

$$\therefore I_{\text{corr}} = \frac{B}{R_p} = \frac{0.026}{23728} = 1.095 \mu\text{A}/\text{cm}^2$$

$$I_{\text{app}} \cdot R_\Omega = 0.65 - 0.2373$$

$$10 \times 10^{-6} R_\Omega = 0.4127$$

$$R_\Omega = 0.4127 / 10 \times 10^{-6} = 41270 \Omega$$

APPLICATION OF MATHEMATICAL DRILLING MODEL ON SOUTHERN IRAQI OIL FIELDS

Dr. Sameera M. Hamad-Allah

Ali A. Ismael

University of Baghdad/ College of Engineering

Petroleum Engineering Department

ABSTRACT

Minimum-cost well drilling demands the best use of controllable drilling variables for each formation to be drilled. To reach this aim, this study was divided into two main parts:

The first part deals with applying a mathematical drilling model to field data of forty wells drilled at three major oil fields (RU, R, and Z). Bourgoyne & Young (1974) drilling model has been modified to take into consideration the combined effect of weight on bit, rotary speed, bit type, bit size, flow rate, drilling fluid density, drilling fluid viscosity, oil content, bit-nozzle size, formation drillability, formation abrasiveness, bit bearing constant, formation hardness, formation compressive strength, differential pressure between mud column pressure and formation pressure, and bit dullness on drilling rate at these fields. The measurements of formation compressive strength have been achieved using 34 core plugs. These plugs were cut and prepared for soft, medium, and hard formations under study. The drilling model was fitted to Field data by using multiple regression analysis technique. The results of analysis gave low standard deviation, high correlation coefficient, and good matching between measured and calculated drilling rate. The validity of modeling process has been verified by applying the proposed drilling model on other wells that have not been included in the main analysis.

The second part deals with using the drilling model together with non-linear optimization technique to determine the optimum values of the controllable drilling variables. These variables are: weight on bit, rotary speed, flow rate, drilling fluid density, drilling fluid viscosity, oil content, bit-nozzle size. Using the proposed mathematical drilling model together with the Constrained Rosenbrock optimization technique achieved a marked reduction in drilling cost about 60%, 75%, 80% in soft, medium, and hard formations respectively. The results of optimization were used to construct optimum bit record for the next wells to be drilled. For comparison purpose, this optimum bit record has been used to reduce the drilling cost for well RU263 and saved about 295000 \$ in the total cost of this well which is equal to 394176 \$.

الخلاصة

ان حفر الابار باقل كلفة يتطلب افضل استخدام لمتغيرات الحفر المسيطر عليها في كل تكوين مراد حفره. لتحقيق هذا الهدف، قسمت هذه الدراسة الى جزئين اساسيين:

الجزء الأول يتناول تطبيق نموذج حفر رياضي على بيانات حقولية تم الحصول عليها من أربعين بئر محفورة في ثلاث حقول نفط رئيسية (RU, R, و Z). تم تطوير نموذج الحفر الرياضي لبرجوين و يونك كي يأخذ بنظر الاعتبار التأثير المشترك لكل من الوزن المسلط على الحافرة، سرعة الدوران، نوع الحافرة، حجم

الحافرة، معدل الجريان، كثافة سائل الحفر، لزوجة سائل الحفر، المحتوى النفطي، حجم منافث الحافرة، انضغاطية التكوين، قابلية حفر التكوين، قابلية كشط التكوين، ثابت محور الحافرة، صلابة التكوين، انضغاطية التكوين، الضغط التفاضلي بين ضغط عمود الطين و ضغط التكوين، و تلف الحافرة على معدل الحفر في هذه الحقول. تم إنجاز قياسات انضغاطية التكوين باستخدام (٣٤) سداة صخرية. تم قطع و تحضير هذه السدادات للتكوينات الرخوة والمتوسطة الصلابة و الصلبة تحت الدراسة. لقد تم ضبط هذا النموذج على البيانات الحقلية باستخدام تقنية التحليل التراجعي المتعدد. نتائج التحليل أعطت انخفاض في الانحراف معياري و زيادة في معامل الارتباط بالإضافة إلى تطابق جيد بين قيم معدل الحفر المقاسة حقلية و المحسوبة. فحصت دقة عملية النمذجة عن طريق تطبيق نموذج الحفر الرياضي المقترح على آبار أخرى لم تدخل في التحليل الرئيسي.

الجزء الثاني يتناول استخدام نموذج الحفر الرياضي مع طريقة مناسبة من طرق الحل الامثل غير الخطية لتحديد القيم المثلى لمتغيرات الحفر المتحكم بها. هذه المتغيرات تشمل الوزن المسلط على الحافرة، سرعة الدوران، معدل الجريان، كثافة سائل الحفر، لزوجة سائل الحفر، المحتوى النفطي، و حجم منافث الحافرة. استخدام نموذج الحفر الرياضي المقترح مع تقنية روزنبروك المقيدة أعطى انخفاض ملحوظ في كلفة الحفر مقداره ٦٠٪ و ٧٥٪ و ٨٠٪ للتكوينات الرخوة والمتوسطة الصلابة و الصلبة على التوالي. استخدمت النتائج المثلى لإنشاء امثل سجل حافرة للآبار القادمة المراد حفرها. لأغراض المقارنة، تم استخدام سجل الحافرة الامثل لتقليل كلفة الحفر للبئر (RU263) حيث وفر ما يقارب ٢٩٥٠٠٠ دولار من الكلفة الكلية لهذه البئر البالغة ٣٩٤١٧٦ دولار.

INTRODUCTION

Minimizing the drilling cost can be achieved by successful modeling of the drilling process and full understanding of the major factors that affecting directly or indirectly drilling rate. Through the work of numerous investigators, the most important drilling factors have been identified as controllable and uncontrollable factors. The controllable factors are; bit weight or drilling force, bit rotational speed, bit type and size, hydraulics, and drilling fluid type and properties. While the most important uncontrollable factors are; weather and location, water availability, rig conditions and flexibility, round trip time, rock properties, depth, bottom hole temperature, hole problems, and crew efficiency. The lowest drilling cost doesn't result from increasing penetration rate alone, but also equipment life and wellbore stability. With a basic understanding of the principal mechanisms and the physical processes involved in the drilling operation, theoretical relationships and empirical correlations based on both field and laboratory measurements materialized out of 1950's.

The basic drilling rate-weight-rotary speed relationships (the so-called R- W-N equations) were essentially the earliest form of drilling models. According to these basic forms, drilling rate was equated to the product of weight on bit and rotary speed, each raised to an empirically derived exponent, and multiplied by proportionality constant to take into account the formation characteristics. This elementary form of the penetration rate equation has basically remained unchanged over the years although modifications have been incorporated to include the effects of hydraulic system, drilling fluids, and bit dullness.

Results from a successful modeling effort can be used for optimization of drilling operations to achieve conditions of minimum cost. Drilling optimization is defined as a technique for pre-selecting the magnitude of drilling variables in order to maximize the drilled footage and reduce the total drilling time. The basic idea of optimized drilling is to use the recorded data of the first well as a basis for calculations and to apply optimum techniques to the second and third wells in order to improve the drilling efficiency.

There have been many drilling models presented before to predict the physical processes during drilling operations (*Galle et al. (1960), Young (1969), Bourgoyne et al. (1974), Moore (1974) Cunningham (1978)*). These mathematical models are used also with optimization techniques to provide a method for selecting optimum drilling variables with more cost savings.

PREVIOUS DRILLING MODELS

In general, a mathematical drilling model provides a method to predict and control drilling process and minimize drilling cost. Drilling models also provide a mean for recognizing unusual effects when the observed bit performance deviates from predictions. For successful application, any drilling model must have the following three basic equations: rate of penetration equation, rate of bit tooth-wear equation, and rate of bit bearing-wear equation. These equations can be used to find the values of rotating time (T_f) and footage drilled (F_f) during bit runs. Thus, they represent the heart of bit performance prediction and minimizing drilling cost.

The general form of the cost per foot (CPF) equation is given by:

$$CPF = \frac{CB + CR(T_f + T_t)}{F_f} \quad (1)$$

Minimum drilling cost per foot can be achieved by selecting the best available values of the controllable drilling variables that gives optimum values for final drilled footage (F_f) and rotating time (T_f).

Moore Drilling Model

Moore (1974) suggested a mathematical drilling model that reveals the effect of bit weight, rotary speed and bit dullness on drilling rate. He presented the following two fundamental equations:

1- Rate of Penetration Equation:

$$\frac{dF}{dT} = \frac{KN^I W}{1 + K'H} \quad (2)$$

Where the constants K' and I would have to be determined from field operations.

2-Bit life equation:

$$L_i = \frac{K''}{NW^b} \quad (3)$$

The exponent (b) is a function of drilling fluid type and will vary between (1.0 and 3.0) depending on the abrasive characteristics of the fluid in contact with the bearings.

Galle & Woods Drilling Model

Galle & Woods (1960) presented an empirical drilling model that shows the effect of weight on bit, rotary speed, and bit tooth dullness on drilling rate. They also presented the concept of bit dullness by developing two other equations for tooth wear rate and bearing wear rate.

- Rate of Penetration Equation:

$$\frac{dF}{dT} = C_f \frac{rW^k}{a^p} \quad (4)$$

Where:

$$a = 0.928125H^2 + 6.0H + 1.0$$
$$P = \begin{cases} 1.0 & \text{for flat-crested bit tooth wear.} \\ 0.5 & \text{for self-sharpening or chipping bit tooth wear.} \\ 0.0 & \text{for insert (button) bits.} \end{cases}$$
$$r = \left[e^{-100/N^2} N^{0.75} + 0.5N(1 - e^{-100/N^2}) \right] \quad (\text{For soft formations})$$
$$r = \left[e^{-100/N^2} N^{0.428} + 0.2N(1 - e^{-100/N^2}) \right] \quad (\text{For hard formations})$$

$$k = \begin{cases} 1.0 & \text{(For hard formations)} \\ 0.6 & \text{(For soft formations)} \end{cases}$$

- Rate of Bit Tooth-Wear Equation:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{i}{A_f am} \quad (5)$$

Galle & Woods (1960) defined (i) and (m) as follows:

$$i = N + 4.348 \times 10^{-5} N^3$$

$$m = 1359.1 - 714.19 \log(W_n)$$

For calculation purposes, all functions of bit weight are normalized to 7 7/8 inch bit size:

$$W_n = \frac{7.875 \times W}{d}$$

$$m_n = \frac{m}{714.19}$$

- Rate of Bit Bearing-Wear Equation:

$$\frac{dB}{dT} = \frac{N}{SL} \quad (6)$$

where the symbol (L) is tabulated as a decreasing function with increasing bit weight (Moore, 1974).

Young (1969) derived a mathematical drilling model that described the rate of penetration in terms of weight on bit, rotary speed, and the degree of bit tooth dullness.

a-.Rate of Penetration Equation:

$$\frac{dF}{dT} = \frac{K(W - M)N^l}{1 + C_2 H} \quad (7)$$

Where the constants K , M , C_2 , and λ must be determined experimentally in the formation drilled by using *Five-Spot* drilling rate tests.

b- Rate of Bit Tooth-Wear Equation:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{A_f (P'N + QN^3)}{(D_2 - D_1 W)(1 + C_1 H)} \quad (8)$$

Where the tooth wear and size parameters P' , Q , C_1 , D_1 , and D_2 are listed according to bit type and size (Barragan, 1997).

c- Rate of Bit Bearing-Wear Equation:

$$\frac{dB}{dT} = \frac{1}{b_r} NW^\delta \quad (9)$$

The weight exponent, δ , relates bearing wear rate to bit weight. A value of 1.5 was observed for common drilling fluids.

Bourgoyne & Young Drilling Model

Bourgoyne & Young (1974) developed a mathematical drilling model to show the effects of formation strength, formation compaction, formation depth, pressure differential across the hole bottom, bit weight and diameter, rotary speed, bit wear, and bit hydraulics on penetration rate.

- Rate of Penetration Equation:

This equation predicts the effect of various drilling variables, X_j , on rate of penetration, which is given by:

$$\frac{dF}{dT} = EXP \left[a_1 + \sum_{j=2}^8 a_j X_j \right] \quad (10)$$

Modeling of the drilling process is accomplished by determining the constants (a_1 through a_8) in the above equation from a multiple regression analysis of field data. Thus, the eight drilling variables are defined as follows:

Effect of formation strength; The constant (a_1) represents the effect of formation strength and drillability on penetration rate. It also includes the effects of drilling parameters that have not been mathematically modeled.

Effect of compaction; The terms ($a_2 X_2$) and ($a_3 X_3$) model the effect of compaction on penetration rate. X_2 is defined by:

$$X_2 = 10,000 - D \quad (11)$$

And this assumes an exponential decrease penetration rate with depth (D) in a normally compacted formation. X_3 is defined by:

$$X_3 = D^{0.69} (Gp' - 9.0) \quad (12)$$

And this assumes an exponential increase in penetration rate with pore pressure gradient (Gp').

Effect of Differential Pressure; The term ($a_4 X_4$) models the effect of differential pressure across the hole bottom on penetration rate. X_4 is defined by:

$$X_4 = D(Gp' - r) \quad (13)$$

And this assumes an exponential decrease in penetration rate with excess bottom hole pressure.

Effect of Bit Weight and Bit Diameter; The term ($a_5 X_5$) models the effect of bit weight and diameter on penetration rate. X_5 is defined by:

$$X_5 = Ln \left(\frac{W/d - (W/d)_i}{4.0 - (W/d)_i} \right) \quad (14)$$

And this assumes that the penetration rate is directly proportional to $(W/d)^{a_5}$.

Effect of Rotary Speed; The term ($a_6 X_6$) models the effect of rotary speed on penetration rate. X_6 is defined by:

$$X_6 = Ln \left(\frac{N}{100} \right) \quad (15)$$

And this assumes that the penetration rate is directly proportional to N^{a_6} .

Effect of Bit Tooth-Wear; The term ($a_7 X_7$) models the effect of tooth-wear on penetration rate. X_7 is defined by:

$$X_7 = -H \quad (16)$$

And this assumes an exponential decrease in penetration rate with increasing tooth wear.

Effect of Bit Hydraulics; The term (a_8X_8) models the effect of bit hydraulics on penetration rate. X_8 is defined by:

$$X_8 = \frac{rq}{350md_n} \quad (17)$$

The constants a_1 through a_8 can be determined by using multiple regression analysis of drilling data. This statistical technique is used to model sets of data points by a suitable equation with the best possible accuracy. At first, the parameters X_2 through X_8 must be calculated with Eq.(11) through Eq. (17) for each data points, then multiple regression analysis can be applied to determine these constants.

- Rate of Bit Tooth-Wear Equation:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{H_3}{A_f} \left[\frac{N}{100} \right]^{H_1} \left[\frac{(W/d)_{\max} - 4.0}{(W/d)_{\max} - (W/d)_t} \right] \left[\frac{1 + H_2/2}{1 + H_2H} \right] \quad (18)$$

Where the constants H_1 , H_2 , H_3 , and $(W/d)_{\max}$ depend on bit type and size.

3- Rate of Bit Bearing-Wear Equation:

$$\frac{dB}{dT} = \frac{1}{b_r} \left[\frac{N}{100} \right] \left[\frac{W}{4d} \right]^d \quad (19)$$

Where the weight exponent (δ) is tabulated depending on bearing type and drilling fluid type (Cunningham, 1978).

APPLICATION OF PREVIOUS MODELS

Moore (1974), Galle&Woods (1960), and Young (1969) Drilling Models failed to represent drilling process at the selected oil fields. This can be attributed to the following main limitations:

1. These drilling models assumed that the bit type, hydraulic system, drilling fluid properties, and differential pressure are adequate and don't affect drilling rate.
2. Drilling optimization process has been restricted to find optimum bit weight and rotary speed only.
3. For Moore drilling Model, no equation has been given for tooth wear rate. This means that the tooth wear has not been considered to limit bit life

APPLICATION OF BOURGOYNE & YOUNG DRILLING MODEL

Several studies (AL-Betairi et al. (1988), Barragan et al. (1997), Wee et al. (1989) confirmed the validity and successful application of Bourgoyne and Young drilling model (1974) at different locations. This may be attributed to its ability in modeling drilling process using field data. It is still considered to be one of the most comprehensive drilling models available for rotary drill bits. Consequently; this section tests the application of this mathematical drilling model on the selected field data. The validity of regression results is evaluated using several statistical techniques.

EVALUATION METHODOLOGY

Data Requirements

In this study, three of the most important southern Iraqi oil fields have been selected as a case study. These fields are: RU, R, and Z. These three fields have relatively similar stratigraphic and formation properties. Since the bed sections can be classified according to their hardness into three

main different types (soft, medium, and hard), data of forty wells located at these fields has been divided into three parts according to formation hardness and then each part has been subjected to a single regression analysis.

- Statistical Analysis

In order to calculate the best values of the regression constants a_1 through a_8 for each formation type, the parameters X_2 through X_8 must be calculated with equation (11) through equation (17) for each data point.

Since no information have been recorded about the threshold bit weight per inch of bit diameter $(W/d)_t$, and due to the fact that its value is too small as compared with the applied bit weight per inch of bit diameter (W/d) , it has been assumed to be equal zero. This assumption agrees with the works of many authors (Wee et al., 1989). During this study, a statistical package has been used to calculate the eight unknowns through the multiple regression analysis technique. Evaluation of the validity of Bourgoyne and Young drilling model has been accomplished by using several statistical techniques which are: correlation coefficient (R), standard deviation (S.Dev.), and predicted versus observed data plots.

- Regression Results

The multiple regressions modeling procedure has been achieved by using a statistical package. Regression results for soft, medium, and hard formations are summarized in table (1) and Fig. (1) through Fig.(3). For each formation type, the following quantities are obtained: the number of data points included in a particular analysis, drilling constants a_1 through a_8 , correlation of data points included in a particular analysis, drilling constants a_1 through a_8 , correlation coefficient, and standard deviation.

For soft formation results, regression constants a_3 , a_4 , and a_6 have been found to be negative. These negative values are unreliable and don't represent the drilling behavior. *AL-Betairi et al. (1988)* attributed the presence of negative regression constants to the multicollinearity (linear dependence) problem between drilling variables.

The negative values of a_3 and a_4 are caused by the dependence between X_2 , X_3 , and X_4 . As the depth increases, X_2 and X_4 decrease while X_3 increase. The low correlation coefficient, scattered data of observed versus predicted drilling rate plot, and large values of standard deviation corresponding to these constants are all confirm their unreliability.

The negative value of a_6 caused by another dependence between X_5 and X_6 . *Barragan et al. (1997)* mentioned that drilling variables like bit weight and rotary speed are not independent due to operational needs at the field area. When bit weight is reduced, rotary speed is normally increased.

For medium and hard formations results, although good correlation coefficients have been obtained, linear dependence has been also found between the drilling parameters X_2 , X_3 , and X_4 , which are depth correlated. The large values of standard deviation and the negative values of a_2 and a_3 in medium formations and a_3 in hard formations confirm this linear dependence. *Barragan et al. (1997)* and *AL-Betairi et al. (1988)* mentioned that these parameters are actually correlated with depth and required very large number of data points to get reliable results.

POSSIBLE MODIFICATION

-Rate of Penetration Equation:

Bourgoyne and Young modeling procedure has failed to simulate drilling behavior and to give meaningful values of the model constants from the available field data. Regression results for soft, medium, and hard formations indicate that this failure can be attributed to the following limitations:

Table (1): Regression Results, Bourgoyne & Young

Drilling Coefficient	Soft Formations R=0.55 Data points=110 Intercept (a_1)=6.44		Medium Formations R=0.73 Data Point=55 Intercept (a_1)=4.24		Hard Formations R=0.625 Data Point=89 Intercept (a_1)=4.75	
	Regression Value	Standard Deviation	Regression Value	Standard Deviation	Regression Value	Standard Deviation
a_2	0.00044	3488.7	-3.989	12022.8	0.00034	407.34
a_3	-0.16286	51.3	-2.857	31.3	-0.00532	12.67
a_4	-0.000422	1423.7	1.344	6266.2	0.00006	2925.15
a_5	0.236689	0.388	0.294	0.22	1.57115	0.097
a_6	-0.376089	0.184	0.1939	0.17	0.37772	0.096
a_7	1.0743	0.198	0.293	0.24	0.28315	0.206
a_8	1.8716	0.162	0.306	0.11	0.42513	0.109

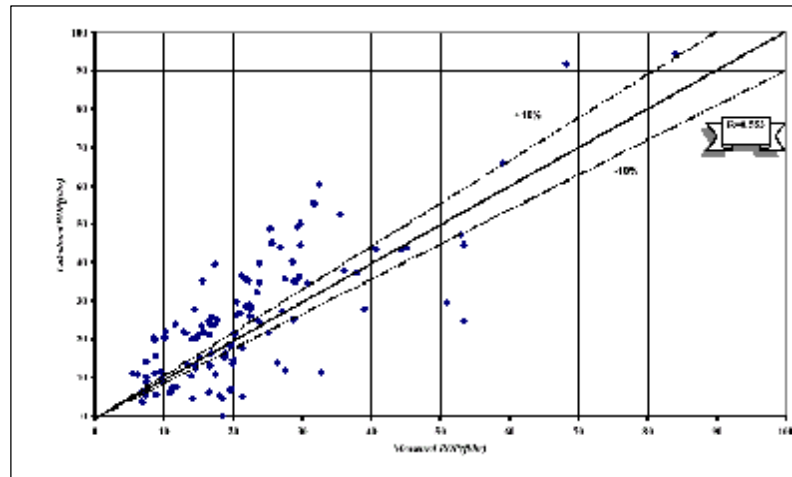


Fig. (1): Calculated Vs. Measured ROP of Soft formations, Bourgoyne & Young model

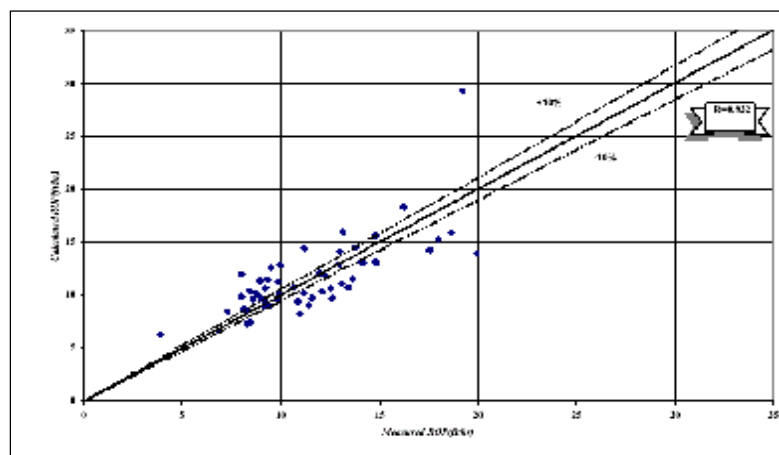


Fig. (2): Calculated Vs. Measured ROP of Medium formations, Bourgoyne & Young model

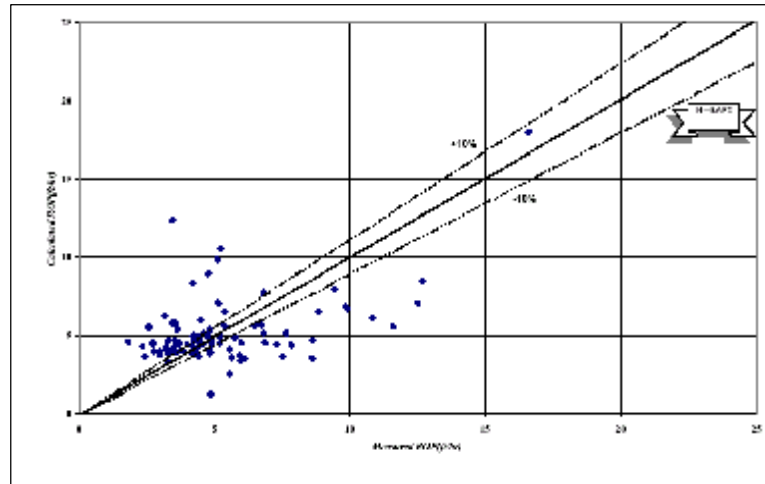


Fig. (3): *Calculated Vs. Measured ROP of Hard formations, Bourgoyne & Young model*

- The presence of linear dependence between drilling variables like X_2 , X_3 , and X_4 , which are normally, correlated with depth, and between the mechanical drilling variables X_5 and X_6 . The large number of constants to be determined in drilling rate equation. This number of constants makes the results very sensitive to the number and accuracy of data points included.

- The effect of formation compressive strength has not been considered.
- Bit type effect on drilling rate has not been considered.

Thus, the following modifications have been achieved on Bourgoyne and Young drilling model to make it more general, and represent the drilling process in the selected fields with higher accuracy:

- In order to increase the accuracy of the drilling model and cancel the effect of linear dependence between drilling variables (X_2 , X_3 , and X_4), field data have been collected from each depth interval separately instead of from all intervals. Consequently, the drilling parameters correlated with depth X_2 and X_3 would have constant effect on drilling rate for the same depth interval and can be grouped into a single value included in the term of formation strength factor.
- Different bits have been used during the drilling process, therefore, the effect of bit type on drilling rate has been included in the modified model by further collection of data into groups depending on bit class (IADC Code) and depth interval, and subjecting each group to a single analysis. Thus, the term $EXP(a_1)$ will be more representative to the formation drillability factor.
- Effects of weight on bit, rotary speed, formation hardness, formation compressive strength, and differential pressure have been included in the modified model by the form presented in Cunningham Drilling model (Cunningham, 1978).

All the previous mentioned modifications would reduce the number of constants to be determined during the regression analysis and cancel the effect of linear dependence on the results. As the number of drilling constants to be determined in a certain analysis is decreased, the number of data points required to calculate the remaining regression constants is also decreased. As a result, the accuracy of these constants will increase.

- According to the experience and drilling results in the field area, it has been noticed that the drilling rate is affected by oil content in drilling fluids. There have been several studies^(10,11) which emphasis this effect. Thus, it is necessary to include it in the modified model and increase the accuracy of drilling rate prediction. Oil content effect has been considered in the drilling model as stated by Allen (Chilingarian and Vorabutr, 1981).

- After including the proposed modifications, drilling rate equation is given by:

$$\frac{dF}{dT} = \frac{N^n (W/d)^w Of EXP[a_1 + a_7 X_7 + a_8 X_8]}{0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}}}$$

Where Of is the oil content function, and given by:

$$Of = \sin(10.6 OIL\% - 48.33) + 10.66 \quad (20)$$

For simplification purpose, formation drillability factor $EXP(a_1)$ can be written as follows:

$$D_f = EXP(a_1)$$

Thus, the final form of drilling rate equation is defined by:

$$\frac{dF}{dT} = \frac{D_f N^n (W/d)^w Of EXP[a_7 X_7 + a_8 X_8]}{0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}}} \quad (21)$$

Where the constants D_f , a_7 , and a_8 can be determined through a multiple regression analysis. Rotary speed exponents (n), depends on formation hardness and equal to (0.6, 0.7, 0.85) for soft, medium, and hard formations, respectively (Cunningham, 1978). Weight on bit exponent (w) is calculated from the following equation according to formation compressive strength values that have been measured for each formation type.

$$w = 0.178254 \ln(S) + 1.09793$$

-Rate of Bit Tooth-Wear Equation:

In the general form of this equation, tooth wear rate increases with bit weight, rotary speed, and formation abrasiveness, and decreases with bit tooth dullness as can be shown in Eq.(5), Eq.(8), and Eq.(18).

Tooth-wear rate equation presented by Bourgoyne and Young includes tooth-wear parameters, which are restricted to limited bit types and sizes. However, the most general equation that represents tooth wear rate is that presented by *Galle and Woods (1960)*. Therefore, it has been considered in the modified drilling model:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{i}{A_f am} \quad (22)$$

-Rate of Bit Bearing-Wear Equation:

In the general form of this equation, bearing life decreases with increasing weight on bit and rotary speed, and increases with increasing bearing constant as can be shown in Eq.(3), Eq.(6), Eq.(9), and Eq.(19). The same equation of Bourgoyne and Young (1974) has been considered in the modified model by selecting a general value for bit weight exponent (δ). Both *Moore (1974)* and *Young (1969)* suggested a value of 1.5 for common drilling fluids. Thus, the rate of bearing wear equation is defined by:

$$\frac{dB}{dT} = \frac{1}{b_r} N (W/d)^{1.5} \quad (23)$$

REGRESSION RESULTS OF THE MODEIFIED DRILLING MODEL

Drilling variables required for modeling procedure are: depth, drilled footage, rotating time, drilling rate, bit type, bit size, weight on bit, rotary speed, flow rate, drilling fluid density and viscosity, oil content, nozzle sizes, bit dullness, formation type, formation compressive strength, and formation pore pressure gradient.

Field data points have been divided into groups according to bit class (IADC Code) and depth interval. The same statistical package and techniques have been used to determine the model constants D_f , a_7 , and a_8 and to evaluate the validity of the regression analysis.

Regression results for soft, medium, and hard formations have been summarized in table (2) and Fig.(4) through Fig.(6).

It is obvious that there is no effect of the linear dependence problem on the final results. Positive values of the constants a_7 and a_8 and low standard deviation confirm the success of modeling process. Another noticeable improvements have been obtained in the modeling process by increasing the correlation coefficient for the combined data to equal (0.943, 0.883, 0.911) for soft, medium, and hard formations respectively. Furthermore, a marked reduction in the scattered data about the 45-degree line for these formations is more significant.

From table (2), it is obvious that the values of tooth wear constant (a_7) and hydraulics constant (a_8) are relatively identical for each regression analysis. Therefore, average values of 0.5 and 0.6 have been selected as common values in the drilling model for (a_7) and (a_8) respectively.

VERIFICATION OF DRILLING MODEL

Once modeling procedure is completed, a verification test is added to check that drilling model is a valid representation of the drilling process. Commonly, model verification involves using the drilling rate equation to calculate drilling rates of another set of data points that have not been considered in the multiple regression analysis and compare these values with observed drilling rates. If there are no great differences and the drilling model successfully pass this last test, then it can be used for predicting drilling rate and then minimizing drilling cost. Table (3) represents model verification results for four new wells which are: RU244, R488, Z128, and Z157.

DERIVATION OF ROTATING TIME AND FOOTAGE EQUATIONS

In order to determine the minimum drilling cost per foot and associated drilling variables, the previous three differential equations have been integrated and solved for the final drilled footage (F_f) and rotating time (T_f). However, bit life is limited by either bearing failure or tooth wear and the following procedure is considered to determine whichever take place first:

A- Bearing-Wear Limits Bit Life:

Assume the bit life is limited by bearing failure {i.e., $B_f=1.0$ and $H_f \leq 1.0$ }, and the total drilled footage is calculated by the integrated form of Eq. (21) as follows:

$$\frac{dF}{dT} = \frac{D_f N^n (W/d)^w \text{OfEXP}[a_7 X_7 + a_8 X_8]}{0.424S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}}}$$
$$dF = \frac{D_f N^n (W/d)^w \text{OfEXP}[a_7 X_7 + a_8 X_8]}{0.424S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}}} dT \quad (24)$$

From Eq. (22):

$$dT = \frac{A_f am}{i} dH$$

After substituting in Eq.(24), we get:

$$dF = \frac{D_f N^n (W/d)^w \text{OfEXP}[a_7 X_7 + a_8 X_8] A_f madH}{0.424S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} i}$$

Table (2): Regression Results, Modified Bourgoyne & Young Model

No.	Depth Interval	Bit (IADC) Code	Bit Type	Bit Size (inch)	Df	a ₇		a ₈		Data Points	Correlation Coefficient (R)
						Regression Value	S.Dev	Regression Value	S.Dev		
1	Dibdiba+LowerFaris+Ghar	1-1-1	R1, TS2, OSC-3A	17.5	0.18058	0.51	0.18	0.63	0.16	34	0.927
2	Dammam +Rus	1-1-4	X3A, SDS, ES2	12.25	0.12133	0.53	0.21	0.68	0.15	13	0.943
3	Dammam +Rus	1-2-4	X3, SDT	12.25	0.10584	0.38	0.19	0.71	0.16	17	0.911
4	Shiranish+Hartha	2-1-5	SDV, M44NG	12.25	0.05906	0.58	0.16	0.62	0.11	8	0.785
5	Shiranish+Hartha	5-3-7	J33, S86F, F3	12.25	0.08462	0.55	0.18	0.58	0.23	8	0.798
6	Hartha+Sa'adi	2-1-4	XVM44N, EM2	8.5	0.16359	0.51	0.18	0.59	0.16	8	0.915
7	Sa'adi	1-3-6	J4, S44	8.5	0.07993	0.53	0.15	0.61	0.16	18	0.852
8	Um AlRadoma+Tayarat	5-3-7	J33, S86F, F3	12.25	0.08862	0.47	0.33	0.56	0.34	11	0.709
9	Tan.+Ksb.+Msh.+Ru.+Ah.	5-3-7	J33, S86F, F3	8.5	0.08423	0.49	0.38	0.58	0.50	19	0.871
10	Moudod + Nhr-Omar	5-3-7	J33, S86F, F3	8.5	0.07888	0.51	0.30	0.58	0.27	19	0.809
11	Zubair	6-3-7	J55, FP63	8.5	0.01128	0.45	0.23	0.67	0.11	10	0.788
12	Zubair	5-3-7	J33, S86F, F3	8.5	0.01708	0.55	0.18	0.62	0.15	17	0.756
13	Zubair	5-1-7	J22, S84F	8.5	0.01763	0.52	0.14	0.61	0.29	8	0.879
14	Shiaba + Zubair	6-1-7	J44, M84F, F4	8.5	0.02059	0.55	0.55	0.48	0.36	9	0.786
15	Zubair	6-1-7	J44, M84F, F4	8.5	0.01463	0.50	0.19	0.61	0.26	24	0.852
16	Shiaba + Zubair	5-3-7	J33, S86F, F3	8.5	0.03096	0.47	0.58	0.65	0.17	14	0.929

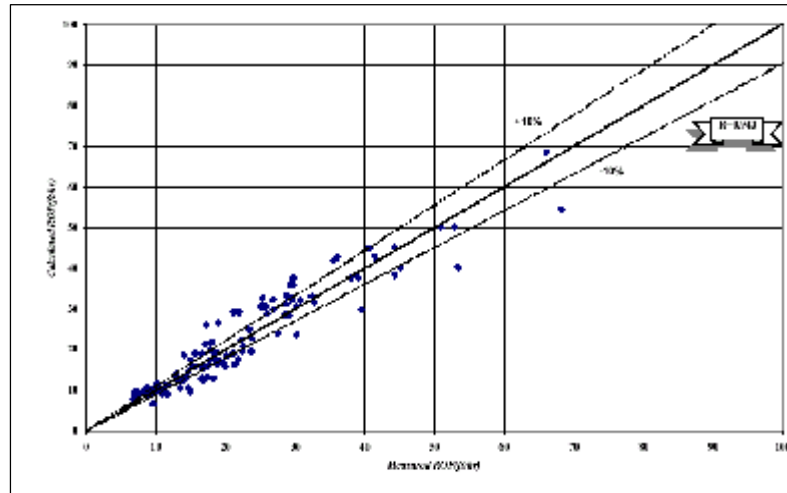


Fig.(4):Calculated Vs. Measured ROP of Soft formations,
Modified Bourgoyne & Young model

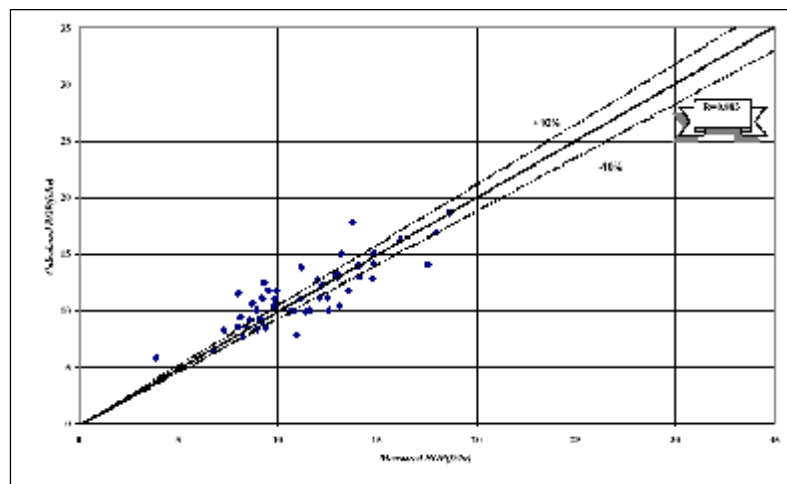


Fig.(5):Calculated Vs. Measured ROP of Medium formations,
Modified Bourgoyne & Young model

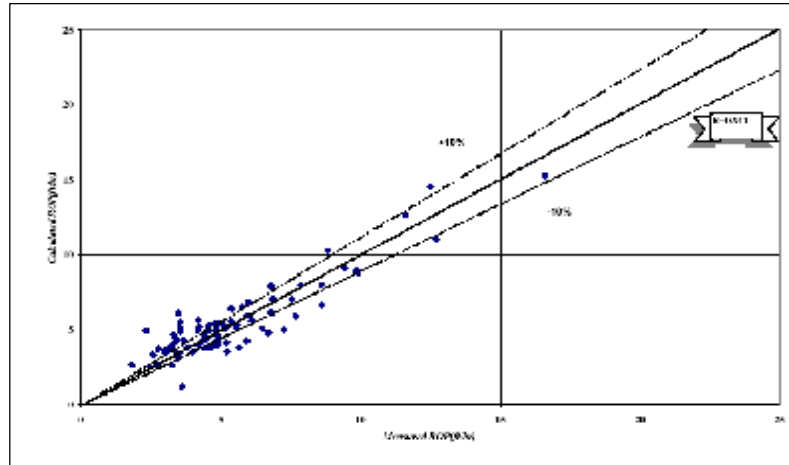


Fig.(6): Calculated Vs. Measured ROP of Hard formations,
Modified Bourgoyne & Young model

$$\int_0^{F_f} dF = \frac{D_f A_f N^n (W/d)^w mOfEXP[a_8 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)} \int_0^{H_f} a EXP[-a_7 H] dH$$

Let:

$$J_3 = \frac{D_f A_f N^n (W/d)^w mOfEXP[a_8 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)}$$

$$\int_0^{F_f} dF = J_3 \int_0^{H_f} (0.928125 H^2 + 6H + 1.0) EXP[-a_7 H] dH$$

$$F_f = J_3 \int_0^{H_f} (0.928125 H^2 e^{-a_7 H} + 6H e^{-a_7 H} + e^{-a_7 H}) dH$$

Let: $L_1 = 0.928125 \int_0^{H_f} H^2 e^{-a_7 H} dH$ which can be integrated by parts as follows:

For $U=H^2$ $dU=2HdH$ and $dV = e^{-a_7 H} dH$ $\therefore V = \frac{-1}{a_7} e^{-a_7 H}$

$$L_1 = 0.928125 \left[\frac{-1}{a_7} H^2 e^{-a_7 H} + \frac{2}{a_7} \int_0^{H_f} H e^{-a_7 H} dH \right]$$

Another integration for $U=H$, $dU=dH$ and $dV = e^{-a_7 H} dH$ $\therefore V = \frac{-1}{a_7} e^{-a_7 H}$

$$L_1 = 0.928125 \left[\frac{-1}{a_7} H^2 e^{-a_7 H} - \frac{2}{a_7} \left(\frac{-1}{a_7} H^2 e^{-a_7 H} + \frac{1}{a_7^2} e^{-a_7 H} \right) \right]_0^{H_f}$$

Thus;

$$L_1 = \left[\frac{1.856}{a_7^3} - e^{-a_7 H_f} \left(\frac{0.928125}{a_7} H_f^2 + \frac{1.856}{a_7^2} H_f + \frac{1.856}{a_7^3} \right) \right]$$



Let:
$$L_2 = 6 \int_0^{H_f} H e^{-a_7 H} dH$$

Integration (L_2) by parts yields:

$$L_2 = \frac{6}{a_7^2} - e^{-a_7 H_f} \left(\frac{6}{a_7} H_f + \frac{6}{a_7^2} \right)$$

Let:
$$L_3 = \int_0^{H_f} e^{-a_7 H} dH$$

$$\therefore L_3 = \frac{1}{a_7} - \frac{1}{a_7} e^{-a_7 H_f}$$

$$\therefore F_f = J_3 [L_1 + L_2 + L_3]$$

Thus, the general expression of the final drilled footage is given by:

Table(3): Model Verification Results

No	Field & well No.	Depth Interval	Bit No.	IADC. Code	Bit type	WOB 1000 Lb	N rpm	Oil Content %	ΔP 1000 psi	X_7	X_8	ROP _m (ft/hr)	ROP _c (ft/hr)
2	Z157	Dibdiba+Lower.Faris+Ghar	2	1-1-1	R1	33.069	100	1	0.075	-0.25	0.250	27.00	27.24
3	Z128	Dibdiba+Lower.Faris+Ghar	1	1-1-1	R1	33.069	100	2	0.05	-0.625	0.401	30.60	32.31
4	R488	Dibdiba+Lower.Faris+Ghar	1	1-1-1	R1	22.045	100	3	0.042	-0.375	0.646	31.70	32.99
5	Z157	Dammam +Rus	3	1-1-4	X3A	33.069	80	2	0.119	-0.5	0.271	16.75	16.17
6	RU244	Dammam +Rus	2	1-2-4	X3	44.092	100	2	0.282	-0.375	0.303	22.36	23.64
7	R488	Dammam +Rus	2	1-2-4	X3	33.069	100	2	0.424	-0.625	0.455	20.50	22.77
8	RU244	Um AlRadoma+Tayarat	4	5-3-7	S86F	33.598	70	6	0.138	-0.75	0.588	14.58	11.36
9	Z128	Um AlRadoma+Tayarat	5	5-3-7	S86F	39.685	50	7	0.179	-0.375	0.485	14.06	13.95
10	Z157	Um AlRadoma+Tayarat	4	5-3-7	S86F	33.069	55	5	0.086	-0.5	0.442	14.85	15.04
11	RU244	Sa'adi	6	1-3-6	J4	39.685	60	5	0.191	-0.25	0.783	14.64	16.64
12	R488	Sa'adi	6	1-3-6	J4	39.685	80	8	0.280	-0.5	0.423	7.00	10.01
13	Z128	Sa'adi	8	1-3-6	J4	39.685	55	6	0.210	-0.625	0.569	8.50	11.43
14	Z157	Sa'adi	7	1-3-6	J4	33.069	60	7	0.226	-0.5	0.454	10.80	9.94
15	Z157	Tan.+Ksb.+Msh.+Ru.+Ah	8	5-3-7	S86F	39.685	50	7	0.425	-0.25	0.663	14.20	12.94
16	Z128	Tan.+Ksb.+Msh.+Ru.+Ah	9	5-3-7	S86F	39.685	50	8	0.585	-0.25	0.378	8.21	9.04
17	R488	Moudod + Nhr-Omar	10	5-3-7	J33	39.685	55	4	0.399	-0.5	0.534	8.40	9.78
18	RU244	Moudod + Nhr-Omar	9	5-3-7	S86F	33.069	50	8	0.096	-0.625	0.597	10.80	8.86
19	Z128	Shiaba + Zubair	12	5-3-7	J33	33.069	45	7	0.219	-0.625	0.437	4.90	5.72
20	RU244	Zubair	11	5-3-7	S86F	33.069	50	6	0.103	-0.75	0.584	4.30	4.34
21	Z128	Zubair	13	5-3-7	J33	35.273	45	8	0.230	-0.5	0.592	4.86	4.01
22	Z128	Zubair	14	5-3-7	J33	33.069	55	7	0.234	-0.25	0.613	5.58	4.79
23	RU244	Zubatr	10	6-1-7	M84F	33.069	50	7	0.100	-0.375	0.583	4.40	4.59

$$F_f = \frac{D_f A_f N^n (W/d)^w \text{mOfEXP}[a_8 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)} \left[\left(\frac{a_7^2 + 6a_7 + 1.856}{a_7^3} \right) - e^{-a_7 H_f} \left(\frac{0.928125}{a_7} H_f^2 + \frac{6a_7 + 1.856}{a_7^2} H_f + \frac{a_7^2 + 6a_7 + 1.856}{a_7^3} \right) \right] \quad (25)$$

Since the values of a_7 and a_8 from the regression analysis results are 0.5 and 0.6 respectively, the final drilled footage that has been considered in this study is defined by:

$$F_f = \frac{D_f A_f N^n (W/d)^w \text{mOfEXP}[0.6 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)} \left[40.85 - e^{-0.5 H_f} (1.856 H_f^2 + 19.425 H_f + 40.85) \right] \quad (26)$$

The rotating time is governed by the solution of the integrated form of equation (23) as follows:

$$\frac{dB}{dT} = \frac{1}{b_r} N(W/d)^{1.5}$$

$$T_f = \frac{b_r}{N(W/d)^{1.5}} \quad (27)$$

In this case, the final bit tooth dullness (H_f) should be less or equal 1.0 and determined by the integrated form of Eq.(22), as follows:

$$\frac{dH}{dT} = \frac{i}{A_f a m}$$

$$\int_0^{H_f} (0.928125 H^2 + 6.0 H + 1.0) dH = \frac{i}{A_f m} \int_0^{T_f} dT$$

$$0.309 H_f^3 + 3.0 H_f^2 + H_f = \frac{i T_f}{A_f m} \quad (28)$$

If the value of tooth wear (H_f) that has been calculated at the rotating time (T_f) from Eq.(27) exceeds one [i.e., $H_f > 1.0$], this gives an indication that tooth wear governed bit life and the following assumption must be considered.

B- Tooth-Wear limits Bit Life:

If the bit life is limited by tooth-wear [i.e. $H_f = 1.0$ and $B_f < 1.0$], the general form of the final drilled footage is obtained from Eq.(25) for [$H_f = 1.0$], as follows:

$$F_f = \frac{D_f A_f N^n (W/d)^w \text{mOfEXP}[a_8 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)} \left[\left(\frac{a_7^2 + 6a_7 + 1.856}{a_7^3} \right) - e^{-a_7} \left(\frac{0.928125}{a_7} + \frac{6a_7 + 1.856}{a_7^2} + \frac{a_7^2 + 6a_7 + 1.856}{a_7^3} \right) \right] \quad (29)$$

For $a_7 = 0.5$ and $a_8 = 0.6$:

$$F_f = \frac{3.165 D_f A_f N^n (W/d)^w \text{mOfEXP}[0.6 X_8]}{i \left(0.424 S^{1.5} + \sqrt{N^n (W/d)^w \Delta P^{0.75}} \right)} \quad (30)$$

The rotating time is governed by the solution of the integrated form of Eq.(22) for $[H_f=1.0]$:

$$T_f = \frac{4.309 A_f m}{i} \quad (31)$$

In this case, the final bit bearing wear (B_f) should be less 1.0 and calculated by integrating Eq.(23), as follows:

$$B_f = \frac{N(W/d)^{1.5} T_f}{b_r} \quad (32)$$

RESULTS OF OPTIMIZATION

The Constrained Rosenbrock optimization technique (Hiller (2001), James (1973)) has been used together with the modified Bourgoyne & Young drilling model to find optimum values for weight on bit, rotary speed, flow rate, drilling fluid density, drilling fluid viscosity, oil content, and nozzle size for each formation type. According to the results of optimization, the following bit types and corresponding drilling variables are recommended in table (4) for each depth interval.

CONSTRUCTION OF OPTIMUM BIT RECORD

The results of optimization have been used to design optimum bit record that can be used to drill the next wells in the area under study. For comparison purpose, it has been used to optimize the drilling cost for well RU263. It is obvious that the optimum bit record saved about 857 hours in total drilling time. In addition, the reduction in the total number of bits saved about 57.5 hours in the trip and connection time. Thus, the optimum solution saved about 294915 \$ from the total drilling cost which is equal to 394176\$. Furthermore, it is also possible to repeat utilization of the used bits to drill the same intervals in other wells if the total bit life has not been totally used. Fig.(7) shows the comparison in drilling cost between the optimized well and the non-optimized well to reach the same depth.

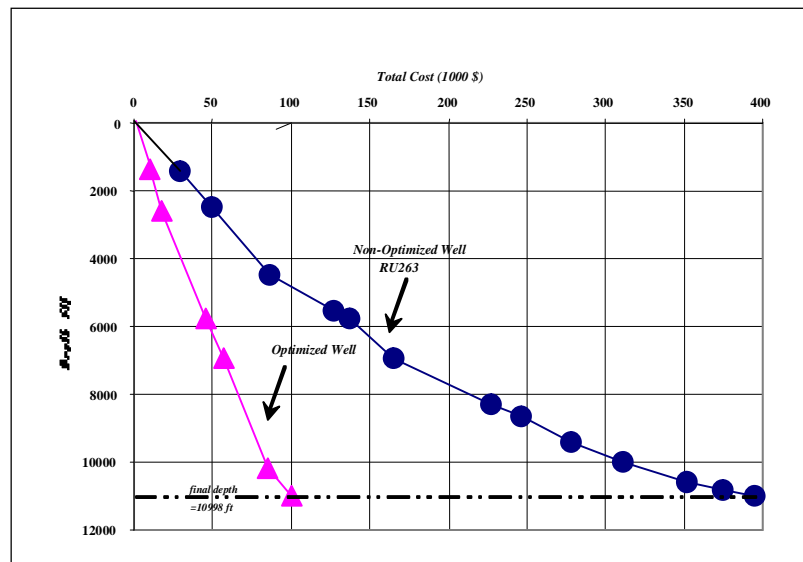


Fig.(7): Drilling Cost Vs. Depth for Optimized and Non-Optimized Wells

CONCLUSIONS

- 1- Bourgoyne & Young drilling model has been modified successfully using other drilling models to include the effects of weight on bit, rotary speed, bit type, bit size, flow rate, drilling fluid density, drilling fluid viscosity, nozzle size, oil content, formation drillability, formation abrasiveness, formation compressive strength, formation hardness, bit bearing constant, differential pressure between mud column pressure and formation pressure, and bit dullness on drilling rate. This modified model gave reasonable results in simulating the drilling process for the fields under study.
- 2- Modified Bourgoyne and Young drilling model can be used to predict bit performance for a certain formation to be drilled. Accordingly, it provides a method for recognizing any anomaly in the field bit performance when it deviates from predictions.
- 3- It has been noted that different bit types of the same IADC Code have the same bit performance and drillability through a certain formation.

NOMENCLATURE

- a_j : Drilling constant for drilling variable, j (to be determined)
- A_f : Formation abrasiveness factor
- b : Bit weight exponent in bearing- wear rate equation
- B : Bearing wear, 1/8 of bearing life
- b_r : Bit bearing constant
- CB : Bit cost, \$
- C_f : Formation drillability factor
- CPF : Cost per foot, \$/ft
- CR : Rig cost, \$/ft
- d : Bit size, inch
- D : Depth, ft
- D_f : Formation drillability factor
- d_n : Bit nozzle size, inch
- N : Rotary speed, rpm
- Of : Oil content Function
- ΔP : Differential pressure between drilling mud and pore pressure at the bit, psi
- q : Flow rate, gal/min
- $(W/d)_{\max}$: Bit weight per inch of bit size at which bit teeth would fail, 1000 lb/in
- $(W/d)_t$: Threshold bit weight per inch of bit size at which bit begins to dill, 1000 lb/in
- r : Drilling fluid density, lb/gal
- w : Weight on bit exponent dependent upon formation compressive strength
- s : Compressive strength, 1000 psi

**Table (4): Recommended Bit Types and Drilling Variables**

No.	Depth Interval	Bit IADC Code	Bit Size In.	WOB 1000 lb	N rpm	ρ lb/gal	Q gal/min	μ cp	dn 1/32 in.	Oil %	Footage ft	Time hrs.	Rop ft/hr
1	Dibdiba+Lower.Faris+Ghar	1-1-1	17.5	40.851	113	8.72	682	15.5	2×15 1×16	6.7	6267	73.56	85.2
2	Dammam +Rus	1-1-4	12.25	40.352	96	8.73	588	15.2	Without Nozzles	6.2	3026	47.20	64.1
3	Um AlRadoma+Tayarat	5-3-7	12.25	44.838	87	9.00	575	14.3	2×10 1×11	9.9	4847	82.88	58.5
4	Shiranish+Hartha	5-3-7	12.25	40.683	99	9.00	565	14.6	2×11 1×10	9.9	3352	102.36	32.8
5	Sa'adi	1-3-6	8.5	41.077	98	9.00	565	14.6	2×11 1×12	9.8	1736	46.93	37.0
6	Tan.+Ksb.+Msh.+Ru.+Ah.	5-3-7	8.5	44.835	86	9.10	528	14.7	2×9 1×10	9.9	6153	95.65	64.3
7	Moudod + Nhr-Omar	5-3-7	8.5	44.605	85	9.20	565	14.8	2×9 1×10	9.9	2732	59.85	45.6
8	Shiaba + Top of Zubair	5-3-7	8.5	47.810	64	9.9	568	13.3	2×9 1×10	13.2	2478	65.66	37.7
9	Zubair	5-3-7	8.5	47.991	64	9.9	573	13.2	3×9	13.4	2110	65.73	32.1

REFERENCES

- AL- Betairi, E.A., Moussa, M.M., and AL-Otaibi, S.S., “ Multiple Regression Approach to Optimize Drilling Operations in the Arabian Gulf Area ”, *Soc. Pet. Eng. J.*, No.13694, pp.83-88, Mar. 1988.
- Barragan, R.V., Santos, O.L., and Maidia, E.E., “ Optimization of Multiple Bit Runs ”, *Soc. Pet. Eng. J.*, No.37644, pp.579-589, Mar. 1997.
- Bourgoyne, A.T. and Young, F.S., “ A Multiple Regression Approach to Optimal Drilling and Abnormal Pressure Detection ”, *Soc. Pet. Eng. J.*, pp.371-384, Aug. 1974.
- Chilingarian, G.V. and Vorabutr, D., “ Drilling and Drilling Fluids ”, *Elsevier Publishing Co., Development in Petroleum Science*, (1981).
- Cunningham, R.A., “ An Empirical Approach for Relating Drilling Parameters ”, *J. Pet. Tech.*, pp. 987-991, Jul. 1978.
- Galle, E.M., and Woods, H.B., “ How to Calculate Bit Wight and Rotary Speed for Lowest-Cost Drilling ”, *Oil & Cas J.*, Nov. 14, 1960.
- Hiller, F.S., “ Introduction to Operations Research ”, 7th Edition, *McGraw-Hill Higher Education*, (2001).
- James, L.K. and Joe, H.M., “ Optimization Techniques With FORTRAN ”, *New York, McGraw-Hill*, (1973).
- Moore, P.L., “ Drilling Practice Manual ”, *Petroleum Publishing Co., Tulsa, Oklahoma* (1974).
- Murphy, D., “ What Factors Affect Drilling Rate? ”, *Oil & Cas J.*, Feb. 17, 1969.
- Simpson, M.A., “ Calculator Program Optimizes Bit Weight, Rotary Speed, Reducing Drilling Cost ”, *Oil & Cas J.*, Apr. 23, 1984.
- Warren, T.M., “ Drilling Model for Soft-Formation Bits ”, *J. Pet. Tech.*, pp.963-970, Jun. 1981.
- Wee, W., and Kalogerakis, N., “ Modelling of Drilling Rate for Canadian Offshore Well Data ”, *J.Can. Pet. Tech.*, pp.33-48, Nov.-Dec. 1989.
- Young, F.S., “ Computerized Drilling Control ”, *J. Pet. Tech.*, pp.483-496, Apr. 1969.



LAMINAR NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER BETWEEN DUCTED PARALLEL PLATES

Dr. Yasin K. Salman
Nuclear Department

Eng. Hazim S. Hamad
Mechanical Department

ABSTRACT

Laminar natural convection heat transfer to air flow in a ducted two parallel plates subjected to same constant heat flux has been studied experimentally. In this study a test rig has been designed and constructed to allow studying the effect of plate spacing and plates angle of inclination on the heat transfer process. The study covers three plate spacing 15 mm, 35mm and 60 mm that makes plate aspect ratio (AR) 24, 10.285 and 6, The heat flux implemented in all test runs varies between $55 \text{ W/m}^2 - 340 \text{ W/m}^2$ that makes the modified Rayleigh number (Ra) varies from $10^5 - 10^8$. Experimental results presented as plate temperature distribution, variation of local heat transfer coefficient and the relation between Nu and Ra, reveal for the range of parameters mentioned above, an improvement in heat transfer process as the AR values change from 6 to 24 and the improvement rates is higher for the lower heat flux test (lower Ra). A correlation of the results were made in the form of $Nu_{vr} (Gr/AR)$ in which the effect of duct aspect ratio (AR) has been introduced.

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة عملية ونظرية لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي الطبقي لجريان الهواء في مجرى بلوحيين متوازيين مسخنين بشكل متماثل وبفيض حراري ثابت. الجانب العملي أشمل على تصميم وبناء جهاز مختبري يُمكن من دراسة تأثير المسافة بين اللوحيين المسخنين وزاوية ميلان اللوحيين على عملية انتقال الحرارة. الدراسة غطت ثلاث مسافات وهي 15 mm و 35 mm و 60 mm والتي تعطي قيم للنسبة الباعية ($AR = L/D$) 24، 10.285، 6 على التوالي. كان مدى الفيض الحراري المجهز للوحيين ولجميع الاختبارات يتراوح بين $55 \text{ W/m}^2 - 340 \text{ W/m}^2$ وهذا يجعل التغير بـ رقم راييلي المطور (Ra) تتراوح بين $10^5 - 10^8$. النتائج العملية والتي عرضت بشكل توزيع درجات الحرارة على اللوح وتغير معامل انتقال الحرارة الموقعي والعلاقة بين رقم نسلت (Nu) مع رقم راييلي (Ra) كشفت ولمدى المقادير المذكورة أعلاه تحسن في عملية انتقال الحرارة لتغير قيم AR من 6 إلى 24 ويكون التحسن أعلى لقيم الفيض الحراري المنخفض (لقيم Ra المنخفض). النتائج العملية تم تحويلها إلى علاقات ارتباطية بين رقم نسلت ونسبة راييلي المطور إلى النسبة الباعية للمجرى (Gr/AR) والتي تظهر تأثير النسبة الباعية في عملية انتقال الحرارة.

INTRODUCTION

The heat transfer characteristics of laminar natural convection flow of air between vertical parallel plates receiving renewed interest in the heat research community. This comes primarily in response to the problem of thermal control of microelectronic equipment. Passive (natural convective) cooling of communication and other microelectronic equipment continues to play a prominent role in thermal management of such systems because of its characteristically low operating noise level, low cost, ease of maintenance, and simplicity. However basic understanding of the fundamental mechanisms for natural convective heat transfer is lacking. (Incropera, 1986) reported an experimental study focusing on local heat transfer phenomena in an asymmetrically heated, vertical parallel plate channel with laminar air flow in the high Rayleigh number regime.

Natural convective heat transfer along vertical plates has been studied previously by several investigators. The pioneering experimental work of (Elenbaas 1942) laid the foundation for study of natural convection in isothermal parallel plate channels. A subsequent analytical study by Bodoia

and (Osterle 1962) served to confirm Elenbaas' experiments. More recently, (Sparrow and Bahrami 1980) studied experimentally the analogous isothermal plate boundary using the naphthalene sublimation technique, examining the effect of open edges at the plate lateral extremities. Investigations of heat transfer in vertical. Plates with the uniform heat flux thermal boundary condition are fewer in number. (Sparrow and Gregg 1956) developed a similarity solution for natural convection along an isolated vertical, uniform heat flux surface. The governing equations have been solved for parallel plate geometry in developing flow region (Aung et al., 1972) and the fully developed limit (Aung, 1972) for both symmetrically and asymmetrically heated isothermal and isoflux plates. Limits bounding three possible flow regimes (fully developed, developing and single plate) were proposed as a function solely of the modified Grashof number, defined by

$$Gr = \frac{gBqb^4}{K\nu^2} \frac{b}{L} \quad (1)$$

Note that the modified Grashof number as defined for use in the study of heat transfer in vertical parallel plate channels includes the channel aspect ratio b/H . (Raithby and Holland 1975) developed a simplified analysis for the prediction of the local heat transfer coefficient in a vertical parallel plate channel with arbitrary wall temperature distribution. Their results compared favorable with the experiments and analytical work of previous investigators. (Miyatake et al. 1973) performed both analysis and experiments for natural convection between vertical parallel plates with the some thermal boundary conditions as this study. Experiments were performed with water as the working fluid, and results were compared to the theoretical predictions with good agreement.

Experimental data on natural convection flow of air between vertical parallel plates with uniform heat flux are nearly nonexistent. (Wirtz and Stutzman 1982) reported measurements of local heat transfer in a symmetrically heated channel. correlations were developed for the local heat transfer along the channel and the maximum wall temperature as a function of relevant problem parameters. Their experiments spanned the range of modified Rayleigh number from 17.7 to 2414. More recently, an investigation of the optimum spacing of vertical parallel plates with a variety of thermal boundary conditions was undertaken by (Bar-Cohen and Roshenow 1984). Their paper reviews thoroughly the available data and describes the recommended correlations.

The present paper reports laboratory experiments designed to determine local heat transfer characteristics for natural convective flow in a vertical parallel plate channel, each wall heated with uniform heat flux. In many practical applications the imposed heat flux at the boundary and characteristic of the system dictate moderate to high Rayleigh number natural convection, while still in the laminar regime. Additionally, the symmetric heating boundary condition studied is a limiting case prototypical of the arrays of heat-dissipating devices used in the electronic industry. The experiments reported here were designed to characterize the local and average heat transfer of such system. To this end the heating rates and channel wall spacing were selected such that the Rayleigh numbers were in the range $503 \leq Ra^* \leq 1.75 \times 10^7$.

EXPERIMENTAL APPARATUS

The experimental apparatus was designed and conducted to cover all the ranges of the parameters which affect natural convection heat transfer process from a ducted two parallel plates. The parameters include the plate heat flux, the parallel plates orientation and plate height to the plates spacing ratio. A schematic diagram and photograph of the experimental setup of the apparatus are shown in Fig.1 and plate (1) respectively. The apparatus consists essentially of an open air circuit mounted on a wood board (D) which can be rotated around a horizontal spindle (S). The inclination angle of the open air circuit to the horizontal can then be adjusted as required with



help a protractor fixed on the wooden board side. The open air circuit consists of light wooden shield (A) with a dimension of (500*500*500 mm). The shield opened (200*200 mm) at bottom side to form an inlet opening (B) through which the air move freely without restriction to the ducted parallel plates via the wooden shield in the same time the wooden shield is used to avoid the effect of air currents outside the shield to interfere with free convection created by heated parallel plates at parallel plates entrance. The open air circuit finished with test section (C).

The test section details are shown in Fig.2 which consists of rectangular passage of 360 mm length, 150 mm width and (b) height (represent the parallel plates spacing)(15, 35 and 60 mm). The rectangular passage created by two identical heated upper and lower flat plates (A) and (B), respectively (for the vertical and inclined orientation).

Each plate has a length equal to 360 mm, width of 150 mm and height of 60 mm. The lower plate (B) of Fig.2 was fixed firmly to the wooded board with four bolts (C) while the upper plate left to adjust its position related to the lower plate with the help of 4 bolts (R) and the two vertical sides of the passage (V) which work as a spacer between plates. The vertical shorter sides of the passage (V) were a three set of two identical glass strips have a length of (400 mm), a width (b) and 10 mm thick. The glass strips work as a spacer between the two heated parallel plates with the width (b) takes three values 15 mm, 35 mm and 60 mm that generate a passage length to spacing ratio (L/b) which represent the aspect ratio (AR) values (24, 10.286 and 6) respectively.

The upper and lower heated plates of the test section were designed and manufactured to be the duct side heated with a constant heat flux (CHF) so the situations of either upper side heated and lower side heated only, lower side heated only and both side heated can be a achieved by powering the duct side required. The details of these plates are shown in plate (1). The heated surface was constructed from three layers glued together to form a composite heater.

The composite heating element, shown in figure (2) and plate (2) consisted of heating element as a Nickrom tape 4 mm wide and 0.01 mm thick wounded uniformly flat on a 2 mm mica sheet (H) (see plate (2) the heating element then covered from both sides by 2mm mica sheet (K) and (J). The heating element with covers fixed on 0.5 mm thick stainless steel plate (N). All thermocouples penetrate through the mica layers and mounted to the stainless steel plate. Thermocouples locations are depicted in plate (9). The heated plate with thermocouples which has been shown in plate (3), was attached permanently on 6mm thick, 150 mm wide and 360 mm long Teflon plate (L) then on a layer of 25 mm thick ceramic fiber (M) and finally all previous layers wholly fixed firmly in 20 mm thick a wooden cover (P). The wooden cover has been cut from piece of wood of a thickness equal to 40 mm and it was shaped nicely in frontal part to create with other plate a bell mouth at the test section entrance and to form with the two glass strips a smooth entrance to the air passage.

The heat loss through the heated plate lagging been accounted by inserting a thermocouple in the ceramic fiber layer. Then knowing the temperature gradient in the lagging and its thermal conductivity therefore the heat loss by conduction can be evaluated, the losses were found to vary between 2% to 3% of the total plate input power.

The inlet air temperature was measured by a thermocouple (W) located at the wooden box while the air exit temperature was measured by three thermocouple (V) located at the passage exit after extended the passage by 100 mm by a wooden duct (U) and The average of these three thermocouples represents the air exit bulk temperature. The local air temperature variation along the passage was calculated by fitting straight line interpolation between the measured inlet and outlet bulk air temperature.

DATA ANALYSIS

Power calculations

The total input power supplied can calculate:

$$Q_t = V.I \quad (2)$$

The convection and radiation heat transferred from each plate surfaces:

$$Q_{C+r} = Q_t - Q_{\text{cond}} \quad (3)$$

Where:

Q_{cond} = is the conduction heat losses (in the composite insulation).

Q_{C+r} = convection and radiation heat losses. (4)

Where:

I = AC – current measured by clamp-meter.

V = AC– voltage measured by digital Avo - meter.

$$Q_{\text{cond}} = k A_c \Delta T / \Delta X$$

ΔT : Temperature different inside the insulation.

ΔX = the length of insulation.

A_c = cross sectional area ($b * L$)

Where:

b = the space between two plate

L = length of the plate.

The convective and radiation heat flux can be represented by:

$$q_{c+r} = \frac{Q_{c+r}}{A_s} \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad (5)$$

Where:

$$A_s = W * L$$

W = width of the plate.

and the radiation heat flux can be represented by:

$$q_r = F_s (T_{sx}^4 - \overline{T_w^4}) \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad (6)$$

Where:

σ : Stephen – Boltzman constant $= 5.669 * 10^{-8} \frac{W}{k^4.m^2}$

F : shape factor $= \left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)$



δ_1, δ_2 : surface emmissivity value (for inner face of the two plates).

T_{sx} : Local surface temperature.

$\overline{T_w}$: Average wall temperature.

The convection heat flux can be represented by:

$$q_c = q_{c+r} - q_r \quad (7)$$

The convection heat flux, which is used to calculate the local and average heat transfer coefficient as follows:

$$h_x = q_c / (T_{sx} - T_{bx}) \quad (8)$$

Where T_{bx} : Local bulk air temperature.

All the properties were evaluated at the mean film temperature.

$$T_{fx} = \frac{(T_{sx} + T_{bx})}{2} \quad (9)$$

Where:

T_{bx} = Local bulk air temperature.

T_{fx} = Local mean film temperature.

The local Nusselt number based on hydraulic diameter (Nu_b) can be determine as:

$$Nu_b = h_x \cdot b / K_f \quad (10)$$

The local Nusselt number based on length in the direction of flow (Nu_x) can be calculated as:

$$Nu_x = h_x \cdot X / K_f \quad (11)$$

The average value of Nusselt number ($\overline{Nu_x}$) can be calculated based on the calculated average heat transfer coefficient as the following:

$$\overline{h} = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} h_x \cdot dx \quad (12)$$

Also, we can calculated the average Nusselt number based on the calculated average surface temperature and average bulk air temperature as follows:

$$\overline{T_s} = \frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} T_{sx} \cdot dx \quad (13)$$

$$\overline{T_b} = \frac{T_{b1} + T_{b2}}{2} \quad (14)$$

$$\overline{T_f} = \frac{\overline{T_s} + \overline{T_b}}{2} \quad (15)$$

The average value of parameter can be calculated as the follows:

$$\overline{Nu} = \frac{q_c \cdot b}{k_f \cdot (\overline{T_s} - \overline{T_b})} \quad (16)$$

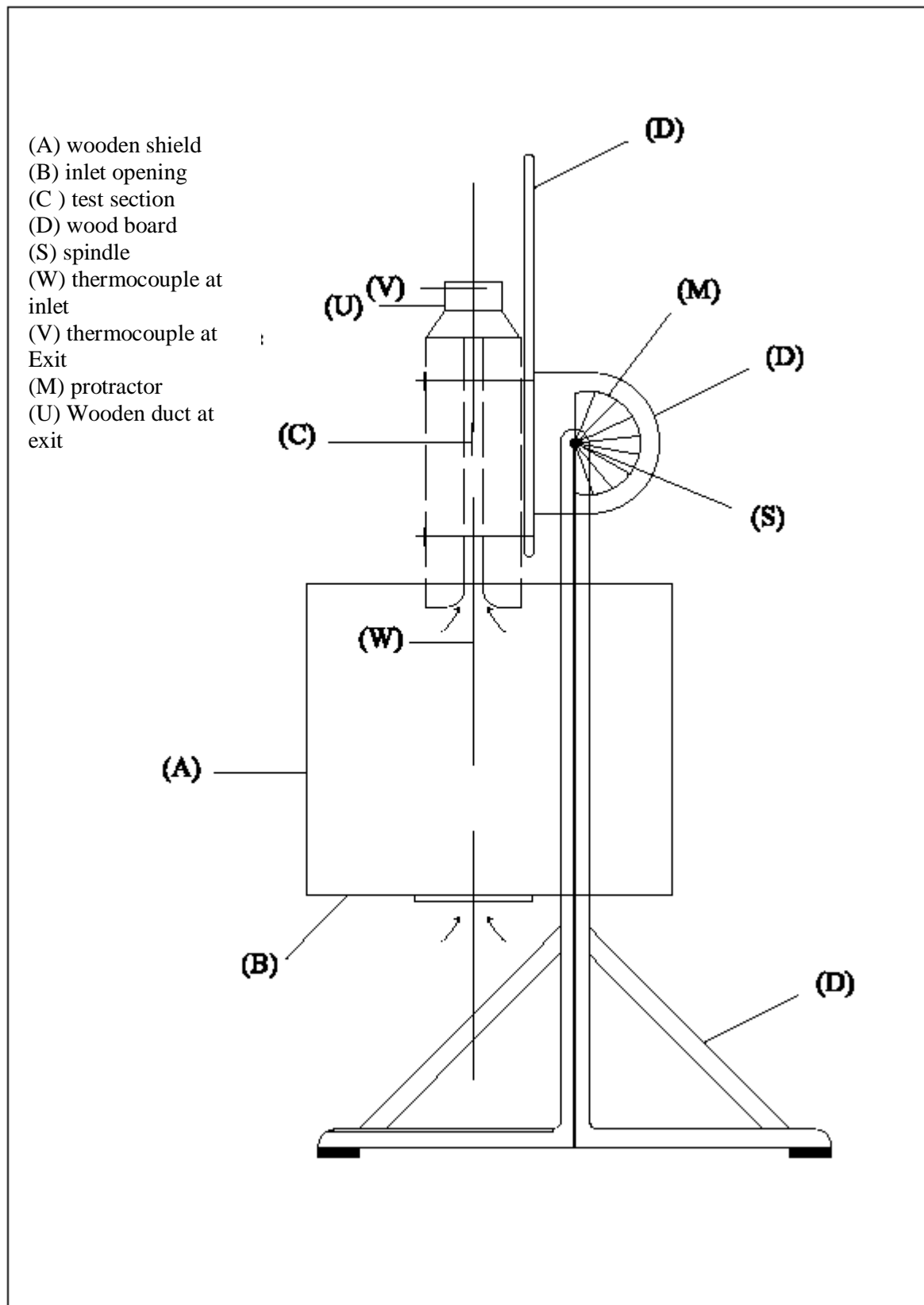


Fig.1 Schematic Diagram of the Test Rig

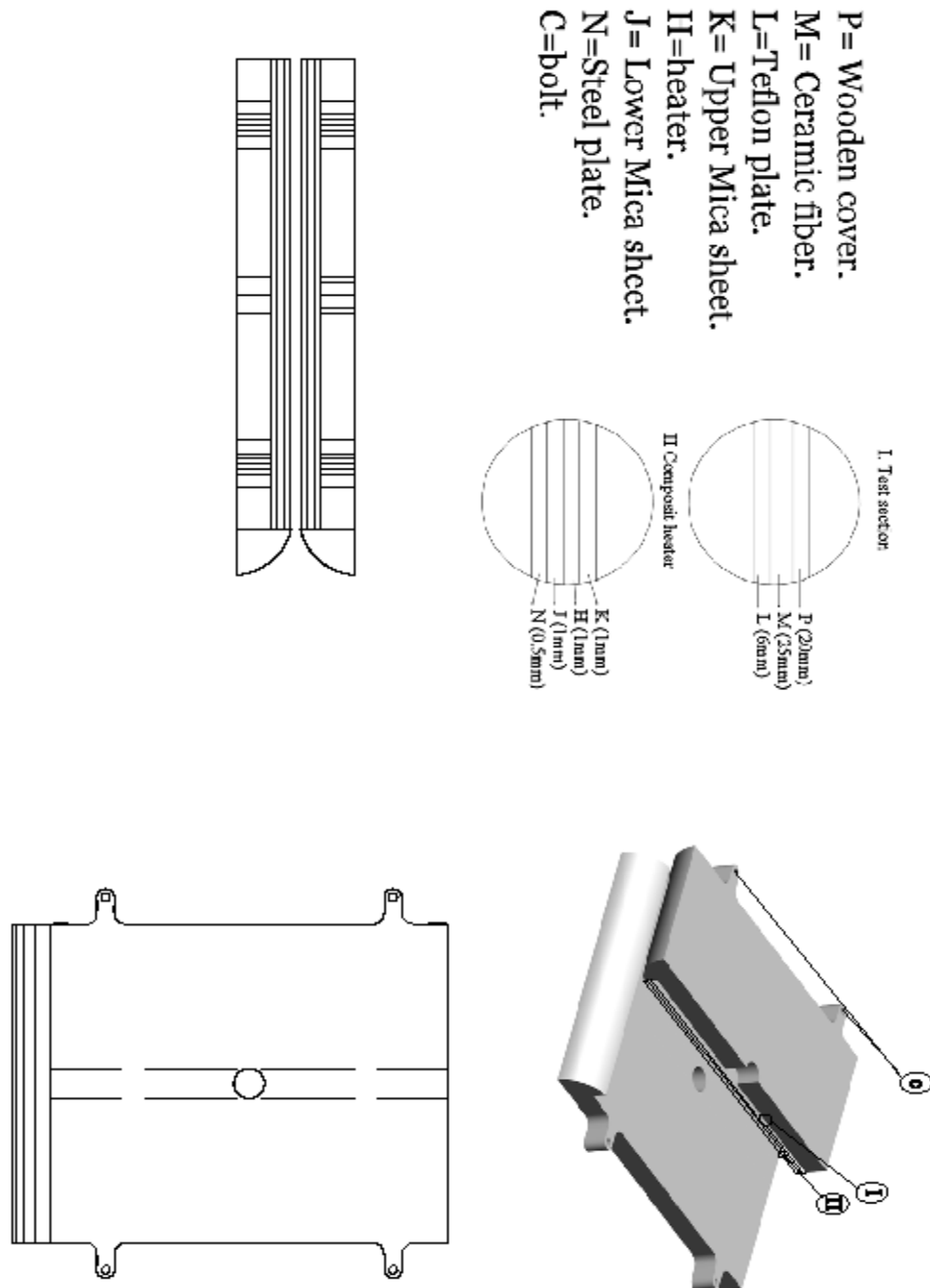


Fig.2 Parallel Plate and Composite Heater Details

RESULTS AND DISCUSSION

Surface Temperature

The variation of surface temperature along both upper and lower plates are shown in Figs.3 and 4 the variation of surface temperature for different plate heat flux and for three aspect ratios (AR) (24, 10.285 & 6) is presented in Figs. 3(a), Fig.3(b) and Fig.3(c) respectively. In general variation are smooth with little scatter. As expected, the wall temperatures are higher for higher heating rates; the convective driving potential must increase in order to dissipate the ohmic generation. Local temperature are relatively low near the channel entrance where the thermal boundary layer is thin. Then wall temperature climb quickly as the boundary layer thickness increases. There was no indication of transition to turbulent flow in any of the experiments. One also notice a slight decrease in the wall temperature near $X/L=1$ this reduction can be attribute to end losses. The variation of surface temperature for different duct aspect ratio and for four surface heat flux (55.6 W/m^2 , 114.24 , 220 and 340 W/m^2) are shown in Figs.4(a), Fig.4(b), Fig.4(c) and Fig.4(d) respectively. The figure reveals the high aspect ratio exhibits a reeducation in surface temperature at low heat flux in comparison with lower aspect ratio and can be attribute to a low natural flow created and expected to be a fully developed earlier.

Local Heat Transfer Coefficient

Variation of the local heat transfer coefficient variation along the plate for different heat flux and for three plates spacing ratio (24,10.285 and 6) are shown in Fig 5 (a), Fig 5(b), Fig 5(c). As expected the heat transfer coefficient are higher for higher heat flux as the convective driving potential must increase in order to dissipate the ohmic generation via. Increasing local heat transfer coefficient. Local heat transfer coefficient is higher near the channel entrance since the boundary layer thickness is very small and temperature difference between surface and bulk air temperature is very small. As boundary layer thickness increase temperature difference increases that makes (h_x) decreases downstream. The variation of local heat transfer coefficient along the plate for different aspect ratio and for four plates heat flux (55.6 W/m^2 , 114.24 , 220 and 340 W/m^2) are shown in Fig.6(a), Fig.6(b), Fig.6(c) and Fig.6(d) respectively. Figure depicted that the local heat transfer coefficient increases especially at low heat flux.

The following simplified steps were used to analyze the heat transfer process for the air flow in the channel was subjected to uniform wall heat flux boundary condition.

Correlation of Nusselt Number as a Function of Grashof Number

The correlation equation for the average Nusselt number in terms of the channel Rayleigh Number $Ra \text{ b/L}$ are proposed.

$$\overline{Nu} = 0.277(Ra / AR)^{0.195} \quad (17)$$

Fig. 7 shows the correlation between average Nusselt number and modify Rayleigh number in which the effect of duct aspect ratio was accounted. The above equation correlation for whole duct $(X/L)=1$.

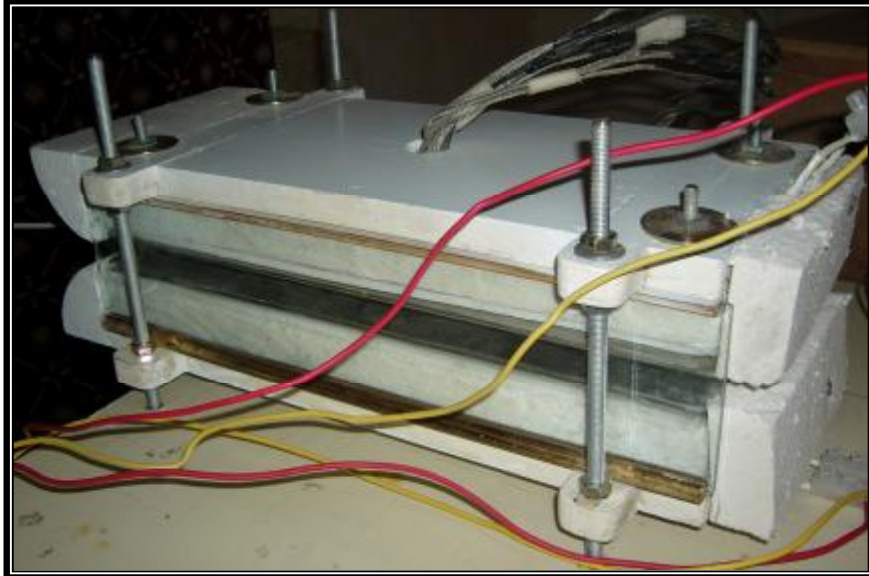


Plate (1) Experimental Apparatus



Plate (2) shows the heater

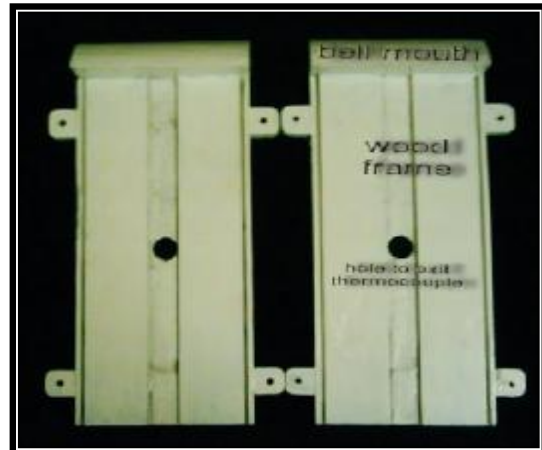


Plate (3) shows wood frame & bell mouth



Plate (4) shows selector switch



Plate (5) shows variac (voltage regulator)



Plate (6) shows stabilizer



Plate (7) shows
digital thermometer reader



Plate (8) shows digital clamp meter

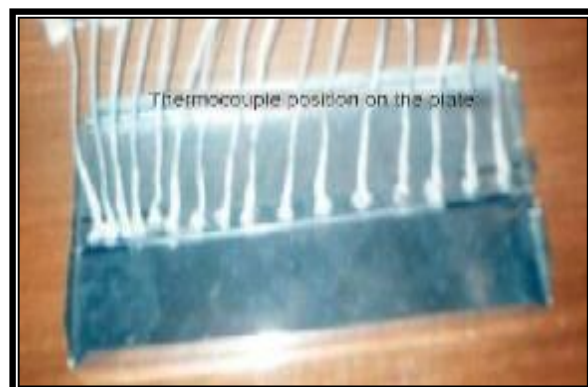


Plate (9) shows thermocouple location

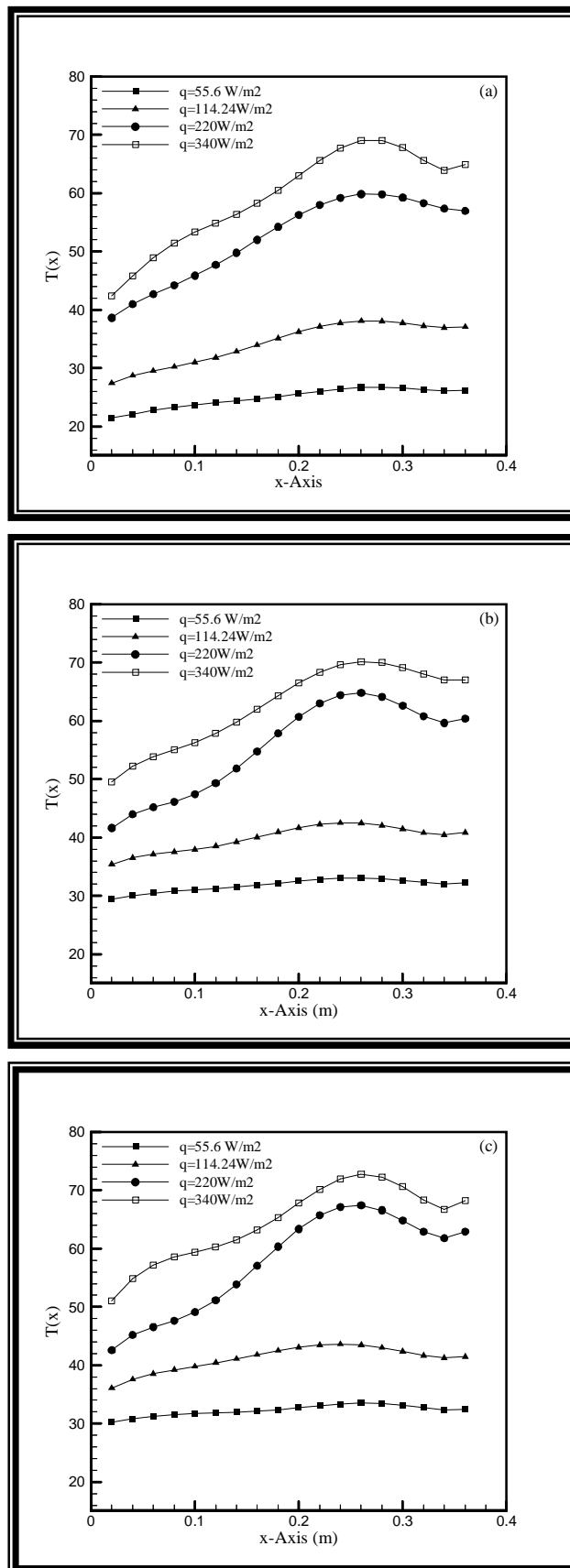


Fig.3 Variation of the heated wall temperature with height for different heat flux at three aspect ratio: (a) AR = 24 (b) AR = 10.285 (c) AR = 6

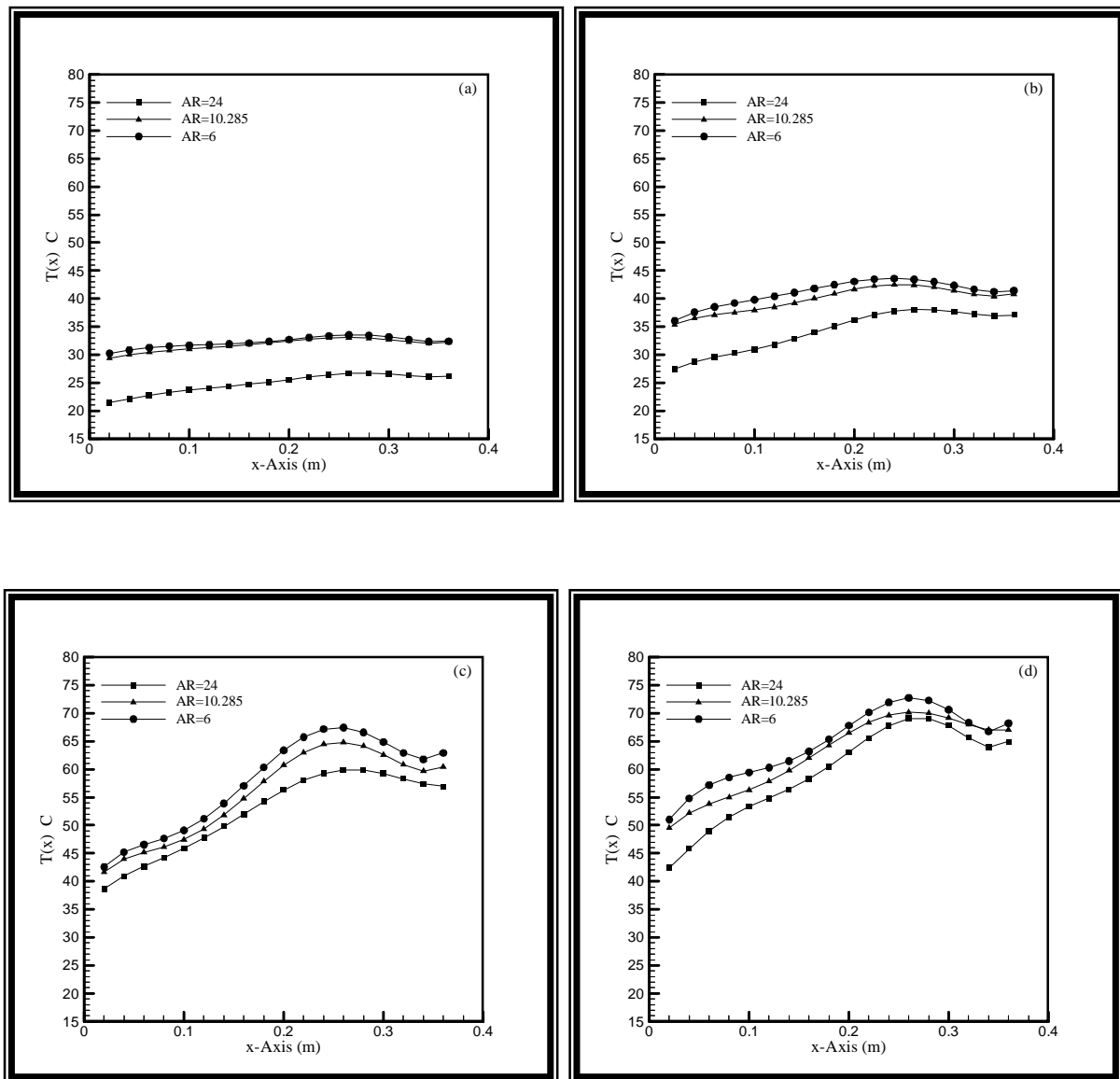


Fig.4 Variation of plate surface temperature with height for different aspect ratio and for four heat flux: (a) $q=55.6 \text{ W/m}^2$ (b) $q=114.24 \text{ W/m}^2$ (c) $q=220 \text{ W/m}^2$ (d) $q=340 \text{ W/m}^2$

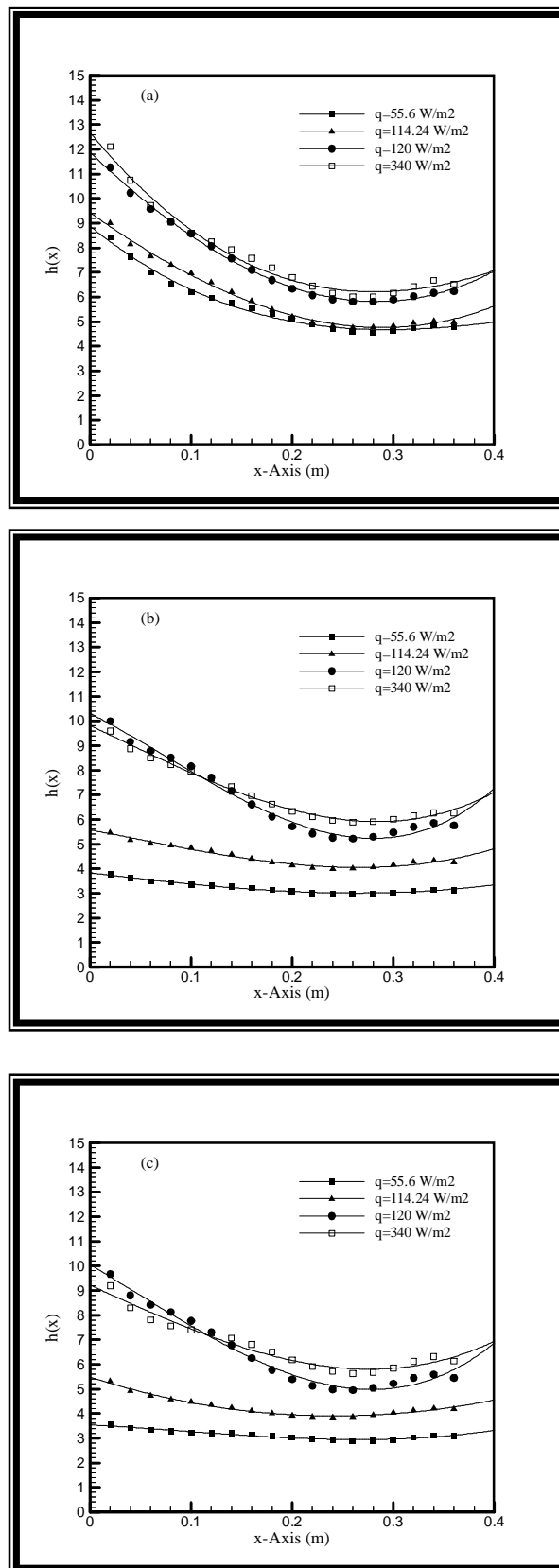


Fig.5 Variation of the local heat transfer coefficients along height for different heat flux at for three aspect ratio:
(a) $Ar = 24$ (b) $Ar = 10.285$ (c) $Ar = 6$

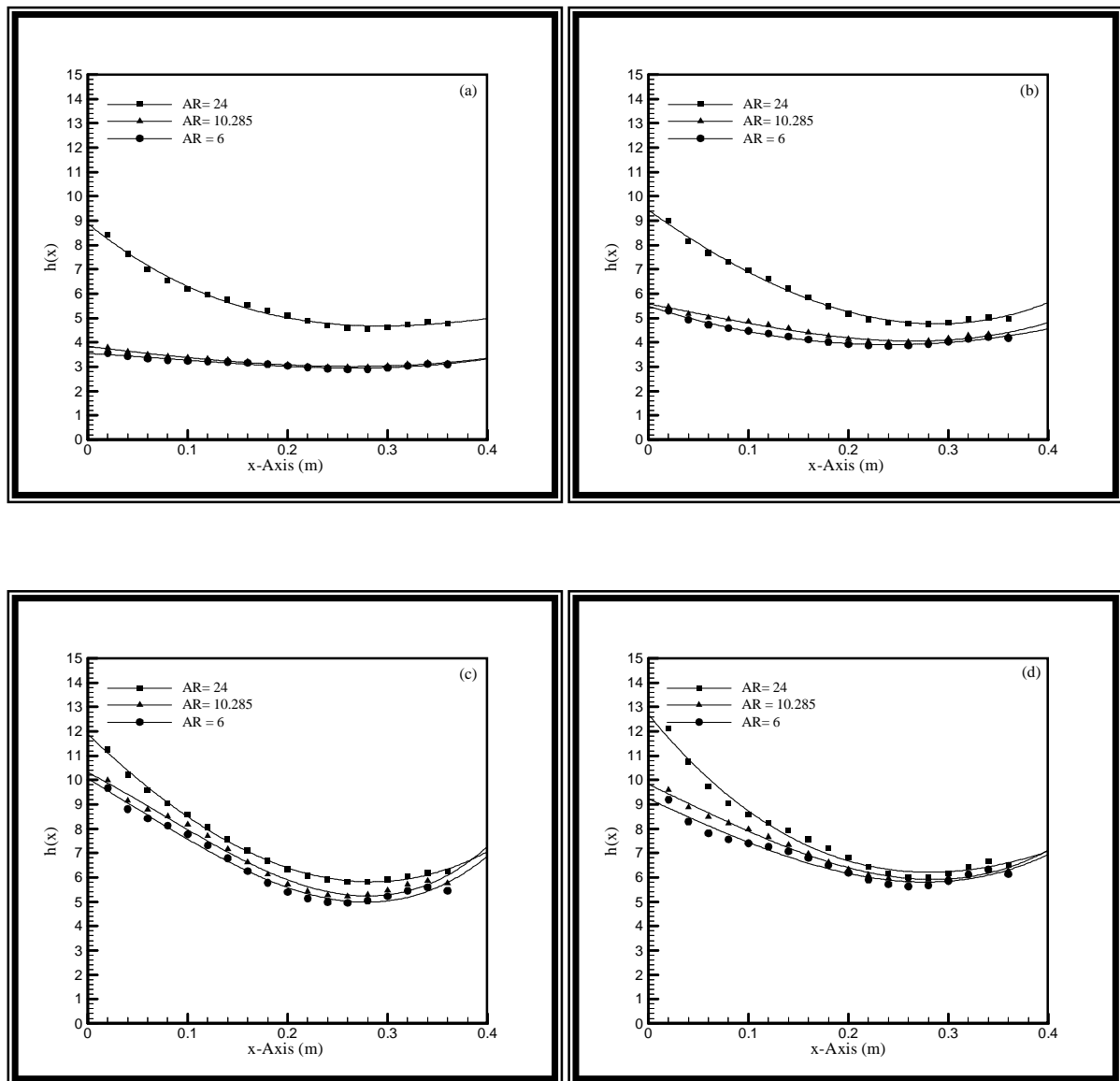


Fig.6 Variation of the local heat transfer coefficients along plate height for different for four heat flux: (a) $q = 55.6 \text{ W/m}^2$ (b) $q = 114.24 \text{ W/m}^2$ (c) $q = 220 \text{ W/m}^2$ (d) $q = 340 \text{ W/m}^2$

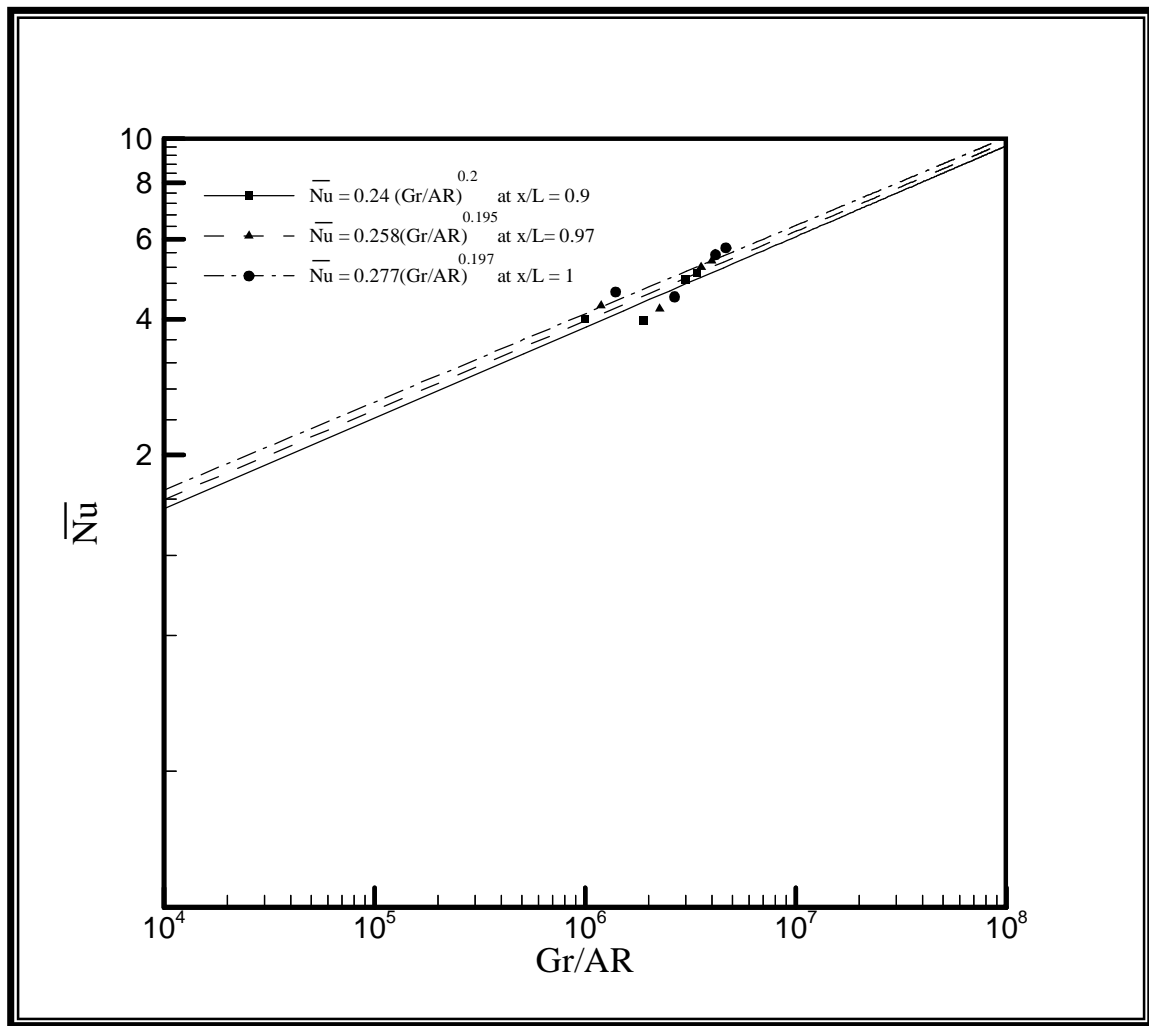


Fig.7 Variation of the average Nusselt number near the top of the heated surface as a function of modified Grashof number

CONCLUSIONS

From experimental result and for the heat flux range $50\text{W}/\text{m}^2 \leq q \leq 350\text{W}/\text{m}^2$ the following concluding points can be deduced.

1. The variation of the surface temperature a long the test section is affected by many factors summarized in the following points:
 - a. The surface temperature increases as the heat flux increases for the same aspect ratio and same angle of inclination.
 - b. The surface temperature increases as the Aspect ratio ($AR=L/b$) decreases for same heat flux.

The variation of (h_x) a long test section for all cases is affected many Factors summarized as the follows:-

- a. The local heat transfer coefficient (h_x) increases as the heat flux increases for the same aspect ratio and same angle of inclination.
- b. The local heat transfer coefficient increases as the aspect ratio increases for the same heat flux.

The average Nusselt number was affected by the factors as follows.

The average Nusselt number was increases as the aspect ratio increases at the same heat flux until the optimum spacing (maximum Nusselt number) after the optimum The average Nusselt number decreases.

**REFERENCES**

- Aung, W., 1972, "Fully Developed Laminar Free Convection Between Vertical Plates Heated Asymmetrically", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 15, pp. 1577-1580.
- Aung, W., Fletcher, L. S., and Sernas, V., 1972, "Developing Laminar Free convection Between Vertical Plates With Asymmetric Heatign", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 116, pp. 2293-2308.
- Bar-Cohen, A., and Rohsenow, W. M., 1984, "Thermally Optimum Spacing of Vertical, Natural Convection Cooled, Parallel Plates", *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol. 106, pp. 116-123.
- Bodoia, J. R., and Osterie, J. F., 1962, "The Development of Free Convection Between Heated Vertical Plates", *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol. 84, pp. 40-44.
- Elenbass, W., 1942, "Heat Dissipation of Parallel Plates by Free Convection", *Physica*, Vol. 9, pp. 1-23.
- Incropera, f. P., ed., 1968, "Research Needs in Electronic Cooling", *Proceedings of a workshop sponsored by the National Science Foundation and Purdue University*, Andover, MA.
- Miyatake, O., Fukii, T., Fujii, M., and Tanaka, H., 1973. "Natural Convective Heat Transfer Between Vertical Parallel Plates-One Plate With a Uniform Heat Flux and the Other Thermally Insulated", *Heat Transfer-Japanese Research*, Vol. 4, pp. 25-33.
- Raithby, G. D., and Hollands, K. G. T., 1975, "A General Method of Obtaining Approximate Solutions to Laminar and Turbulent Free Convection Problems, "in: *Advances in Heat Transfer*, T. F. Irvine, Jr. and J. P. Hartnett, eds., Vol. 11, pp. 265-315.
- Sparrow, E. M., and Bahrami, P. A., 1980, "Experiments on Natural Convection From Vertical Parallel Plates With Either Open or Closed Edges", *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol. 102, pp. 221-227.
- Sparrow, E. M., and Gregg, J. L., 1956, "Laminar Free convection From a Vertical Plate With Uniform Surface Heat Flux," *Trans. ASME*, Vol. 78, pp. 435-440.
- Wirtz, R. A., and Stutzman, R. J., 1982, "Experiments on Free Convection between Vertical Plates with Symmetric Heating," *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol. 104, pp. 501-507.

NOMENCLATURE

AR = L/b	Nu _H = Nusselt number at the top of the heated	\bar{q} = spatial average of heat flux corrected for radiation and conduction losses
b = channel wall spacing	\overline{Nu}_b = average Nusselt number,	Ra = Raleigh number = GrPr
Gr _b = Grashof number based on channel wall spacing = $gBqb^4/K\nu^2$	Pr = fluid prandtl number = ν/α	Ra* = Rayleigh number = $(b/Ra) = Ra/AR$
Gr _H = Grashof number based on channel height, $gBqH^4/K\nu^2$	Q = heat flux	T ₀ = channel inlet air temperature
Gr* = modified Grashof of number, equation (1)	q _{cond} = conduction loss through the insulating substrate	T _{s,x} = local heated surface temperature
Gr _x = local Grashof number $gBqH^4/K\nu^2$	q _{conv} = local convective heat flux = $q_{ohm} - q_{rad} - q_{cond}$	T _{2,x} = local insulated wall temperature
h _x = local heat transfer coefficient	q _{ohm} = Ohmic dissipation in the heated foil	\bar{T}_b = estimate of the average bulk temperature in the channel
\bar{h} = average heat transfer coefficient	q _{rad} = radiation loss from the heated foil	X = coordinate direction along axis of channel
L = channel height		
m = correlation exponent,		
Nu _x = local Nusselt number = $h_x x/k$		



A FULL MISSILE HOMING SYSTEM DESIGN BASED ON PROPORTIONAL NAVIGATION GUIDANCE LAW AND ELECTRO-OPTICAL TRACKING SYSTEM

Asst. Lecturer Waleed Kh. Al-Ashtari
Mech. Eng. Dept.
College of Engineering
University of Baghdad
Baghdad-Iraq

ABSTRACT

Generally, the homing systems are majorly constructing from three components: the guidance law, the target tracking system, and the missile flight control system. Therefore, in this paper, we construct our homing system from the following components: the proportional navigation guidance law which is considered as the guidance scheme for most homing missile systems, the electro-optical tracking system, and a tail controlled missile. And subsequently complete mathematical derivations and the demand transfer function formulations of all these three components have been introduced. The proposed homing system is capable to pursuit and hit any target just by specifying the required missile flight time. A SIMULINK software program has been built mainly from four subsystems to simulate the operation of this homing system, and the simulation results show clearly the efficient performance of the proposed homing system under any probable disturbance.

الخلاصة:

بصورة عامة ان اي نظام لتوجيه صاروخ يتكون بشكل اساسي من ثلاثة اجزاء وهي: قانون الملاحة، و منظومة تتبع الهدف، و منظومة السيطرة على الصاروخ. ولذلك في هذا البحث، سنقوم ببناء منظومة من الاجزاء التالية: قانون الملاحة التناسبية والتي يعتبر القانون الاساسي لكل الصواريخ تقريباً، و منظومة تتبع كهروبصرية، و صاروخ مسيطر عليه بواسطة الذنب. وبشكل متتابع سنقوم بأشتقاق المعدلات الرياضية ودوال التحويل الخاصة بهذه الاجزاء. ان منظومة التوجيه المقترحة في هذا البحث تستطيع متابعة واصابة اي هدف من خلال تحديد الزمن المطلوب لطيران الصاروخ فقط. لقد تم بناء برنامج بأستخدام السيمولينك متكون من اربعة اجزاء فرعية لمحاكاة عمل تلك المنظومة وان نتائج هذه المحاكاة اظهرت بوضوح فاعلية ودقة اداء منظومة المصممة في هذا البحث للتتبع اي هدف لاي حالة..

Keywords: Proportional Navigation Guidance Law, Linearization, Flight Control system, Target Tracking System, and Linearized Proportional Navigation Guidance Block Diagram

INTRODUCTION

Generally, homing systems are consist of three components: the guidance law, the target tracking system, and the missile flight control, the control system may be surface or thrust vector control in the plane of the velocity vector i.e. the homing system is responsible for a pitch-controlling and not responsible for roll-controlling.

Many guidance laws have been developed for decades. Although their mathematical forms may have differed, the basic concepts of the developed guidance laws could be classified into three

categories. The first category includes the guidance laws based on the line-of-sight (LOS) vector and their objective is to maintain the missile position on the LOS vector throughout engagement (**Lin, 1991; Lin and Mon, 2001**). The pursuit guidance law eliminates the difference between the missile velocity vector direction and the LOS vector direction, and the command to LOS (CLOS) guidance law tries to place the missile on the LOS vector. Therefore, the classical pursuit guidance law and the CLOS guidance law can be classified into this category.

The second category includes the guidance laws that are based on the constant bearing course guidance method (**Ha, Hur, Ko, and song; Rajasekhar, and Sreenatha, 2000; Moon, Kim, and Kim, 2001**). The laws in this category try to make the heading angle error zero. The missile velocity vector direction is on the collision triangle when the heading angle is zero. The well known proportional navigation (PN) guidance law and its variations such as the augmented proportional navigation (APN) guidance law (**Babu, Sarma et al Swamy, 1994**), the modified proportional navigation (MPN) guidance law (**Song and Ha, 1994**) belong to this second category.

The last category includes the guidance laws that guide the missile into the predicted engagement course (**Alamir, 2001; Cho, Ryoo et al Tahk, 1999; Gurfil, 2001; Ben Asher and Ben Yaesh, 1997**). The performance of the guidance laws in this category is greatly affected by the time to go estimation and the update rules of engagement. The guidance laws in this category are usually implemented by applying the optimal control method the predictive control method. In the predictive control method, the engagement point is estimated using information on current and past data, whereas in the optimal control method, the engagement condition is imposed as the hard constraint or included into the performance index.

The general formulation of a nonlinear three-dimensional PNG interception problem is complicated. However by assuming that the lateral and longitudinal maneuver planes are decoupled by means of roll-control, one can deal with the equivalent two-dimensional problem in quite a realistic manner (**Shinar & Steinberg, 1977**). Furthermore, a linearized model of the two-dimensional PNG about the collision course can be developed. This model has been widely used (**Zarchan, 1990**), and it has been shown to faithfully approximate the full nonlinear guidance dynamics (**Shinar & Steinberg, 1977**).

A block diagram describing the linear model based on PN guidance law is given in **Fig.(1)** (**Zarchan, 1990 and Asher & Yaesh 1998**). In this paper, a complete derivation and modification of this model have been adopted. Where, we will add to this model an electro-optical tracking system and a tail control system as seen later in this paper.

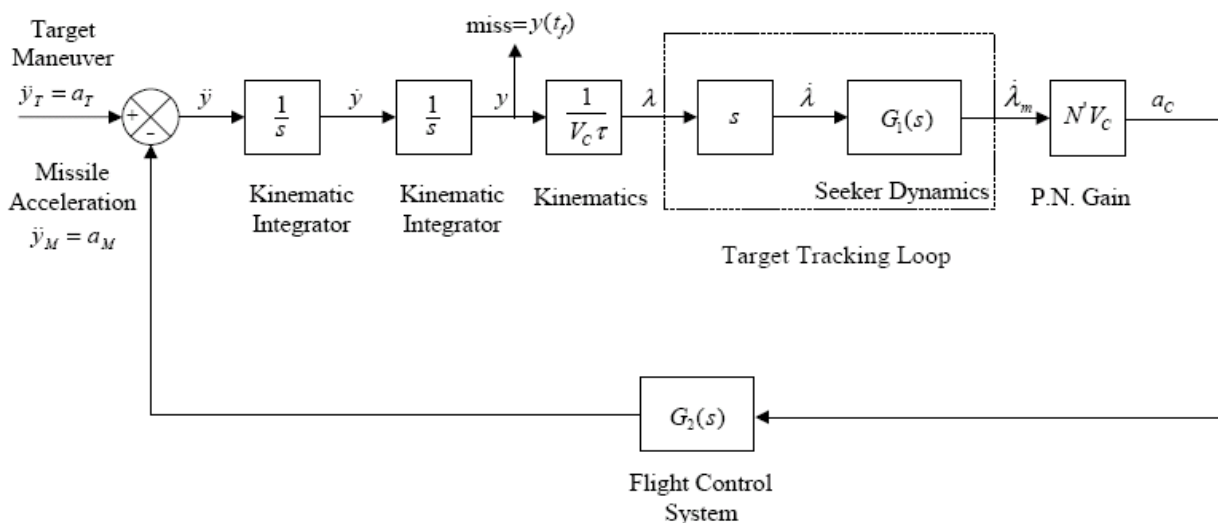


Fig.(1) Linearized Proportional Navigation Guidance Block Diagram

PROPORTIONAL NAVIGATION

Theoretically, the proportional navigation guidance (PNG) law issues acceleration commands, perpendicular to the instantaneous missile-target LOS, which are proportional to the LOS rate and closing velocity.

Mathematically, the guidance law can be stated as (Zarchan, 1990 and Asher & Yaesh 1998)

$$a_c = N' V_c \dot{\lambda}_m \quad (1)$$

In tactical radar homing missiles using PNG the seeker provides an effective measurement of the LOS rate, and a Doppler radar provides closing velocity information. In tactical IR missile applications of PNG, the LOS rate is measured, whereas the closing velocity required by the guidance law is guesstimated.

In tactical missiles within the Earth atmosphere, PNG commands are usually implemented by moving fins or other control surfaces to obtain the required lift. Outside the Earth atmosphere strategic interceptors use thrust vector control, lateral divert engines, or squibs to achieve the desired acceleration levels (Zarchan, 1990 and Asher & Yaesh 1998).

PROPORTIONAL NAVIGATION IN TWO DIMENSIONS

In this paper, an inertial coordinate system fixed to the surface of a flat-Earth model (i.e., the axis 1 is downrange and the axis 2 can either be altitude or crossrange) has been adopted. Using the inertial coordinate system of Fig.(2) means that we can integrate components of the acceleration and velocities along 1 and 2 directions without having to worry about additional terms due to Coriolis effect. In this model it is assumed that both the missile and target travel at constant velocity. In addition, gravitational and drag effects have been neglected for simplicity (Zarchan, 1990 and Ben Asher & Ben Yaesh 1998).

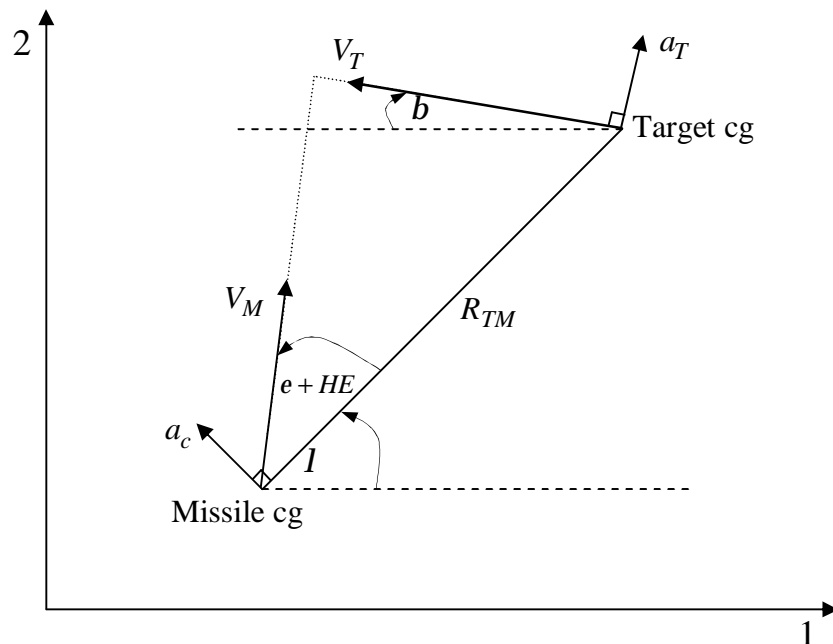


Fig.(2) Missile-Target Engagement Geometry

It can be seen from Fig.(2) that the missile, with velocity magnitude V_M is heading at an angle of $e + HE$ with respect to the LOS. The angle e is known as the missile lead angle. The lead angle is theoretically correct angle for the missile to be on a collision triangle, no further

acceleration commands are required for the missile to hit the target. The angle HE is known as the heading error. This angle represents the initial deviation of the missile from the collision triangle.

In **Fig.(2)** the imaginary line connecting the missile and the target is known as the LOS. The LOS makes angle I with respect to the fixed reference, and the length of the LOS (instantaneous separation between missile and target) is a range denoted R_{TM} . From a guidance point of view, it is desired to make the range between missile and target at the expected intercept time as small as possible (hopefully zero). The point of closest approach of the missile and target is known as the miss distance.

The closing velocity V_c is defined as the negative rate of change of the distance from the missile to the target, or

$$V_c = -\dot{R}_{TM} \quad (2)$$

Therefore, at the end of the engagement, when the missile and target are in closest proximity the sign of V_c will change. In other words, it can be concluded that the closing velocity will be zero when R_{TM} is a minimum (i.e. the function is either minimum or maximum when its derivative is zero). The desired acceleration command a_c , which is derived from the PNG law, is perpendicular to the instantaneous LOS.

In our engagement model of **Fig.(2)** the target can maneuver evasively with acceleration magnitude a_T . Since target acceleration a_T in the preceding model is perpendicular to the target velocity vector, the angular velocity of the target can be expressed as (**Zarchan, 1990**)

$$\dot{b} = \frac{a_T}{V_T} \quad (3)$$

Where V_T is the magnitude of the target velocity. The components of the target velocity vector in the Earth or inertial coordinate system can be found by integrating **Eq.(3)**, and substituting in

$$V_{T1} = -V_T \cos b \quad (4a)$$

$$V_{T2} = V_T \sin b \quad (4b)$$

Target position components in the Earth fixed coordinate system can be found by directly integrating the target velocity components. Therefore, the differential equations for the components of the target position are given by

$$\dot{R}_{T1} = V_{T1} \quad (5a)$$

$$\dot{R}_{T2} = V_{T2} \quad (5b)$$

Similarly, the missile velocity and position differential equations are given by

$$\dot{V}_{M1} = a_{M1} \quad (6a)$$

$$\dot{V}_{M2} = a_{M2} \quad (6b)$$

$$\dot{R}_{M1} = V_{M1} \quad (6c)$$

$$\dot{R}_{M2} = V_{M2} \quad (6d)$$

Where a_{M1} and a_{M2} are the missile acceleration components in the Earth coordinate system. In order to find the missile acceleration components, the components of the relative missile-target



separation must be found. This is accomplished by first finding the components of the relative missile-target separation by

$$R_{TM1} = R_{T1} - R_{M1} \quad (7a)$$

$$R_{TM2} = R_{T2} - R_{M2} \quad (7b)$$

It can be seen from **Fig.(2)** that the LOS angle can be found, using trigonometry, in terms of the relative separation components as

$$I = \tan^{-1} \frac{R_{TM2}}{R_{TM1}} \quad (8)$$

if the relative velocity components in Earth coordinates are

$$V_{TM1} = V_{T1} - V_{M1} \quad (9a)$$

$$V_{TM2} = V_{T2} - V_{M2} \quad (9b)$$

the LOS rate can be calculated by direct differentiation of **Eq.(8)** as

$$\frac{d}{dt} \left[\tan^{-1} \left(\frac{R_{TM2}}{R_{TM1}} \right) \right] = \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{R_{TM2}}{R_{TM1}} \right)^2} \right] \frac{d}{dt} \left(\frac{R_{TM2}}{R_{TM1}} \right)$$

and by using the quotient rule (**Finny and Thomas 1990**) will have

$$\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1 + \left(\frac{R_{TM2}}{R_{TM1}} \right)^2} \left[\frac{R_{TM1} V_{TM2} - R_{TM2} V_{TM1}}{R_{TM1}^2} \right]$$

more simplifying will give

$$\dot{I} = \left[\frac{R_{TM1} V_{TM2} - R_{TM2} V_{TM1}}{R_{TM}^2} \right] \quad (10)$$

The relative separation between missile and target R_{TM} , can be expressed in terms of its inertial components by application of the distance formula as

$$R_{TM} = \sqrt{R_{TMx}^2 + R_{TMy}^2} \quad (11)$$

Since the closing velocity is defined as the negative rate of change of the missile target separation. It can be obtained by differentiating **Eq.(11)**, yielding

$$V_c = -R_{TM} = \frac{-(R_{TM1} V_{TM1} + R_{TM2} V_{TM2})}{R_{TM}} \quad (12)$$

The magnitude of the missile guidance command n_c can then be found by substituting **Eq.(11)** and **Eq.(12)** into **Eq.(1)**, after some algebra will have

$$a_c = N' \left[\frac{R_{TM1} R_{TM2} (V_{TM1}^2 - V_{TM2}^2) + V_{TM1} V_{TM2} (R_{TM2}^2 - R_{TM1}^2)}{R_{TM}^3} \right] \quad (13)$$

Since the acceleration command is perpendicular to the instantaneous LOS, the missile acceleration components in Earth coordinates can be found by trigonometry using the angular definitions from **Fig.(1)**. The missile acceleration components are

$$a_{M1} = -a_c \sin I \quad (14a)$$

$$a_{M2} = a_c \cos I \quad (14b)$$

Now, a set of all the differential equations required to model a complete missile-target engagement in two dimensions have been listed. However, some additional equations are required for the initial conditions on the differential equations in order to complete the engagement model.

A missile employing PNG is not fired at the target but is fired in a direction to lead the target. The initial angle of the missile velocity vector with respect to the LOS is known as the missile lead angle e . In essence the missile is firing at the expected intercept point. It can be seen from **Fig.(2)** that for the missile to be on a collision triangle (missile will hit target if both continue to fly along a straight line path at constant velocities), the theoretical missile lead angle can be found by application of the sine law, yielding

$$e = \sin^{-1} \left[\frac{V_T \sin(b + I)}{V_M} \right] \quad (15)$$

In practice, the missile is usually not launched exactly on a collision triangle, since the expected intercept point can only be approximated because we don't know in advance what the target will do in the future. In fact, that is why a guidance system is required. Any initial angular deviation of the missile from the collision triangle is known as a heading error (**HE**). The initial missile velocity components can therefore be expressed in terms of the theoretical lead angle and actual heading error as

$$V_{M1}(0) = V_M \cos(e + HE + I) \quad (16a)$$

$$V_{M2}(0) = V_M \sin(e + HE + I) \quad (16b)$$

LINEARIZATION OF PROPORTIONAL NAVIGATION GUIDANCE LAW

The linearization of the missile-target geometry can easily be accomplished if some new relative quantities have been defined as shown in **Fig.(3)**. Here y is the relative separation between the missile and the target perpendicular to the fixed reference.

The relative acceleration (difference between missile and target acceleration) can be written by inspection of **Fig.(3)** as

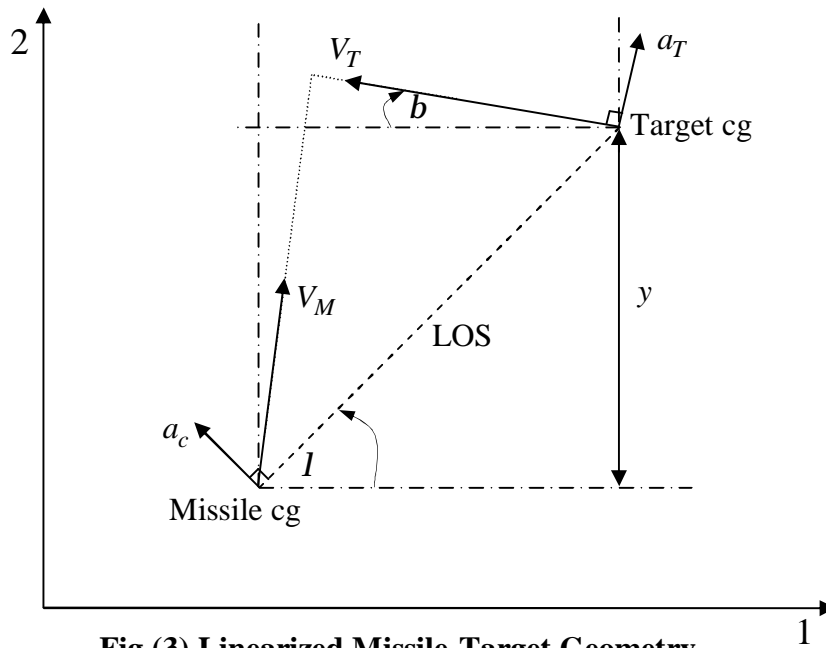


Fig.(3) Linearized Missile-Target Geometry

$$\ddot{x} = a_T \cos b - a_c \cos l \quad (17)$$

If the flight-path angles are small (near head-on or tail chase case), the cosine terms approximately unity, and Eq.(17) becomes (Zarchan, 1990 and Asher & Yaesh 1998).

$$\ddot{x} = a_T - a_c \quad (18)$$

Similarly, the expression of the LOS angle can also be linearized using the small angle approximation, yielding

$$l = \frac{y}{R_{TM}} \quad (19)$$

For a head-on case the closing velocity can approximated as

$$V_c = V_M + V_T \quad (20)$$

Whereas in a tail chase case the closing velocity can be approximated as

$$V_c = V_M - V_T \quad (20)$$

Therefore, in a linearized analysis the closing velocity will be treated as a positive constant. Since closing velocity has also been previously defined as the negative derivative of the range from the missile to target, and since the range must go to zero at the end of the flight, it can also linearize the range equation with the time varying relationship

$$R_{TM} = V_c (t_F - t) = V_c t \quad (21)$$

$$I = \frac{y}{V_c t} \quad (22)$$

Where t is the current time and t_F is the total flight time of the engagement. Note that t_F is also now a constant. The quantity $(t_F - t)$ or t is the time to go until the end of flight. Therefore, the range from the missile to the target is also the closing velocity multiplied by the time to go until intercept.

Since range goes to zero at the end of the flight by definition, the definition of miss distance must be reexamine. The linearized miss distance is taken to be the relative separation between the missile and target, y at the end of the flight, or

$$Miss = y(t_F) \quad (23)$$

HOMING SYSTEM SYNTHESIS

In order to design a missile homing system based on PNG law, transfer functions of flight control system, $G_2(s) = a_M(s)/a_c(s)$, and the tracking loop, $G_1 = \dot{R}_m / \dot{R}$, are required. These transfer functions can be found in two steps. First, the nonlinear terms are left out. Second, the resulting high order linear models are reduced using state truncation method such as balanced realization. It is important to stress that this procedure is used for the guidance design only, not for overall performance evaluation of the missile, where the complete, detailed nonlinear stochastic models are used.

The flight control system used in this paper was adopted from (Nesline and Nesline 1984) and is depicted in Fig.(4). This pitch-plane three-loop control system comprises a rate loop, a synthetic stability loop and an accelerometer feedback loop.

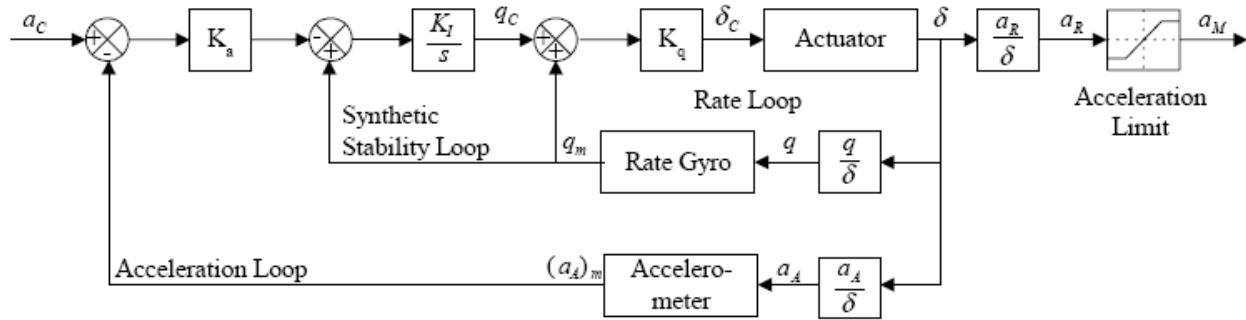


Fig.(4) The Missile Flight Control System

The input to the accelerometer feedback loop is the command acceleration a_c , which is generated by the guidance law. The output is the required acceleration a_R , which is limited due to aerodynamic or structural constraints, to yield the actual acceleration a_M . The autopilot of this loop is the gain K_a the feedback signal $(a_A)_m$ is generated by an accelerometer, which is located at the point X_{ACC} . The signal a_A is the output of the aerodynamic transfer function a_A/d , with d being the fin deflection angle. d is the output of the body pitch rate control loop, whose input is the commanded pitch rate q_C , generated by the synthetic stability loop. The autopilot of the pitch rate loop is the gain K_q . This gain generates a commanded fins deflection angle d_c , which constitutes an input to the fin actuators. The aerodynamic transfer function a_R/d then yields the required

output acceleration a_R . The complete derivation of the flight control system can be obtained from returning to (Nesline and Nesline 1984).

We start with model reduction of a complex flight control system, described above, which has 9 zeros and 13 poles Using balance realization state truncation which performed by (Gurfil, 2002), and the parameter values given in Table (1), we will get the following reduced order transfer function is obtained:

$$G_2(s) = \frac{\left(\frac{-s}{40.3} + 1\right)}{\left(\frac{s}{23.3} + 1\right)\left(\frac{s}{1.93} + 1\right)} \quad (24)$$

Obviously, $G_2(s)$ is nonminimum phase, due to the fact that the missile is tail controlled. If the approximation that addressed by (Gurfil, 2002) is used, it is evident that the right half plane zero is “fast”. Hence, an additional state truncation yields

$$G_2(s) = \frac{1}{0.56s + 1} \quad (25)$$

The simplified model Eq.(25) constitutes an adequate approximation to the overall flight control system dynamics, both in the frequency and time domains. It is subsequently used for homing system design.

Also in this paper, the electro-optical target tracking system that introduced by (shneydor, 1998) is adopted. The purpose of the target tracking loop of an electro-optical missile is to maintain the target within field-of-view (FOV) of a stabilized imaging device, such as a CCD camera. The general layout of a such tracking loop, depicted in Fig(5), was adopted from Shneydor. This tracking loop is based upon a rate-gyro stabilized platform, where the camera is mounted on gimbals, whose movement is (ideally) isolated from the motion of the missile. The location of the target within FOV limits is measured by an electro-optical tracker, which is an implementation of a correlation algorithm that utilizes the sequence of images generated by the visual motion (the so called "optical flow").

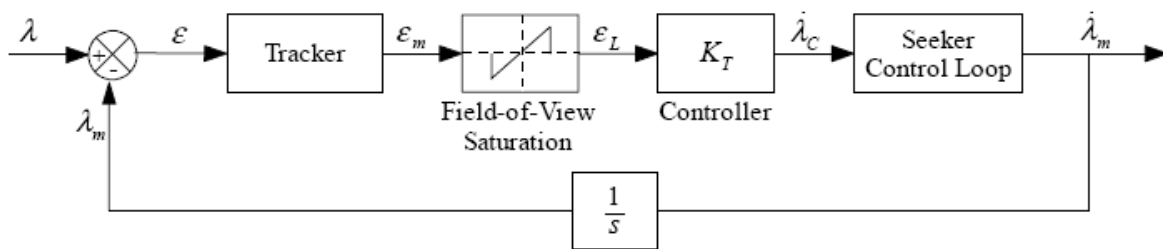


Fig.(5) The Electro-Optical Target Tracking Loop

The tracking loop overall transfer function, $G_1(s)$, is obtained in a similar manner. Using the numerical values of Table (1), neglecting the FOV saturation and the pure tracking delay, will have

$$G_1(s) = \frac{1}{0.1s + 1} \quad (26)$$

RESULTS AND DISCUSSION

A MATLAB / SIMULINK software program has been constructed to simulate the missile homing system operation. **Fig.(6)** shows an outline of this program which contains a four major subsystems and this program start working from input the missile specifications and the following initial measurements (target acceleration, and target velocity)

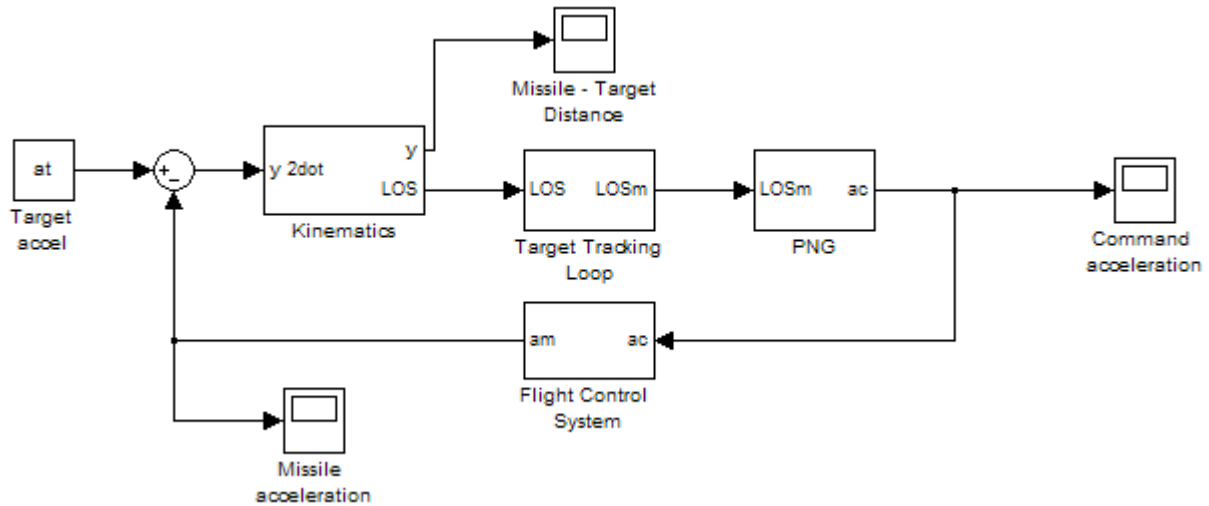


Fig.(6) The SIMULINK Software Program Outline

In this paper, many complicated cases have been studied, where in these cases the initial LOS angle is varied and study the missile response for the following scenarios (without any change in target situation, target maneuvering with 3g acceleration, missile is launching with 20° initial heading error).

All the results from **Fig.(7)** to **Fig.(18)** show the efficient behavior of the homing system and the ability of the missile to hit its target and treat any probable disturbance from it. Also, the results show that the peak acceleration of the missile heading error case is the maximum acceleration that the missile owns in comparing with the other disturbance (the missile try fast to adjust its direction) but this acceleration is rapidly decreased to zero at the end of flight time. And is true that the peak acceleration for target maneuvering case is less than the peak acceleration case, but it's clearly from the results that the missile acceleration for the target maneuvering case is much higher than any acceleration at the end of flight time.

Its obvious from results of homing system simulation **Fig.(7)** to **Fig.(18)** especially for heading error and target maneuvering cases that at the beginning of the missile guidance operation the relative distance between the target and the missile is increased due to the fact that the homing system dose not correct the missile direction to be in a collision triangle with the target yet, but with guidance operation progressing this relative distance is decreased rapidly to be zero at the end of flight.

CONCULSIONS

In this paper, a full missile homing system is proposed. The proposed homing system simulation results show a rigid response for any probable disturbance such as launching heading error or missile maneuvering

The peak acceleration for heading error case is higher than any other disturbance case but this peak acceleration is rapidly decreased to be zero at the end of the missile flight. The peak missile acceleration for target maneuvering case is lower than the heading error case but this acceleration is approximately constant to the end of flight time.

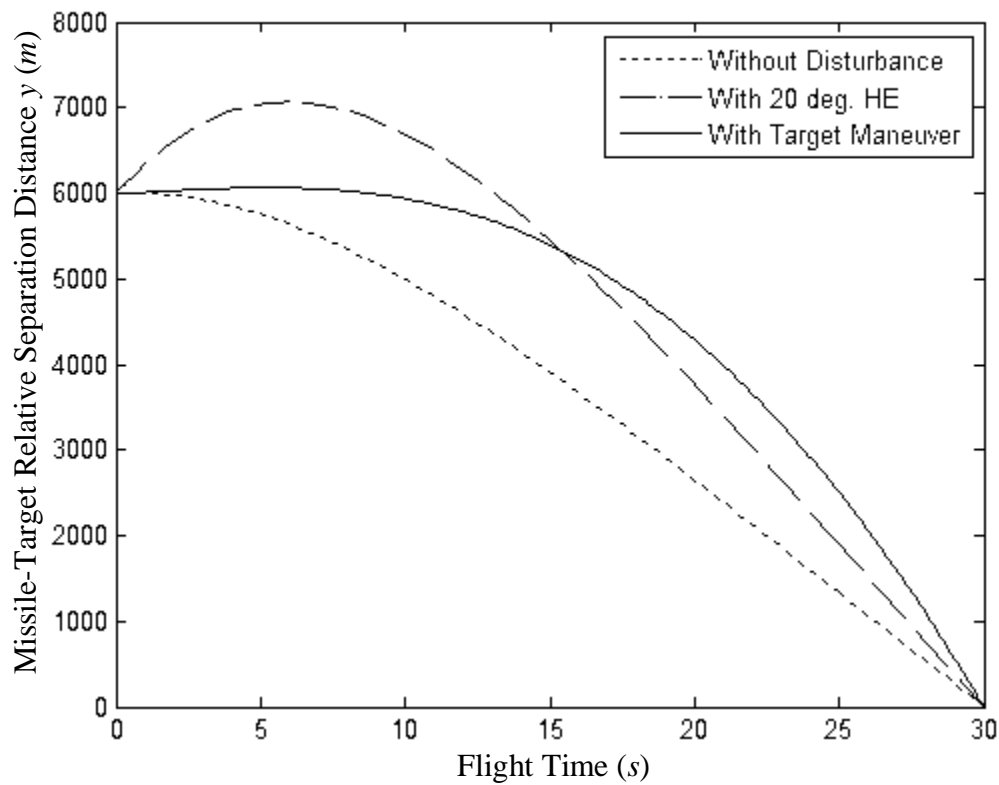


Fig.(7) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 4$) and initial $I = 0^\circ$

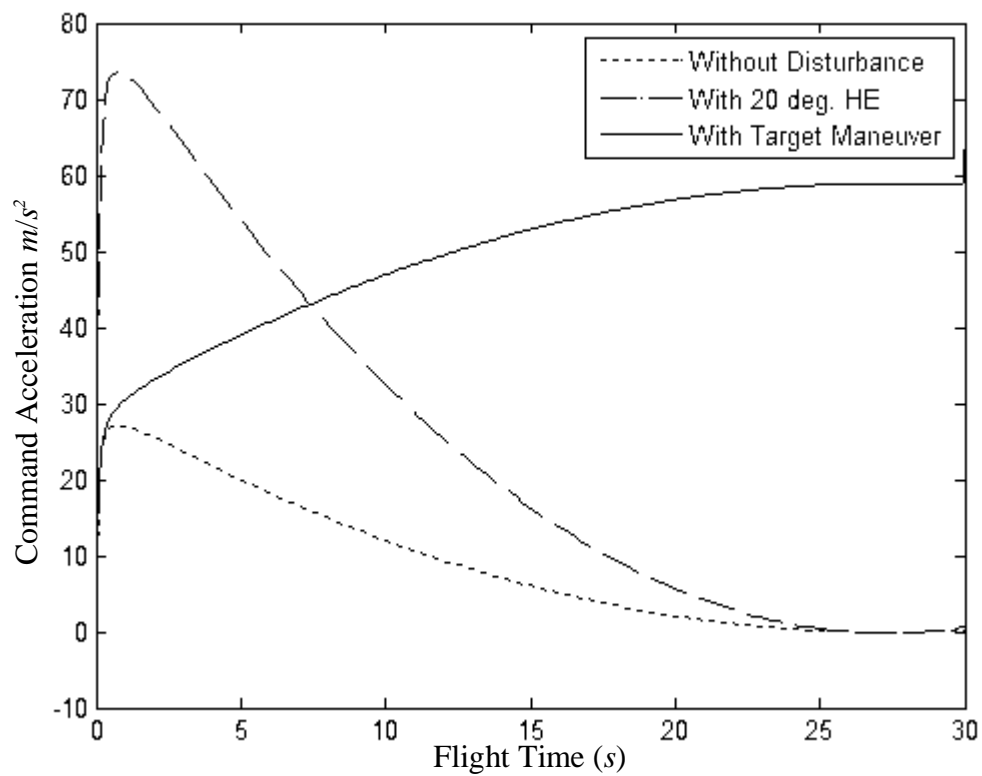


Fig.(8) Guidance Command Acceleration ($N' = 4$) and initial $I = 0^\circ$

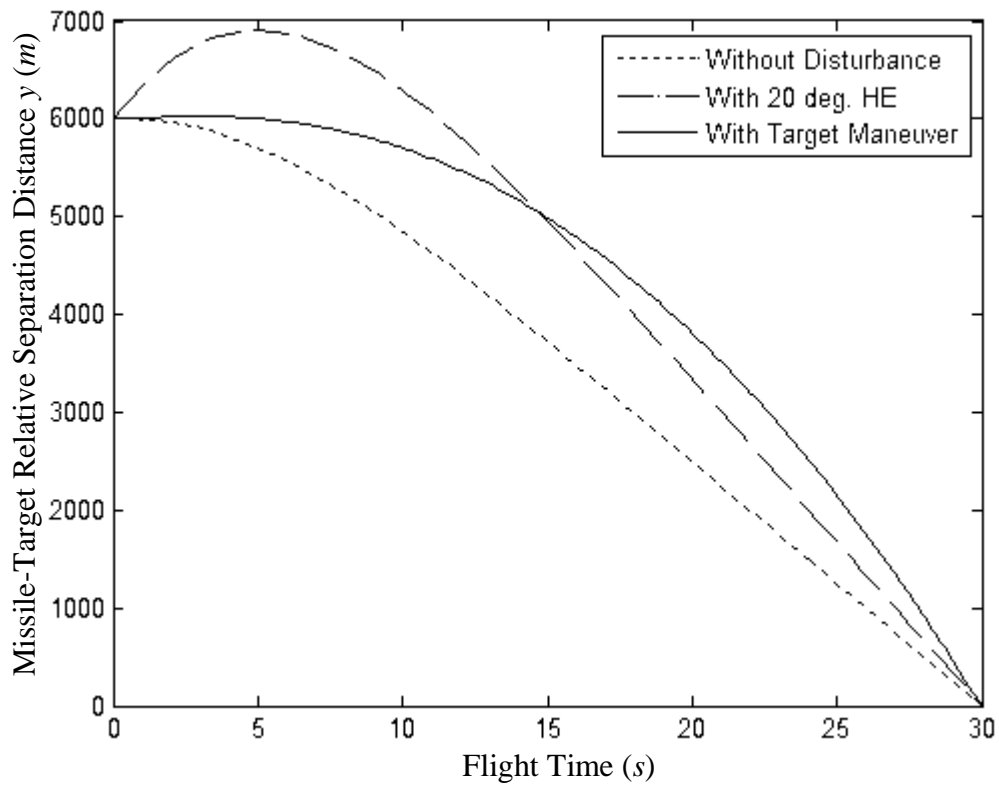


Fig.(9) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 5$) and initial $I = 0^\circ$

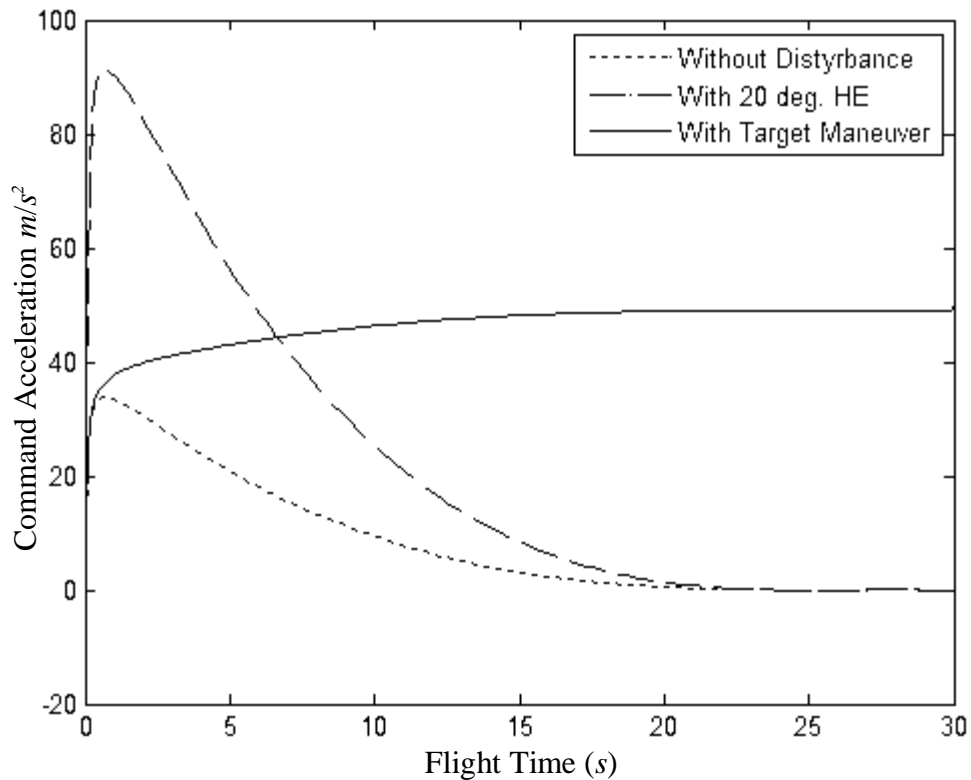


Fig.(10) Guidance Command Acceleration ($N' = 5$) and initial $I = 0^\circ$

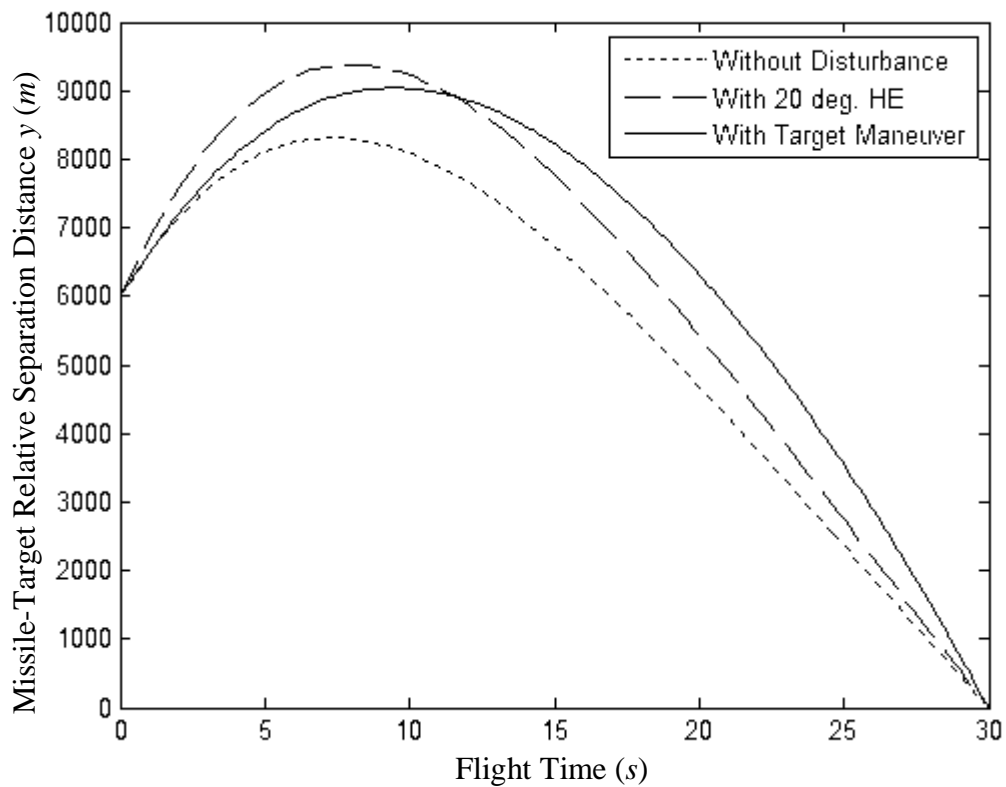


Fig.(11) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 4$) and initial $I = 30^\circ$

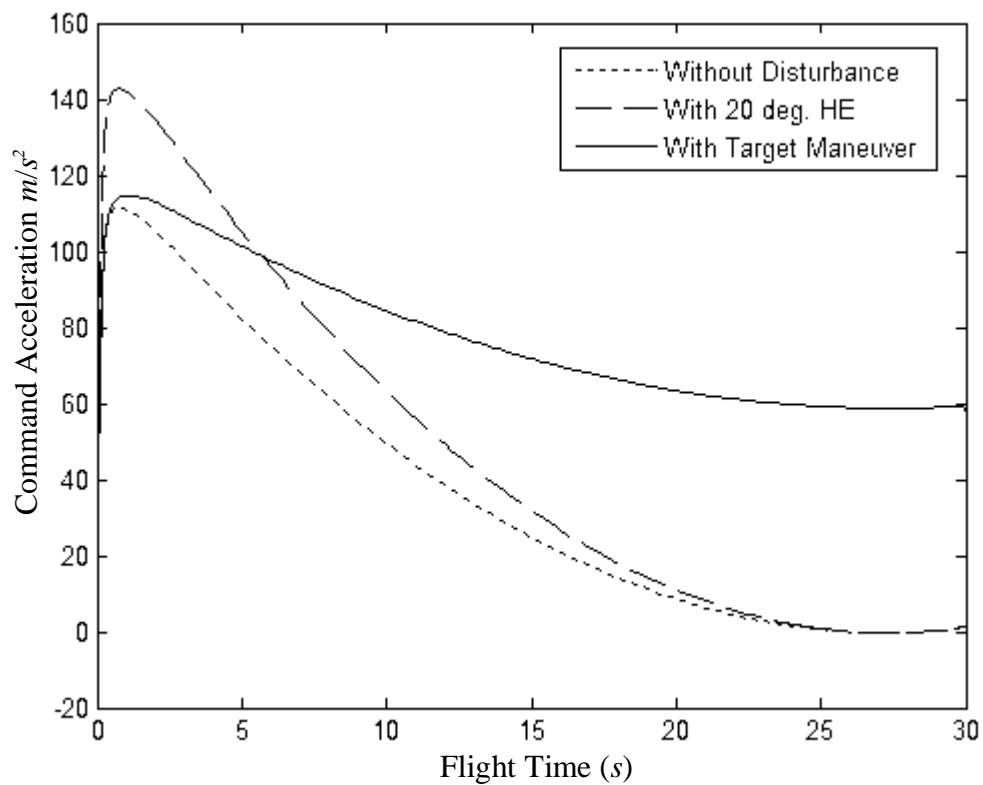


Fig.(12) Guidance Command Acceleration ($N' = 4$) and initial $I = 30^\circ$

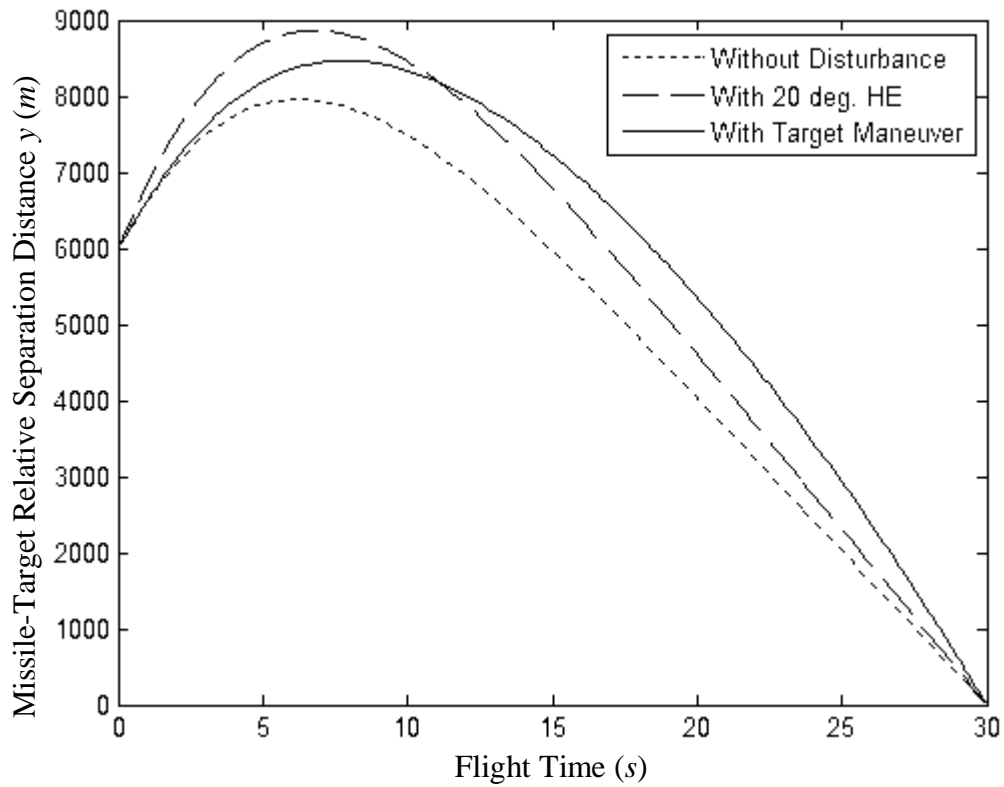


Fig.(13) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 5$) and initial $I = 30^\circ$

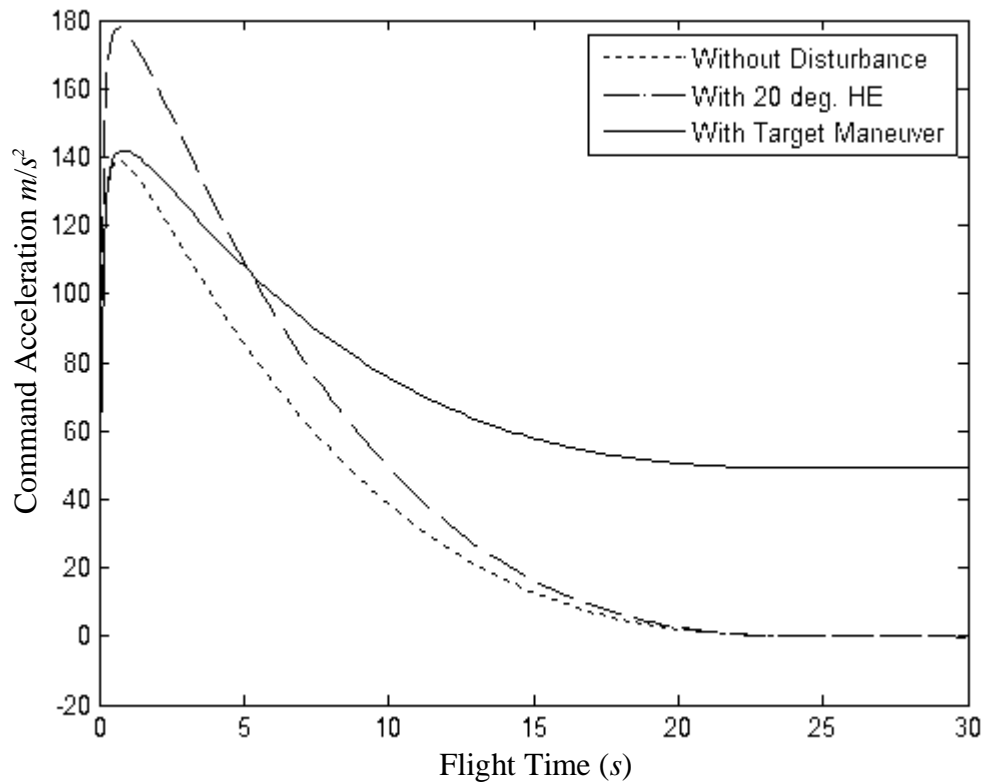


Fig.(14) Guidance Command Acceleration ($N' = 5$) and initial $I = 30^\circ$

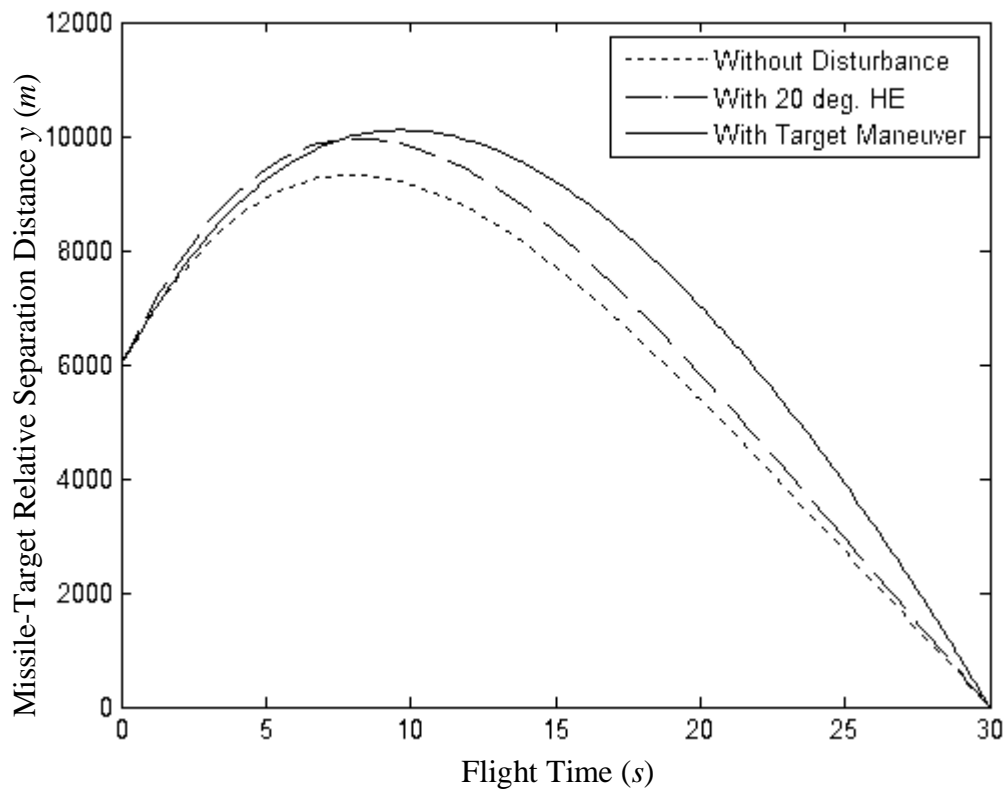


Fig.(15) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 4$) and initial $I = 45^\circ$

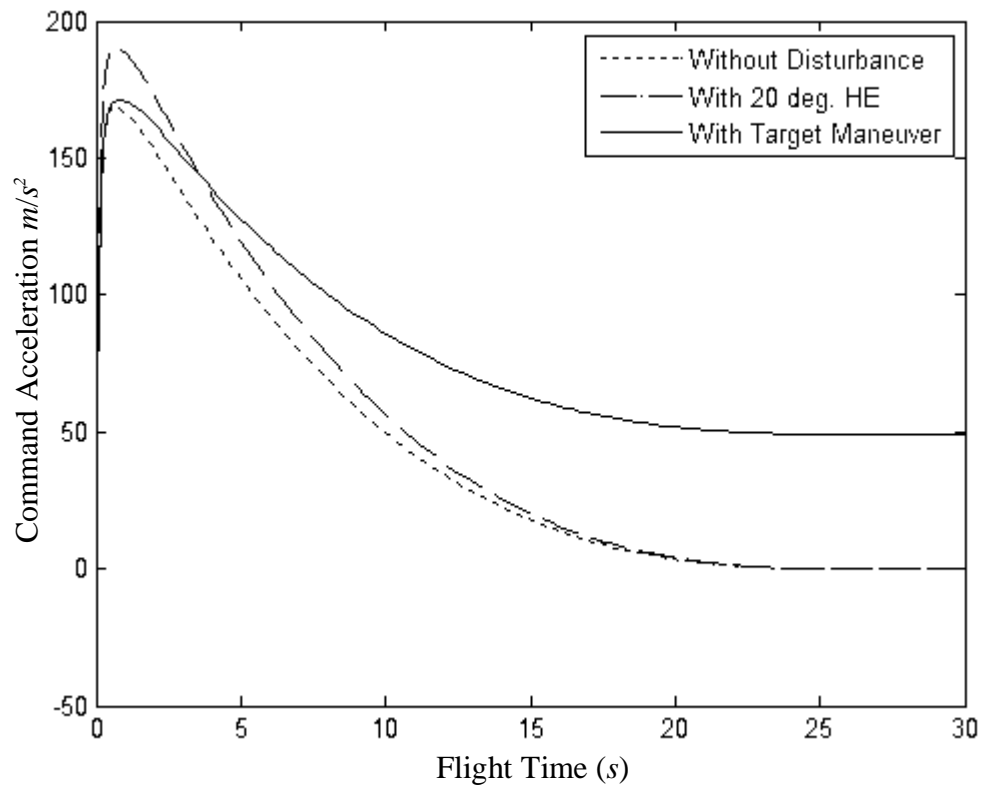


Fig.(16) Guidance Command Acceleration ($N' = 4$) and initial $I = 45^\circ$

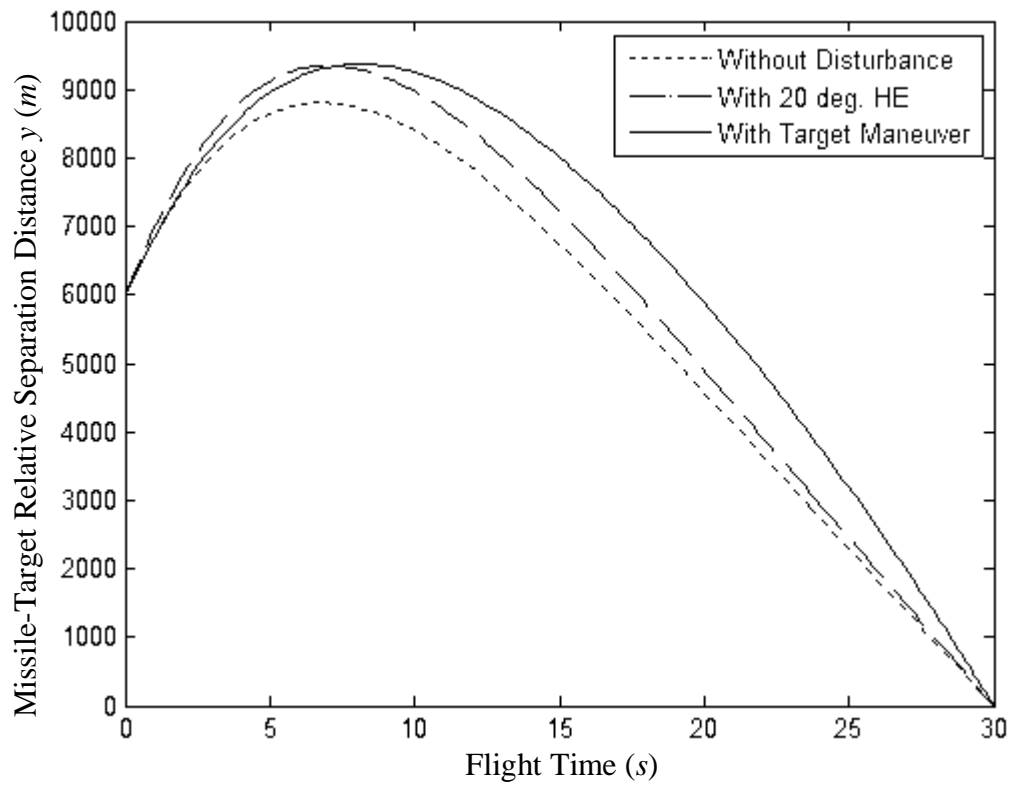


Fig.(17) Missile-Target Relative Separation Distance ($N' = 5$) and initial $I = 45^\circ$

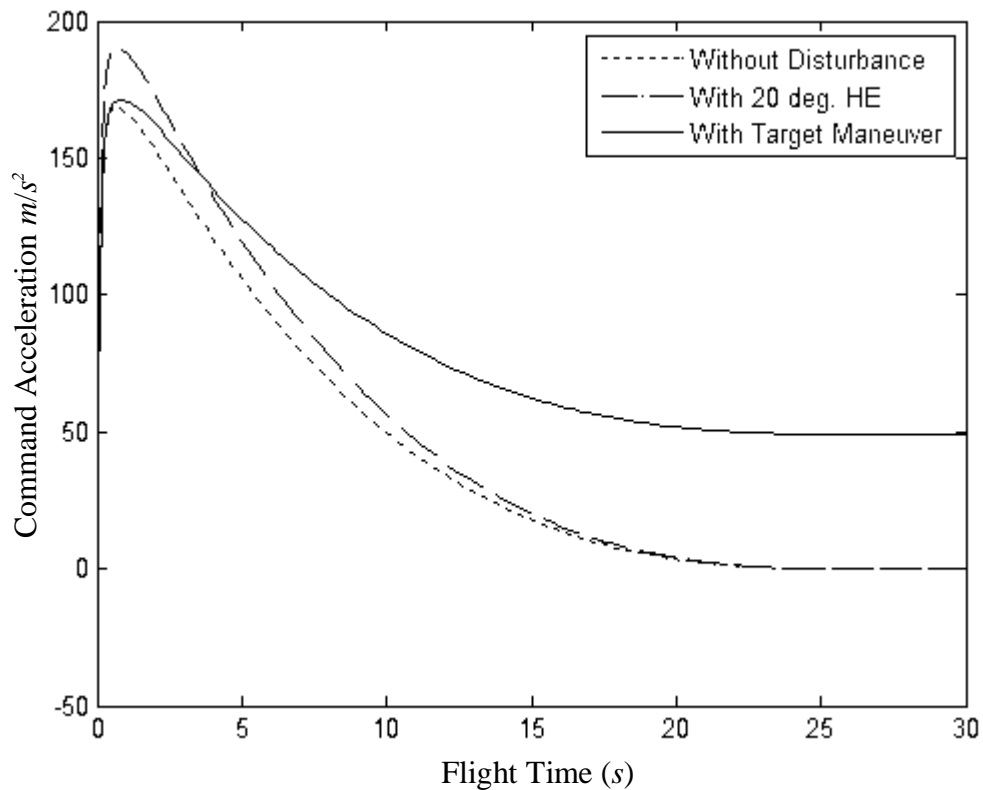


Fig.(18) Guidance Command Acceleration ($N' = 5$) and initial $I = 45^\circ$



Table (1) contains parameter values that were used in the illustrative example

Parameter values for the illustrative example

	Parameter/ disturbance	Units	Mean value (nominal)	Standard deviation
Aerodynamics	M_α	1/s ²	-250	16.7
	M_δ	1/s ²	280	18.7
	Z_α	1/s	-1.6	0.107
	Z_δ	1/s	0.23	0.0153
	M_q	1/s	-1.5	—
	ΔX	m	0.7	—
	V_M	m/s	500	—
	V_C	m/s	1000	—
	μ_0	—	2	—
Autopilot	K_q	s	0.1534	—
	K_a	deg s/m	0.0007804	—
	K_I	rad/s	13.55	—
Fin actuators	$\omega_{n_{servo}}$	rad/s	200	2
	ζ_{servo}	—	0.6	0.01
	K_{servo}	—	1	0.0167
	δ_B	deg	0	0.167
	n_δ	deg	0	0.0167
	δ_{max}	deg	20	—
	$\dot{\delta}_{max}$	deg/s	230	—
	$\ddot{\delta}_{max}$	deg/s ²	17000	—
Rate gyro	$\omega_{n_{RG}}$	rad/s	300	3
	ζ_{RG}	—	0.65	0.0108
	K_{RG}	—	1	0.0267
	q_B	deg/s	0	0.0667
	n_q	deg/s	0	0.0167
Accelerometer	$\omega_{n_{ACC}}$	rad/s	300	3
	ζ_{ACC}	—	0.65	0.0108
	K_{AC}	—	1	0.0167
	$(a_A)_B$	mg	0	1
	n_a	mg	0	1
Target tracking loop	τ_T	ms	25	—
	n_θ	mrads	0	0.05
	ϵ_{max}	deg	1.5	—
	K_T	1/s	10	—
Seeker	$\omega_{n_{seeker}}$	rad/s	150	1.5
	ζ_{seeker}	—	0.7	0.0117
	$\dot{\lambda}_B$	deg/s	0	0.0667
	n_λ	deg/s	0	0.0167

REFERENCES

- Alamir M. (2001). Nonlinear receding horizon sub-optimal guidance law for the minimum Interception time problem. *Control Engineering Practice*, 9, 107–116.
- Babu K. R., Sarma I. G., & Swamy K. N. (1994). Two robust homing missile guidance laws based on sliding mode control theory. *IEEE National Aerospace and Electronics Conference* (pp. 540–547). Dayton, OH, USA.
- Ben-Asher J., and Ben Yaesh I. (1991), “Advance in Missile Guidance Theory”, Vol.180; 1998. Lin, C. Modern navigation, guidance, and control processing (pp. 353–359). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall
- Ben-Asher J. & Yaesh I. (1997). Optimal guidance with reduced sensitivity to time-to-go estimation errors. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 20(1), 158–163.
- Cho H., Ryoo C., & Tahk M. (1999). Implementation of optimal guidance laws using predicted missile velocity profiles. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 22(4), 579–588.
- Finny and Thomas. (1989). "Calculus" Vol. published by Addison-Wesley Company, Inc.
- Gurfil P. (2001). Synthesis of zero miss distance missile guidance via solution of an optimal tuning problem. *Control Engineering Practice*, 9, 1117–1130
- Gurfil P, (2002), Zero-miss-distance guidance law based on line-of-sight rate measurement only 0967-0661/02/\$ - see front matter © 2002 Elsevier Science Ltd.(pp. 820-832)
- Ha I., Hur J., Ko M., & Song T. (1990). Performance analysis of PNG laws for randomly maneuvering targets. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 26(5), 713–719.
- Lin, J., & Mon, Y. (2001). Fuzzy logic-based CLOS guidance law 353–359). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. design. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 37(2), 719 – 727.
- Moon J., Kim K., & Kim Y. (2001). Design of missile guidance law via variable structure control. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 24(4), 659–664.
- Nesline F. W., & Nesline M. L. (1984). Homing missile autopilot response sensitivity to stability derivative variations. In *Proceedings of the 23rd IEEE conference on decision and control*, Las Vegas, December 1984.
- Rajasekhar V., & Sreenatha A. G. (2000). Fuzzy logic implementation of proportional navigation guidance. *Acta Astronautica*, 46(1), 17–24.
- Song J., & Ha I. (1994). A Lyapunov-like approach to performance analysis of 3-dimensional pure PNG laws. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 30(1), 238–248
- Shinar J., & Steinberg D. (1977). Analysis of optimal evasive maneuvers based on a linearized two-dimensional kinematics model. *Journal of Aircraft*, 14(8), 795–802.
- Shneydor N. A. (1998). *Missile guidance and pursuit: Kinematics, dynamics and control*. Horwood Publishing, Chapter 5, (pp. 125–148)
- Zarchan P. (1990) “Tactical and Strategic Missile Guidance”, Vol.124;

**NOMENCLATURE**

(SI units are used, unless otherwise stated)

a_c	Command acceleration
a_M	The actual acceleration.
a_R	the required acceleration
a_T	The target acceleration
g	Local Earth gravitational acceleration
HE	The heading error
K_a	The autopilot gain
K_q	The autopilot of the pitch rate loop gain
N'	Proportional navigation constant
q_C	commanded pitch rate,
R_{TM}	Target-Missile separation distance
t_F	Final flight time
t	Time to go
t	The instantaneous flight time
V_c	Closing velocity between the missile and the target
V_M	Missile vehicle velocity
V_T	The target velocity
y	The relative separation between the missile and the target
g	Flight path angle
e	The missile lead angle
b	The target flight path angle
d	The fin deflection angle.
l	Local line of sight angle
l_m	Actual missile local line of sight angle



NUMERICAL STUDY OF NATURAL CONVECTION IN A CAVITY WITH WAVY VERTICAL WALLS

Dr. SATTAR J. HABEED

Lecturer

Mechanical Engineering Dept. / Technology University

ABSTRACT

This paper describes a numerical study of natural convection heat transfer and fluid flow characteristics inside a cavity with wavy vertical walls. The bottom wall is heated by spatially varying temperature and other three walls are kept at cooled temperature. Governing equation was discretized using the finite volume-method with staggered variables arrangement in curvilinear coordinates. Two geometrical configurations were used in this study for symmetrical and unsymmetrical wavy vertical walls (total of 132 cases) for range of $Ra=10^0$ to 10^6 and fixed Prandtl number (0.71). The effects of the wave geometry, wave amplitude, number of undulation, and Rayleigh number on flow behavior, thermal field, local Nusselt number and Nusselt number ratio (NNR) factor have been studied. Streamline, velocity vector, and isothermal contour are used to present the corresponding flow and thermal field inside the cavity. The Results show that the enhanced of heat transfer rate seems to depend on geometrical configuration.

KEYWORDS

Natural convection, Numerical, Curvilinear coordinate, Wavy wall

الخلاصة:

البحث الحالي يصف دراسة عددية لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي وسمات جريان المائع داخل تجويف ذا جدران عمودية متموجة. الجدار السفلي مسخن بتغير حيزي لدرجة الحرارة ($T=F(x)$) بينما بقية الجدران الثلاثة حفظت بدرجة حرارة ثابتة. المعادلات الحاكمة حُلّت بطريقة الحجوم الثابتة مع ترتيب متخالف للمتغيرات المدروسة بأحداثيات مطابقة الجسم. تم أخذ حالتان لتركيب الشكل الهندسي للتجويف، حالة التماثل، وحالة عدم التماثل للجدران العمودية المتموجة (كلياً ١٣٢ حالة) لمدى من $Ra=10^0$ الى 10^6 وثبتت $Pr=0.71$ ، تم دراسة تأثير كل من الشكل الهندسي المتموج، مدى الموجة، عدد الموجات، Ra على تصرف الجريان والمجال الحراري داخل التجويف، Nu الموقعي، العامل NNR ، تم الاعتماد على خطوط الانسياب، متجه السرعة، خطوط ثبوت درجة الحرارة لأظهار الشكل المتكون للجريان والمجال الحراري داخل التجويف. النتائج أظهرت هناك تحسس لمعدل انتقال الحرارة يعتمد على تركيب الشكل الهندسي للتجويف.

INTRODUCTION

Heat transfer and flow behavior inside wavy-walled cavity has not been investigated widely due to geometric complexity. Numerous references deal of cavities with flat walls due to its huge applications in engineering and geophysical systems like solar-collectors, double-wall insulation, electric machinery, cooling system of electronic devices, natural circulation in the atmosphere etc. These are always complex interactions between the finite fluid content inside the cavity with the cavity walls. This complexity increases when the wall becomes wavy or with the change of orientation of the cavity. **(Yao, 2006)** has studied natural convection for more complex surface and he found that the heat transfer rates for complex surface are greater than that of a flat plate, and the results show the local Nusslet number depends on the ratio of amplitude and wavelength of the surface. **(Adjlout et al., 2002)** studied the effect of a hot wavy wall of a laminar natural convection in an inclined square cavity. One of their findings was the decrease of heat transfer with the surface waviness when compared with flat wall cavity. **(Mahmud et al. , 2002)** studied flow and heat transfer characteristics inside an enclosure bounded by two isothermal wavy wall and two adiabatic straight walls at different Grashof number.

(Das and Mahmud , 2003) investigated buoyancy induced flow and heat transfer inside a wavy enclosure. They reported that the amplitude-wavelength ratio affected local heat transfer rate, but it had no significant influence on average heat transfer rate. **(Jang et al. , 2003)** investigated the effects of the amplitude-wavelength ratio, buoyancy ratio, and Schmidt number on momentum and energy equations, moreover to study the skin friction coefficient and Nusselt number on wavy walls under these parameters. They found that for higher amplitude-wavelength ratio increase the fluctuation of velocity, temperature and concentration. **(Jang and Yan, 2004)** studied the transient behaviors of natural convection heat and mass transfer along a vertical wavy surface subjected to step changes of wall temperature and wall concentration. They found that wave geometry is an important factor in this problem moreover to buoyancy ratio, and Schmidt number.

(Dalal and Das , 2003) have considered a case of heating from the top surface with a sinusoidal varying temperature and cooling from the other three surfaces. The right vertical surface was undulated having one and three numbers. The effect of the number and the amplitude of undulation were studied. In another study, **(Dalal and Das, 2005)** have made a detailed study by considering the same geometry as of **(Dalal and Das , 2003)**. The study was conducted at different inclination of the enclosure from 0 to 360 deg in steps of 30 deg. They concluded that the maximum and minimum average Nusslet number occurs at certain orientation angles. **(Dalal, and Das, 2006)** studied natural convection inside cavity with right wavy wall only and heated from below while other walls are kept at cooled temperature. They found that, the presence of undulation in the right wall affects in both local Nusselt number and flow and thermal field. The results of them were applied in valuated case with the result of the present code. **(Rathish Kumar et al., 1997)** have reported the effect of sinusoidal surface imperfections on the free convection in a porous enclosure heated from the side. The observations reveal that the heat transfer decreases as the amplitude of the wave increases. Also, the total heat transfer rates less when compared with the heat transfer in an enclosure with plane walls. **(Rathish Kumar and Gupta, 2005)** have analyzed the combined influence of mass and thermal stratification on non-Darcian double-diffusive natural convection from a wavy vertical wall to analyze the influence of various parameters. It is observed that the presence of surface waviness brings in a wavy pattern in the local heat fluxes.

Most of the previous researches investigated the natural convection with either uniform wall temperature or wall heat flux thermal boundary condition. However, these imposed thermal boundary conditions are not suitable in many practical applications such as heat exchangers, inject mold, transient setup and shutdown processes and non-equilibrium solidification processes. Furthermore, to meet the industrial requirements, a non-uniform thermal boundary is necessary. For example, some



researcher utilized a non-uniform temperature distribution to obtain a uniform thickness substance film in chemical deposition process. Therefore it is necessary to discover the influences of the non-uniform thermal boundary conditions on the heat transfer and flow characteristics in natural convection flow.

In the present investigation, a numerical analysis of natural convection in a two-dimensional cavity heated from below surface and uniformly cooled from the top surface and both vertical sides is conducted. The cavity is having two flat walls and the two vertical wavy walls consisting of one, two, three and four undulations. The amplitude of undulations is varied from 0.00 to 0.10. The two vertical wavy and top walls are cooled with a fixed temperature (isothermal) whereas the bottom wall is heated non-uniformly with a sinusoidal temperature distribution in space coordinate. Air has been taken as the working fluid with $Pr=0.71$. The flow structure type and heat transfer rate are analyzed and discussed for a wide range of Rayleigh number 10^0 to 10^6 in this study.

GEOMETRICAL DESCRIPTION

The proposed physical model for a two-dimensional cavity (height H , and length L) with wavy vertical walls filled with viscous fluid shown in **Fig. 1** for two cases of wavy vertical walls; symmetrical and unsymmetrical. In present study it is assumed that ($H=L$) square cavity, the vertical wavy walls is taken as sinusoidal varying as the expression below:

$$f(y) = 1 - l + l * \cos(2p \cdot n \cdot y) \quad (1)$$

Where n is the number of undulations. Four different values of $n=1, 2, 3$, and 4 are studies. The wave amplitude λ changed for 0 to 0.1 in all cases. The flow in a cavity is air ($Pr=0.71$) and Rayleigh number varied from 10^0 to 10^6 . The heated wall (bottom wall) considered to be spatially varying with sinusoidal temperature T_h as the expression below:

$$T_h(x) = 0.5 * [1 - \cos(2p \cdot x)] \quad (2)$$

While the other walls kept at cooled temperature T_c .

GOVERNING EQUATIONS

The governing equations for natural convection laminar two-dimensional incompressible steady flow in dimensionless form using the following dimensionless variables (**Xundan, 2003**) are:

$$x = \frac{x^*}{H}, \quad y = \frac{y^*}{H}, \quad u = \frac{u^* \cdot H}{a_f}, \quad v = \frac{v^* \cdot H}{a_f}$$

$$p = \frac{p^* \cdot H^2}{r \cdot a_f}, \quad T = \frac{T^* - T_c^*}{T_h^* - T_c^*}$$

The governing equations of continuity, momentum, and thermal energy become:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\
u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{Pr} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] \\
u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{Pr} \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + Ra \text{Pr} T \\
u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} &= \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right]
\end{aligned} \tag{3}$$

The fluid properties assumed constant except for variation of density in the buoyancy force term of momentum in Y-direction which is approximated by the Boussinesq assumption. Boundary conditions are specified as shown in **Fig. 1**.

GRID GENERATION

It is of great importance to implement the surrounding boundaries of arbitrary curvature in General partial differential equations (GPDE) and to become a part of solution. The proper choice of the used technique to transfer the physical domain into computational domain has a great influence on the solution. Elliptical Partial differential equations (PDE) method is the most general, applicable and programmable method. There are two types of generating system, Laplace equation type and Poisson equation type. The second type was used in this study.

The transformation function $\mathbf{x} = \mathbf{x}(x, y)$, $\mathbf{h} = \mathbf{h}(x, y)$ is individually obtained by solving the following two elliptic Poisson equations:

$$\begin{aligned}
\mathbf{x}_{xx} + \mathbf{x}_{yy} &= P(x, y) \\
\mathbf{h}_{xx} + \mathbf{h}_{yy} &= Q(x, y)
\end{aligned} \tag{4}$$

Where P and Q are two arbitrary function specified to adjust the local density of the grids. Meanwhile, the orthogonality of the generated grids system can be improved by carefully setting the boundary conditions. **Fig. 2** show symbol cases of curvilinear grid system applied in this study.

TRANSFORMATION OF THE GOVERNING EQUATIONS

The governing equations mass, momentum and energy transformed from the Cartesian coordinates (x,y) to the curvilinear coordinates (ξ, η) can be derived as:

Continuity equation:

$$U_x + Vh = 0 \tag{5}$$

The general transport equation becomes:



$$(U\Phi)_x + (V\Phi)_h = S_\Phi + \left[\frac{\Gamma_\Phi}{J} (g \cdot \Phi_x - b \cdot \Phi_h) \right]_x + \left[\frac{\Gamma_\Phi}{J} (a \cdot \Phi_h - b \cdot \Phi_x) \right]_h \quad (6)$$

Where the source terms S_Φ is defined in **Table 1** as below:

Table 1 Source terms for general transport equations

Equation	Φ	Γ_Φ	S_Φ
Momentum	U	Pr	$p_h \cdot y_x - p_x \cdot y_h$
	V	Pr	$p_x \cdot x_h - p_h \cdot x_x + J \cdot Ra \cdot Pr \cdot T$
Energy	T	1	0

Where

$$g = x_{hh} + y_{hh}, \quad a = x_{xx} + y_{xx}, \quad b = x_x \cdot x_h - y_x \cdot y_h$$

And the relation between the Cartesian and contravariant velocity components is:

$$U = u \cdot y_h - v \cdot x_h$$

$$V = v \cdot x_x - u \cdot y_x \quad (7)$$

MODEL VALIDATION

The code was tested under two cases; **case one** described the buoyancy driven laminar heat transfer in a square cavity with differentially heated sidewall. The left wall is maintained hot while the right wall is cooled. The top and bottom wall are insulated. **Table 2** shows the comparison of average Nusselt number on the hot wall with numerical results of (**De Vahl Davis, 1983**), (**Markatos, 1984**), and (**Xundan, 2003**).

Table 2 Comparison of the predicted mean Nusselt number on the hot wall in a square cavity.

References	$Ra = 10^4$	$Ra = 10^5$	$Ra = 10^6$
De Vahl Davis (1983)	2.243	4.519	8.800
Markatos (1984)	2.240	4.510	8.820
Xundan (2003)	2.247	4.532	8.893
Present Study	2.245	4.540	8.901

Case two of validate code represent of case study of (**Dalal, and Das, 2006**) for natural convection inside cavity with right wavy wall only and heated from below while other walls are kept at cooled temperature. **Fig. 3** shows the comparison of numerical results with results of (**Dalal, and Das, 2006**) for average Nusselt number on right wavy wall. The influence of the wall undulations is clearly seen in the results; where for all cases the average Nusselt number increase with an increase in Rayleigh

number (negative sine means that wavy wall is cold wall). The results applied of wide range of Ra and number of undulation. The results for two cases are showing a good agreement with the other results.

NUSSLT NUMBER CALCULATION

In order to evaluate how the presence of the wavy vertical walls affect the heat transfer rate along the wall according to the parameters Rayleigh number, wave amplitude, and number of undulation it is necessary to observe the variation of the local Nusselt number on these walls. In generalized coordinate the local Nusslet number defined as (Dalal, and Das, 2006):

$$\begin{aligned} \text{Right wall} \quad Nu_l &= \frac{1}{J \cdot \sqrt{g}} [g \cdot T_x - b \cdot T_h] \\ \text{Left wall} \quad Nu_l &= \frac{-1}{J \cdot \sqrt{g}} [g \cdot T_x - b \cdot T_h] \end{aligned} \quad (8)$$

While the average Nusselt number is calculated by the following expression:

$$Nu_{ava} = \frac{1}{L} \int_0^L Nu_l \cdot dl \quad (9)$$

To show the effect of the wavy vertical walls on heat transfer rate, we introduce a variable called Nusselt number ratio (NNR) with its definition given as:

$$NNR = \frac{Nu_{ave}|_{with \text{ wavy wall}}}{Nu_{ave}|_{without \text{ wavy wall}}} \quad (10)$$

If the value of NNR greater than 1 indicated that the heat transfer rate is enhanced on that surface, whereas reduction of heat transfer is indicated when NNR is less than 1.

COMPUTATIONAL DETAILS

The solution of the governing equations can lead to a complete understanding of the streamline, velocity vector and isothermal contours field for natural convection in a cavity with wavy vertical walls. The steady state governing equations were iteratively solved by the finite volume method using SIMPLE algorithm in curvilinear coordinates. A two dimensional uniformly spaced staggered grid was used; with power law scheme was utilized for the convection terms, whereas the central difference scheme was used for the diffusion terms. The residual level at each iteration must be less than or equal 10^{-6} to convergence and stability of the solution.

RESULTS AND DISCUSSION:

In order to understand the flow field and heat transfer characteristics of this problem, a total of 132 cases were considered, 90 cases for symmetrical wavy vertical walls and 42 cases for unsymmetrical wavy vertical walls. Rayleigh number was varied from 10^0 to 10^6 and number of undulation changed from $n=1$ to 3 for asymmetrical case and $n=1$ to 4 for unsymmetrical case. Wave amplitude changed from 0 to 0.1 for all cases. The flow is air considered, and the results show the streamline, velocity vector, and isothermal contour moreover to local Nusselt number distribution on the wavy walls.



Flow and Thermal Fields

For symmetrical cases; **Fig. 4, and 5** show the flow and thermal field for streamline, velocity vector, and isothermal contour for Ra equal 10^5 with two value of wave amplitude $\lambda=0.05$ and 0.1 at three cases of number of undulation $n=1, 2$, and 3 . From the result, the flow heated from bottom wall and moves up near the vertical midline of the cavity. Then the flow impinges near the middle of the top wall and moves horizontally to ward corners losing heat to the top wall. Finally it descends along the cold wavy sidewalls. The important processes occur here is the combination between undulation and convection strength. From the figures we could notes that increase of wave amplitude leads to more deformation in flow behavior and thermal fields and increase the velocity in the middle of the cavity.

The same process we could notes in **Fig. 6, and 7** but the intensity of the recirculation pattern increase with increase Ra (10^6) because the convection becomes stronger. Also the deformation in flow and thermal field will become very clear with increase the value of Ra . For Ra 10^3 and 10^4 the isothermal contours are distributed uniformly in the cavity because the convection is weak in this case. On the other hand the isothermal contour are swirl at $Ra=10^5$ and 10^6 due to influence of increased convection current.

For unsymmetrical cases; **Fig. 8, and 9** show the flow and thermal field for streamline, velocity vector, and isothermal contour for Ra 10^5 and 10^6 at different configuration of undulation in left and right wavy vertical walls at fixed wavy amplitude $\lambda=0.05$. The flow behavior deform in left wall more than right wall because the different of number of undulation in both walls. The recirculating flow becomes stronger in **Fig. 9** according to increase the value of Ra , and undulation.

Local Nusselt Number

Fig. 10, 11, and 12 show the variation of local Nusselt number along wavy vertical walls at different values of Ra , number of undulations, and wave amplitude. From **Fig. 10**, for law Ra the max. Nu_l is located near the bottom heated wall, if Ra is increased, the location gradually rises up because of the increasing convection strength. Increase the values of number of undulation lead to decrease of max. Nu_l on the left and right walls. Moreover the distribution will becomes more fluctuation with the wavy surface. **Fig. 11** show the variation of Nu_l along the wavy walls for different wave amplitude value at $Ra=10^5$. For $n=1$ and $\lambda \leq 0.75$ it is observed that there is not much variation in the max. Nu_l , but for $\lambda=0.1$ there is a change in value and locations of max. Nu_l . For $n=2$, and 3 the variation in Nu_l will become more wavy according to the wavy surface.

For unsymmetrical case the **Fig. 12** described the variation of Nu_l along wavy walls. Nu_l distribution in the left wavy wall could be changed more than in the right wall according to the number of undulations. For small Ra , max. Nu_l in the left wavy wall increase with increase the NL/NR ratio. If Ra increases leads that to decrease the value of max. Nu_l according to that ratio. Max. Nu_l in the right wall will is have small effect with the ratio NL/NR , but it romaine with the same behavior of the left wall.

Average Nusselt Number

For $Ra \leq 10^5$, increase the value of number of undulation leads that to decrease the value of Nu_{ave} in both side walls, but in $Ra = 10^6$ the Nu_{ave} behavior is not clear as shown in **Table 3**. Also increase the wave amplitude leads that to decrease of Nu_{ave} too. The same sequence repeated for unsymmetrical case at $\lambda=0.05$ and $\lambda=0.1$ but in $\lambda=0.1$ and $Ra \geq 10^5$, the change in the value of Nu_{ave} will become large as shown in **Table 4**.

Table 3 Average Nusselt number on the right and left wavy walls (symmetrical case) in a cavity with $\lambda = 0.05$ and $\lambda = 0.1$.

NL	NR	$\lambda = 0.05$	Rayleigh number					NL	NR	$\lambda = 0.1$	Rayleigh number			
			10^3	10^4	10^5	10^6					10^3	10^4	10^5	10^6
0	0	R.W	-0.567	-0.616	-1.030	-1.780		0	0	R.W	-0.567	-0.616	-1.030	-1.780
1	1	R.W	-0.631	-0.733	-1.050	-1.670		1	1	R.W	-0.681	-0.772	-1.440	-1.727
1	1	L.W	-0.631	-0.733	-1.050	-1.660		1	1	L.W	-0.681	-0.772	-1.090	-1.730
2	2	R.W	-0.689	-0.754	-1.115	-1.560		2	2	R.W	-0.830	-0.858	-1.174	-1.710
2	2	L.W	-0.689	-0.754	-1.113	-1.550		2	2	L.W	-0.831	-0.859	-1.175	-2.150
3	3	R.W	-0.747	-0.818	-1.115	-1.700		3	3	R.W	-0.995	-1.020	-1.270	-1.820
3	3	L.W	-0.748	-0.819	-1.115	-1.700		3	3	L.W	-0.995	-1.020	-1.380	-1.980

Table 4 Average Nusselt number on the right and left wavy walls (unsymmetrical case) in a cavity with $\lambda = 0.05$ and $\lambda = 0.1$.

NL	NR	$\lambda = 0.05$	Rayleigh number					NL	NR	$\lambda = 0.1$	Rayleigh number			
			10^3	10^4	10^5	10^6					10^3	10^4	10^5	10^6
0	0	R.W	-0.567	-0.616	-1.030	-1.780		0	0	R.W	-0.567	-0.616	-1.030	-1.780
2	1	R.W	-0.637	-0.773	-1.030	-1.600		2	1	R.W	-0.689	-0.802	-1.043	-2.563
2	1	L.W	-0.680	-0.714	-1.138	-1.630		2	1	L.W	-0.797	-0.792	-1.248	-1.440
3	1	R.W	-0.641	-0.756	-1.027	-1.749		3	1	R.W	-0.689	-0.792	-0.856	-1.860
3	1	L.W	-0.729	-0.786	-1.197	-1.625		3	1	L.W	-0.922	-0.929	-1.373	-1.678
4	1	R.W	-0.635	-0.746	-1.080	-1.728		4	1	R.W	-0.658	-0.761	-0.855	-1.898
4	1	L.W	-0.772	-0.838	-1.140	-1.759		4	1	L.W	-1.011	-1.037	-1.358	-2.194

NNR Distribution

Fig. 13 shows NNR distribution with Ra. The results show that for small Ra, NNR is increase with increase the number of undulation but it will become reduction in its value if Ra is increase. Also if wave amplitude increases that leads to increase the NNR too. This relation also studied for unsymmetrical case as shown in **Fig. 14** For left wavy wall and higher ratio of NL/NR, NNR increase with increase the number of undulation to $Ra = 10^4$ and will be decrease. But for small ratio the relations decrease from the first. For right wavy wall the same sequence repeated with non uniformly distributed in the figure.

CONCLUSIONS

Natural convection heat transfer in a cavity with wavy vertical walls has been analyzes. The effects of wave amplitude, number of undulation, Rayleigh number for two cases, symmetrical and unsymmetrical wavy walls have been studied in detail. The results show that, for symmetrical case increase of number of undulation leads to decrease of max. Nu_1 , Nu_{ave} and increase the NNR factor. While increase the wave amplitude leads to wavy distributed of Nu_1 and decrease the value of Nu_{ave} to $Ra \leq 10^5$ with increase of NNR factor. Also increasing Ra the convection strength become stronger and leads to decrease of max. Nu_1 , Nu_{ave} and increase of NNR. The same sequence repeated for unsymmetrical case with more deformation in the flow and thermal field, also increase the Ra leads to increase the max. Nu_1 in this case.

**NOMENCLATURE:**

SYMBOLS	TITLES	UNITS
B	Thermal expansion coefficient	1/k
H	Height of the cavity	m
J	Jacobian	----
L	Length of the cavity	m
L.W	Left wavy wall	----
n	Number of undulation	----
NL	Number of undulation in left wavy wall	----
NR	Number of undulation in right wavy wall	----
Nu	Nusslet number	----
NNR	Nusslet number ratio	----
P	Dimensionless pressure	----
Pr	Prandtl number (ν/α_f)	----
Ra	Rayleigh number ($g.B.(T_h-T_c).L^3/\nu\alpha_f$)	----
R.W	Right wavy wall	----
S	Source term	----
T	Dimensionless temperature	----
u,v	Dimensionless Cartesian velocity components in x, and y coordinates	----
U,V	Dimensionless contravariant velocity components in ξ , and η coordinates	----
x, y	Dimensionless Cartesian coordinates	----

GREEK SYMBOLS

α_f	Thermal diffusivity of fluid	m ² /sec
α, β, γ	Transformation functions	----
ξ, η	Dimensionless curvilinear coordinates	----
λ	Wave amplitude	----
ν	Kinematics viscosity	m ² /sec
Φ	General variables representing U, V, and T.	----

SUBSCRIPTS

ave	Average
c	Cold wall
h	Hot wall
l	Local
max	Maximum
x, y	Derivative relative to x, y, ξ , η respectively.
ξ, η	

SUPERSCRIPT

•	Dimensional form
---	------------------

REFERENCES

- Adjlout, L., Imine, O., Azzi, A., and Belkadi, M., 2002**, "Laminar Natural Convection in an Inclined Cavity with a Wavy Wall," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 45, pp. 2141–2152.
- Das, P. K., and Mahmud, S., 2003**, "Numerical Investigation of Natural Convection Inside a Wavy Enclosure," *Int. J. Therm. Sci.*, Vol. 42, pp. 397–406.
- Dalal, A., and Das, M. K., 2003**, "Laminar Natural Convection in a Complicated Cavity With Spatially Variable Upper Wall Temperature," *Proceedings of ASME Summer Heat Transfer Conferences*, Las Vegas, July 21–23.
- Dalal, A., and Das, M. K., 2005**, "Laminar Natural Convection in an Inclined Complicated Cavity With Spatially Variable Wall Temperature," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 48, pp. 2986–3007.
- Dalal, A., and Das, M. K., 2006**, "Natural Convection in a Cavity with a Wavy Wall Heated from Below and Uniformly Cooled from the top and Both Sides," *ASME J. Heat Transfer*, Vol. 128, pp. 717–725.
- De Vahl Davis, G., 1983**, "Natural Convection of Air in a Square Cavity: A Benchmark Numerical Solution," *Int. J. Numer. Methods Fluids*, Vol. 3, pp. 249–264.
- Jang, J.H., Yan, W.M., and Liu, H.C., 2003**, "Natural Convection Heat and Mass Transfer along a Vertical Wavy Surface," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 46, pp. 1075–1083.
- Jang, J.H., and Yan, W.M., 2004**, "Transient Analysis of Heat and Mass Transfer by Natural Convection Over a Vertical Wavy Surface," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 47, pp. 3695–3705.
- Mahmud, S., Das, P. K., Hyder, N., and Islam, A. K. M. S., 2002**, "Free Convection in an Enclosure With Vertical Wavy Walls," *Int. J. Therm. Sci.*, Vol. 41, pp. 440–446.
- Markatos, N. C., and Perikleous, K. A., 1984**, "Laminar and Turbulent Natural Convection in an Enclosed Cavity," *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 27(5), pp. 755–772.
- Rathish Kumar, B. V., Singh, P., and Murthy, P. V. S. N., 1997**, "Effect of Surface Undulations on Natural Convection in Porous Square Cavity", *ASME J. Heat Transfer*, Vol. 119, pp. 848–851.
- Rathish Kumar, B. V., and Gupta, S., 2005**, "Combined Influence of Mass and Thermal Stratification on Double-Diffusion Non-Darcian Natural Convection from a Wavy Vertical Wall to Porous Media," *ASME J. Heat Transfer*, Vol. 127, pp. 637–647.
- Xundan, S., and Khodadadi, J. M., 2003**, "Laminar Natural Convection Heat Transfer in a Differentially Heated Square Cavity Due to a Thin Fin on the Hot Wall," *ASME J. Heat Transfer*, Vol. 125, pp. 624–634.
- Yao, L. S., 2006**, "Natural Convection along a Vertical Complex Wavy Surface ", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 49, pp. 281–286.

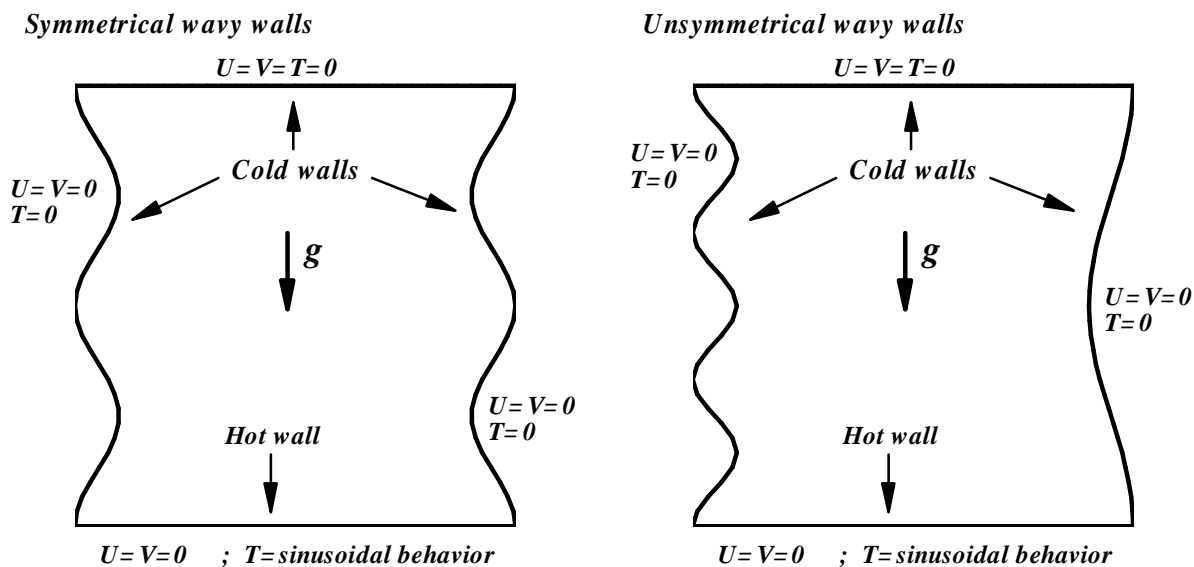


Fig. 1 Symbol Case of Geometrical Description and Boundary Conditions Applied in this study for $\lambda = 0.05$
Left: Symmetrical wavy walls (NL=NR=2) - Right: unsymmetrical wavy walls (NL=3, NR=1)

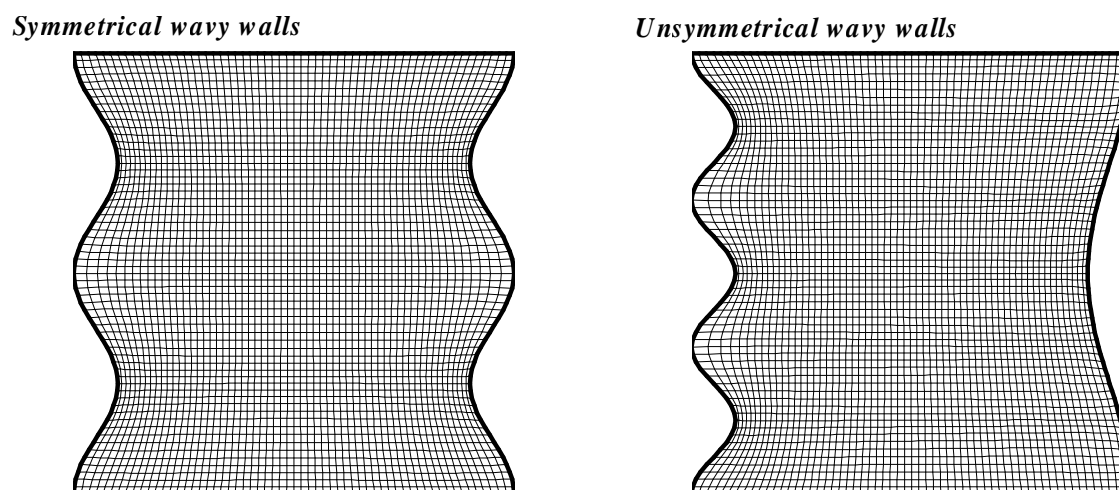


Fig. 2 Grid Generation Applied in this study for Two Cases.

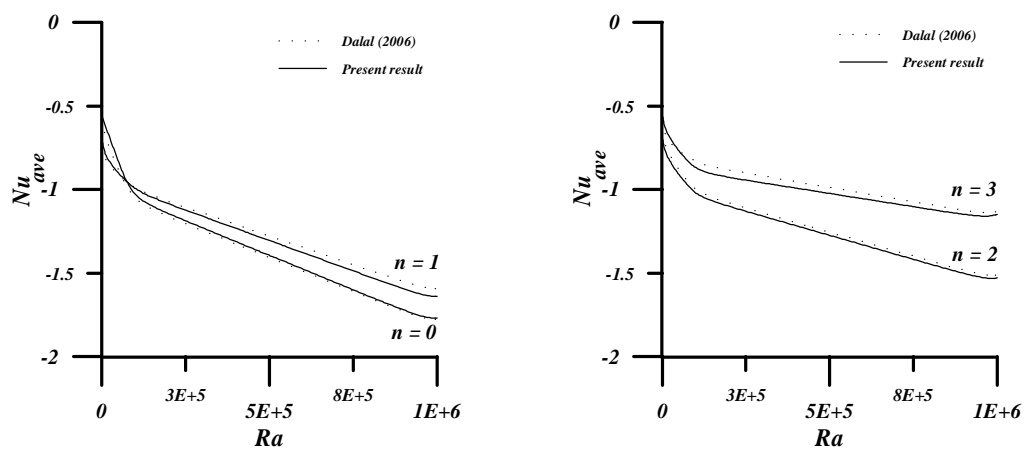


Fig. 3 Comparison of the Predicted Average Nusselt Number on the Right Wavy Wall Only with

$\lambda=0.05$

2837

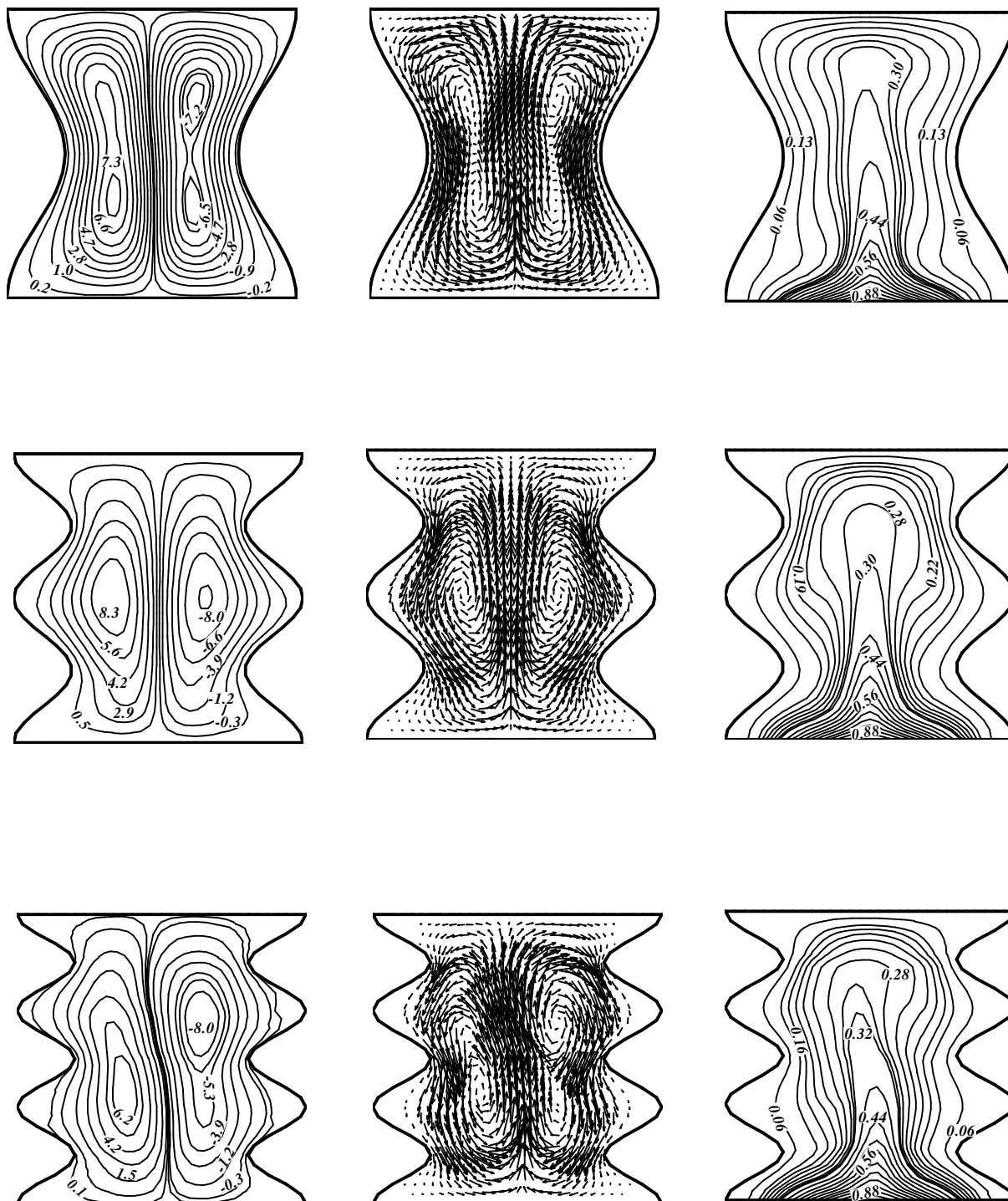
 $\lambda = 0.1$ *Relative(Grid units/Magnitude)=
0.0023*

Fig. 5 Streamline, Velocity Vector and Isotherm Contour for $Ra = 10^5$ in Symmetrical Case for Number of Undulation Equal 1, 2, and 3 Respectively, at Wave Amplitude 0.1.

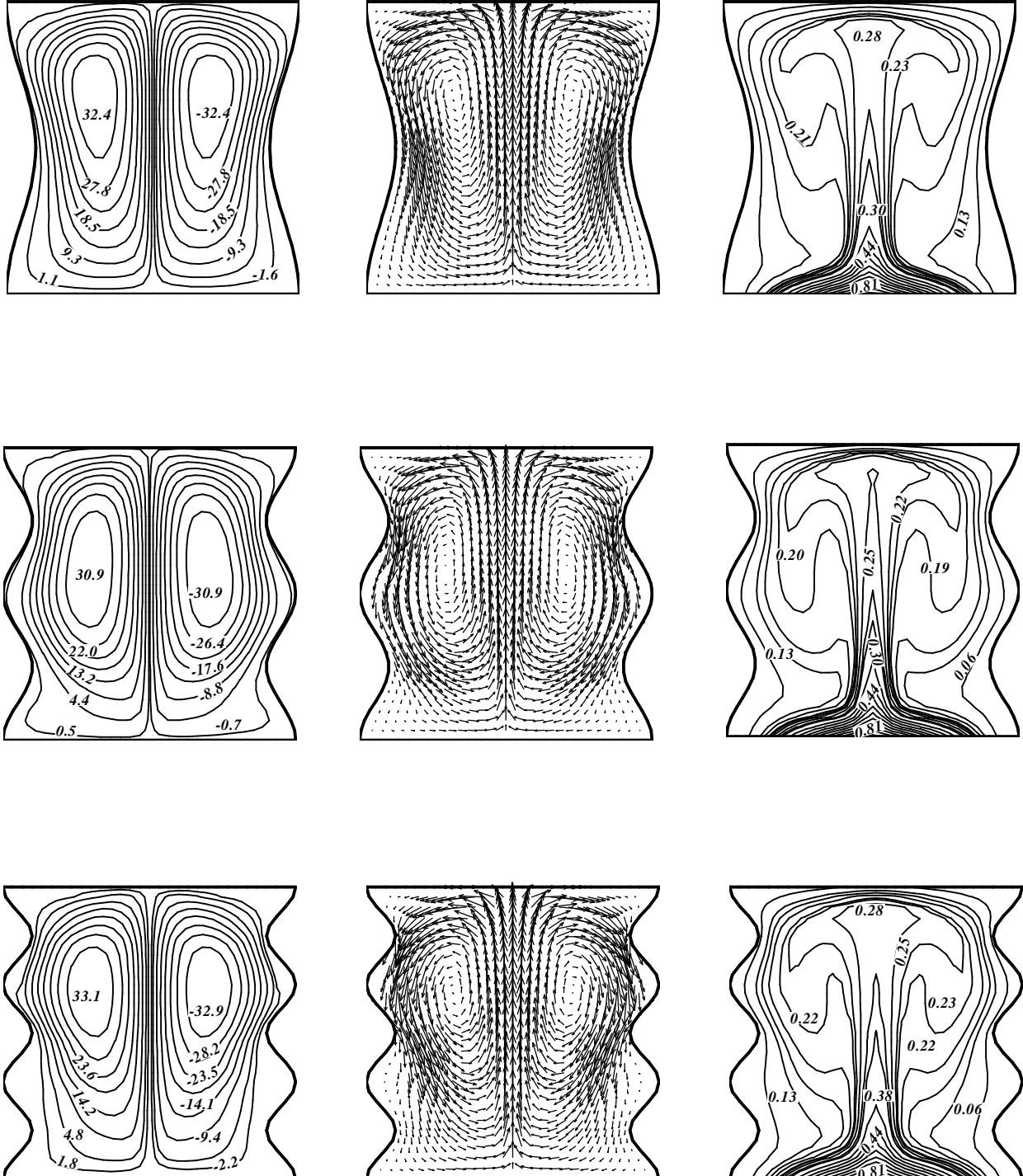
$\lambda = 0.05$ *Relative (Grid units / Magnitude) = 0.0005*

Fig. 6 Streamline, Velocity Vector and Isotherm Contour for $Ra = 10^6$ in Symmetrical Case and Number of Undulation Equal 1, 2, and 3 Respectively, at Wave Amplitude 0.05.

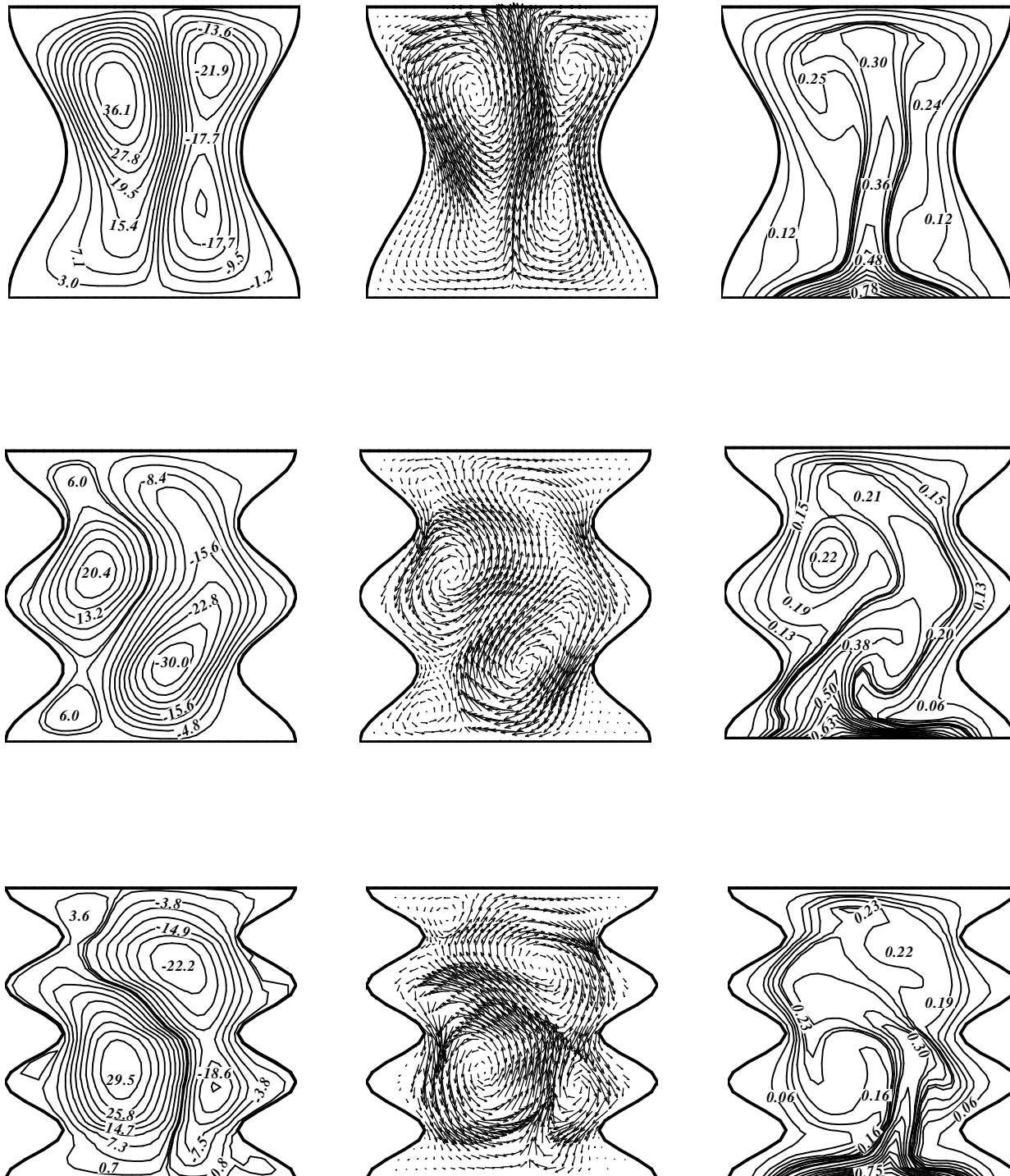
 $\lambda = 0.1$ *Relative (Grid units / Magnitude) = 0.0005*

Fig. 7 Streamline, Velocity Vector and Isotherm Contour for $Ra = 10^6$ in Symmetrical Case and Number of Undulation Equal 1, 2, and 3 Respectively, at Wave Amplitude 0.1.

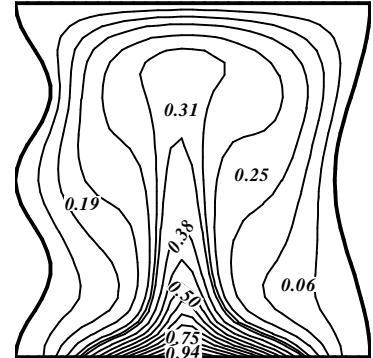
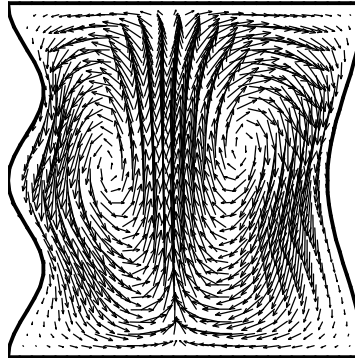
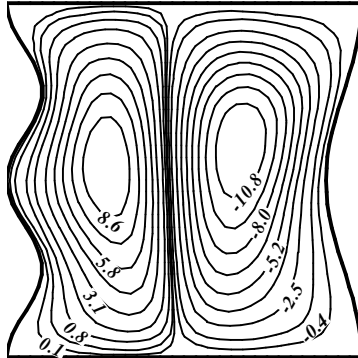
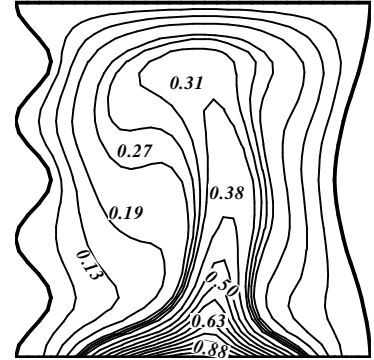
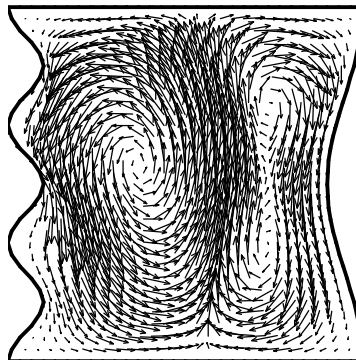
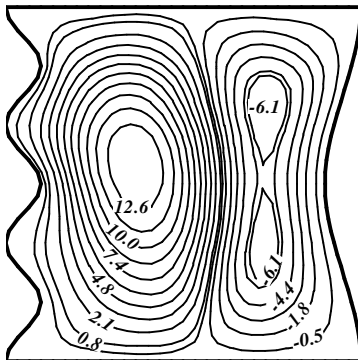
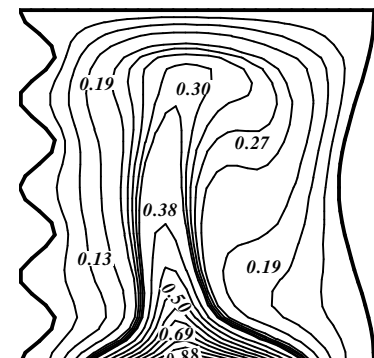
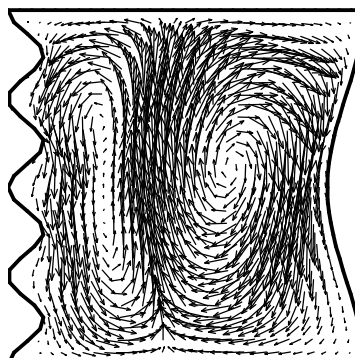
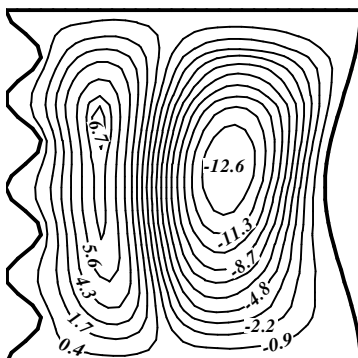
$\lambda = 0.05$ (NL = 2 , NR = 1)lative (Grid units / Magnitude) =
0.0025

Fig. 8 Streamline, Velocity

Vector and

 $\lambda = 0.05$ (NL = 3 , NR = 1) $\lambda = 0.05$ (NL = 4 , NR = 1)

Isotherm Contour for $Ra = 10^5$ in Unsymmetrical Case for NL=2, 3, and 4, respectively and NR=1 at Wave Amplitude 0.05.

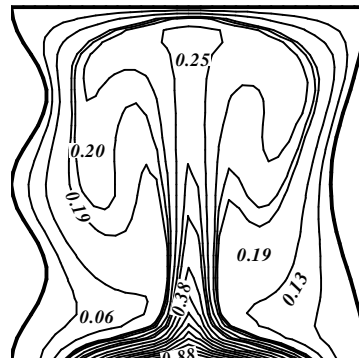
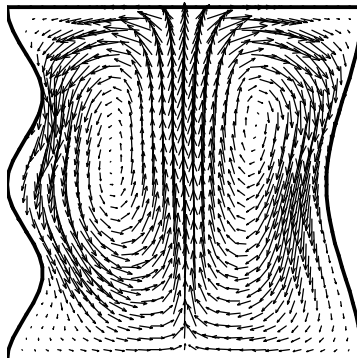
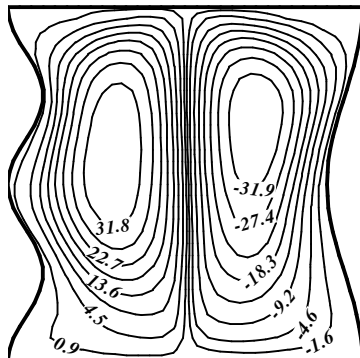
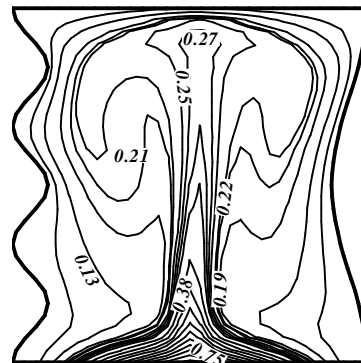
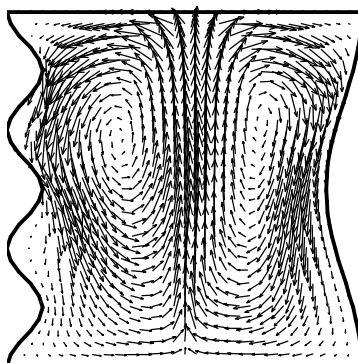
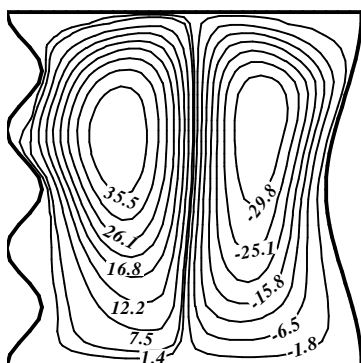
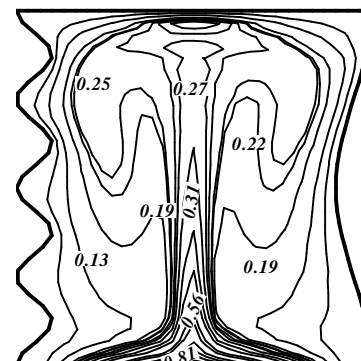
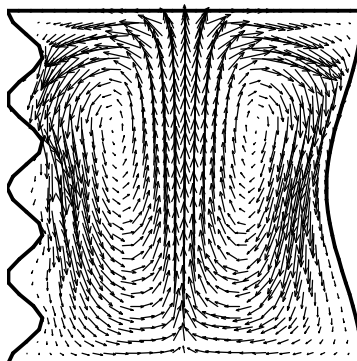
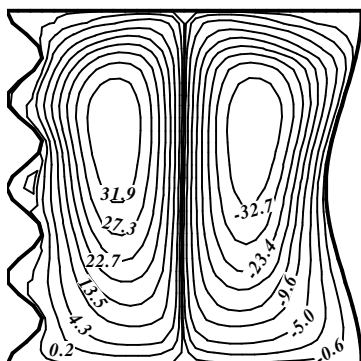
 $\lambda = 0.05$ ($NL = 2$, $NR = 1$)*Relative (Grid units / Magnitude) = 0.0005* $\lambda = 0.05$ ($NL = 3$, $NR = 1$) $\lambda = 0.05$ ($NL = 4$, $NR = 1$)

Fig. 9 Streamline, Velocity Vector and Isotherm Contour for $Ra = 10^6$ in Unsymmetrical Case for $NL=2, 3$, and 4 , respectively and $NR=1$ at Wave Amplitude 0.05 .

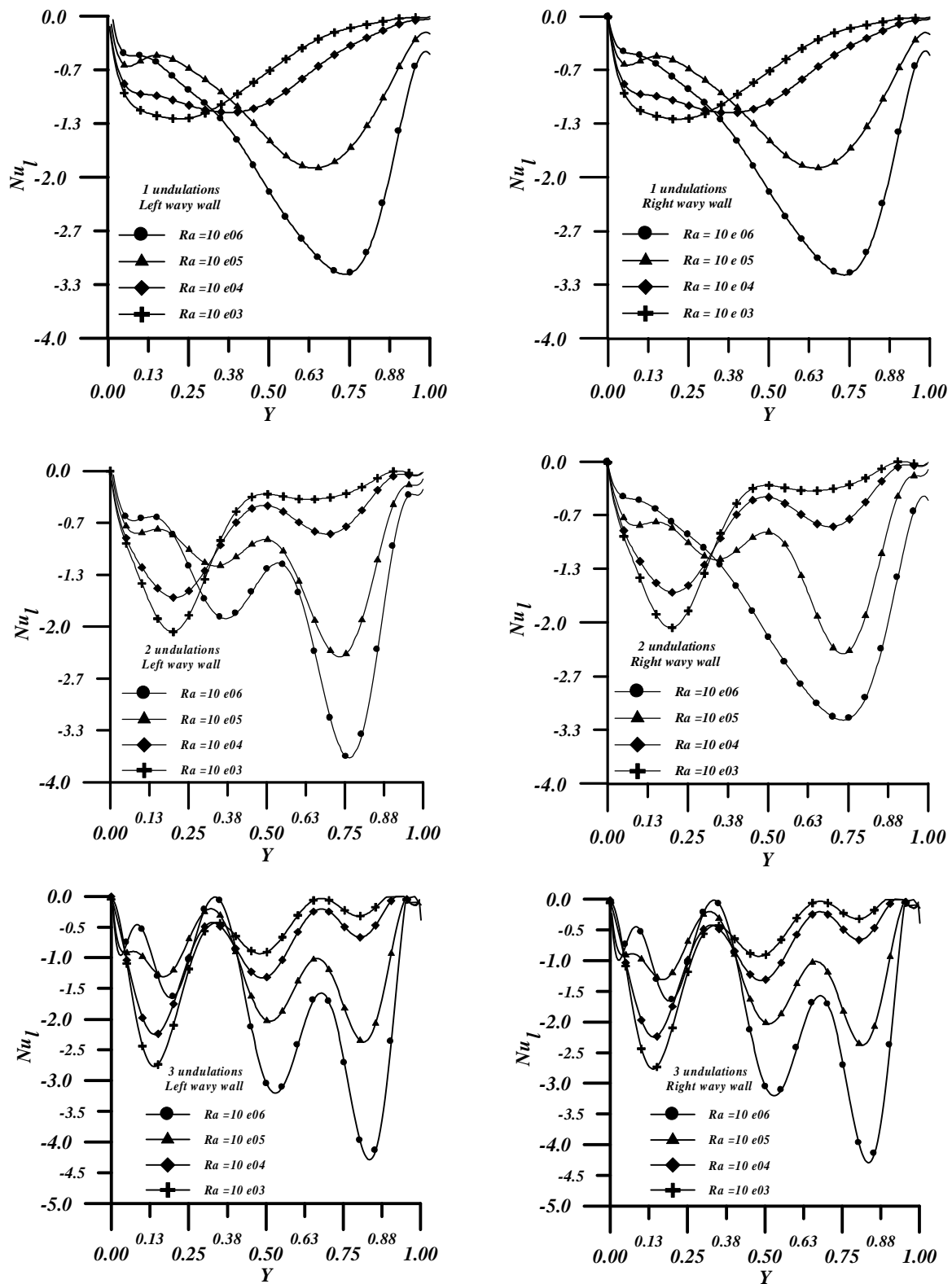


Fig. 10 Local Nusselt Number Distribution in Symmetrical Case and Number of Undulation Equal 1, 2, and 3 Respectively, at Wave Amplitude 0.05.

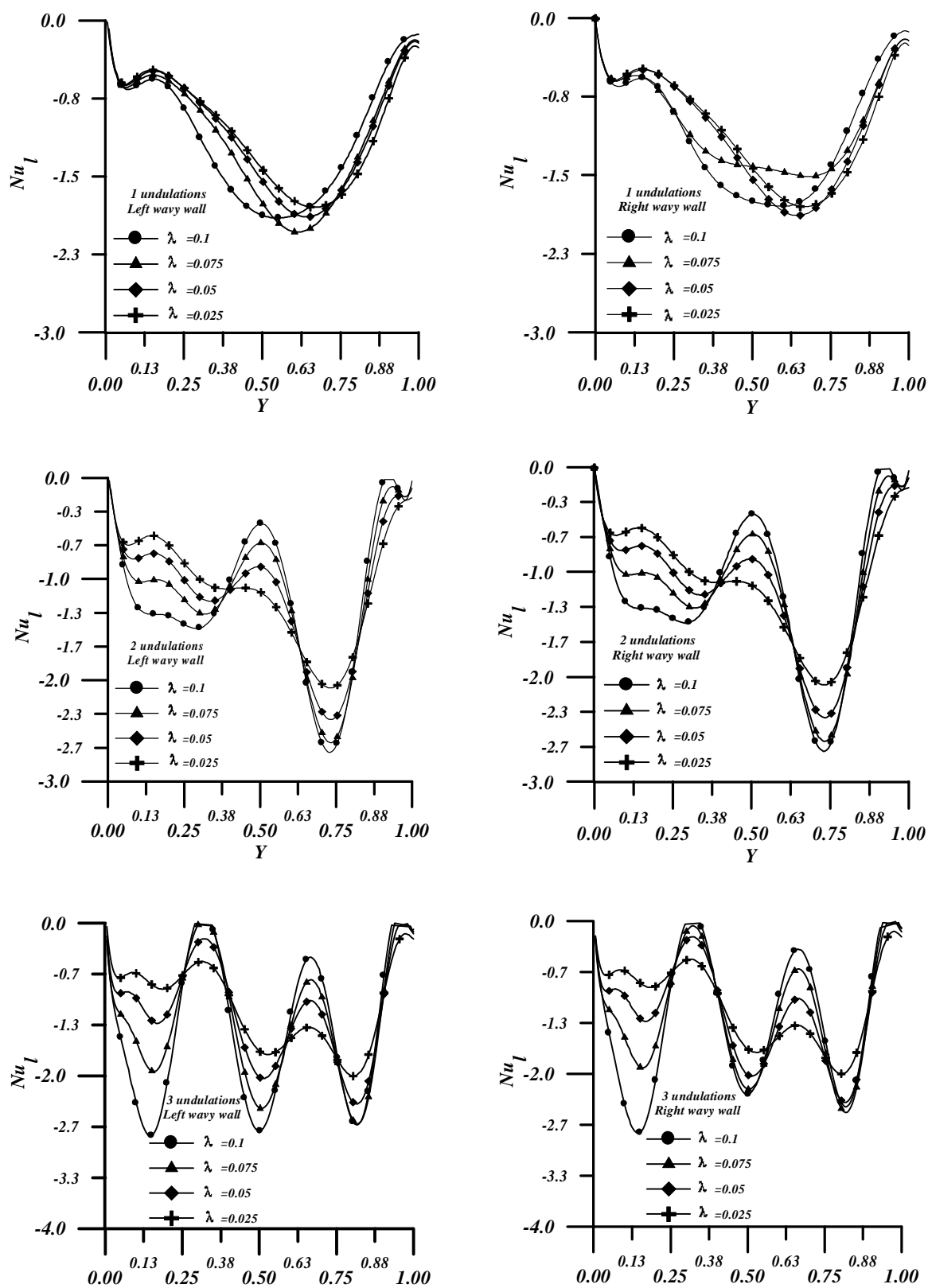


Fig. 11 Local Nusselt Number Distribution in Symmetrical Case at $Ra = 10^5$ and Number of Undulation Equal 1, 2, and 3 Respectively for Different value of Wave Amplitude.

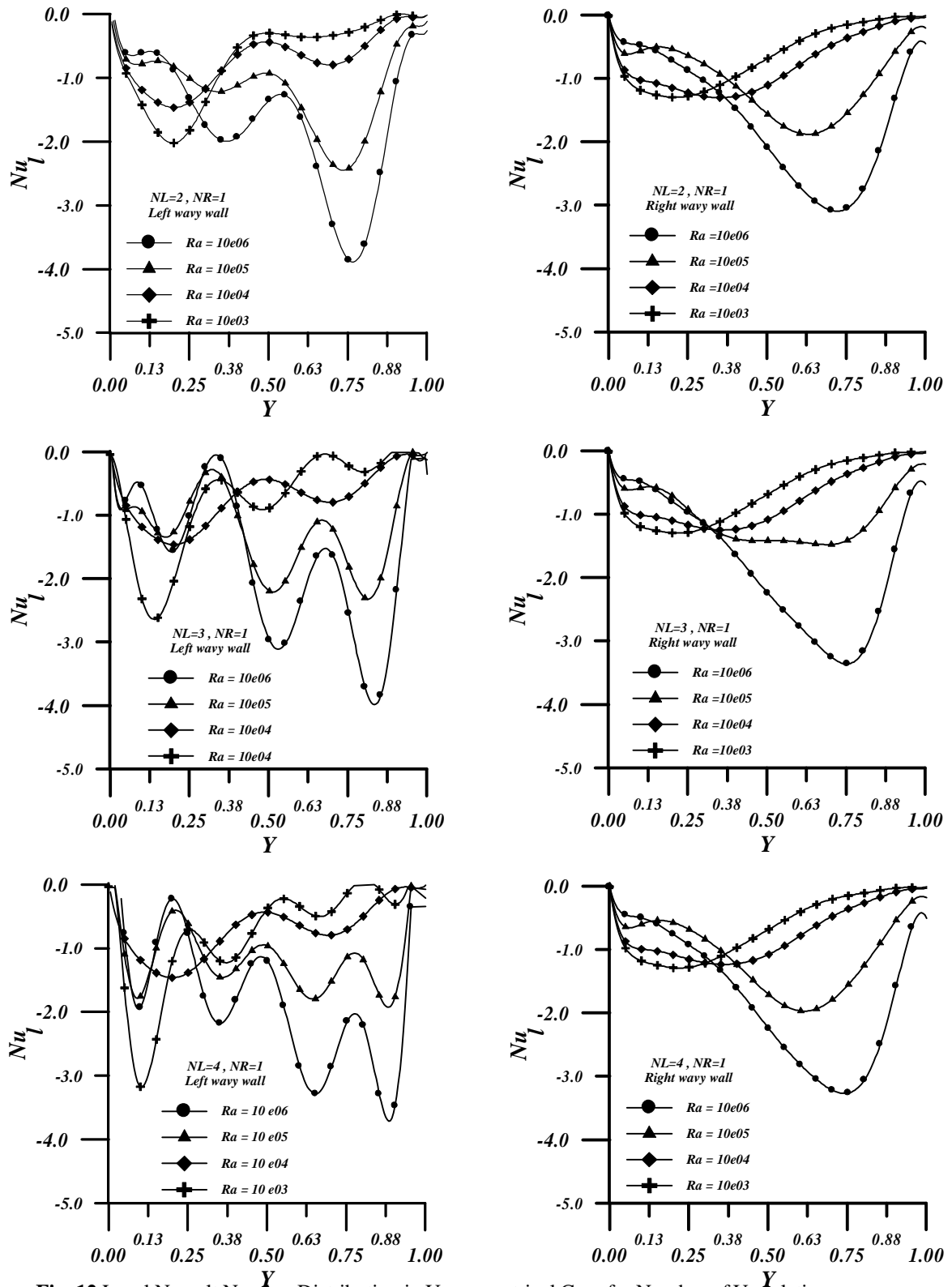


Fig. 12 Local Nusselt Number Distribution in Unsymmetrical Case for Number of Undulation $NL= 2, 3$, and 4 , $NR=1$, at Wave Amplitude 0.05 .

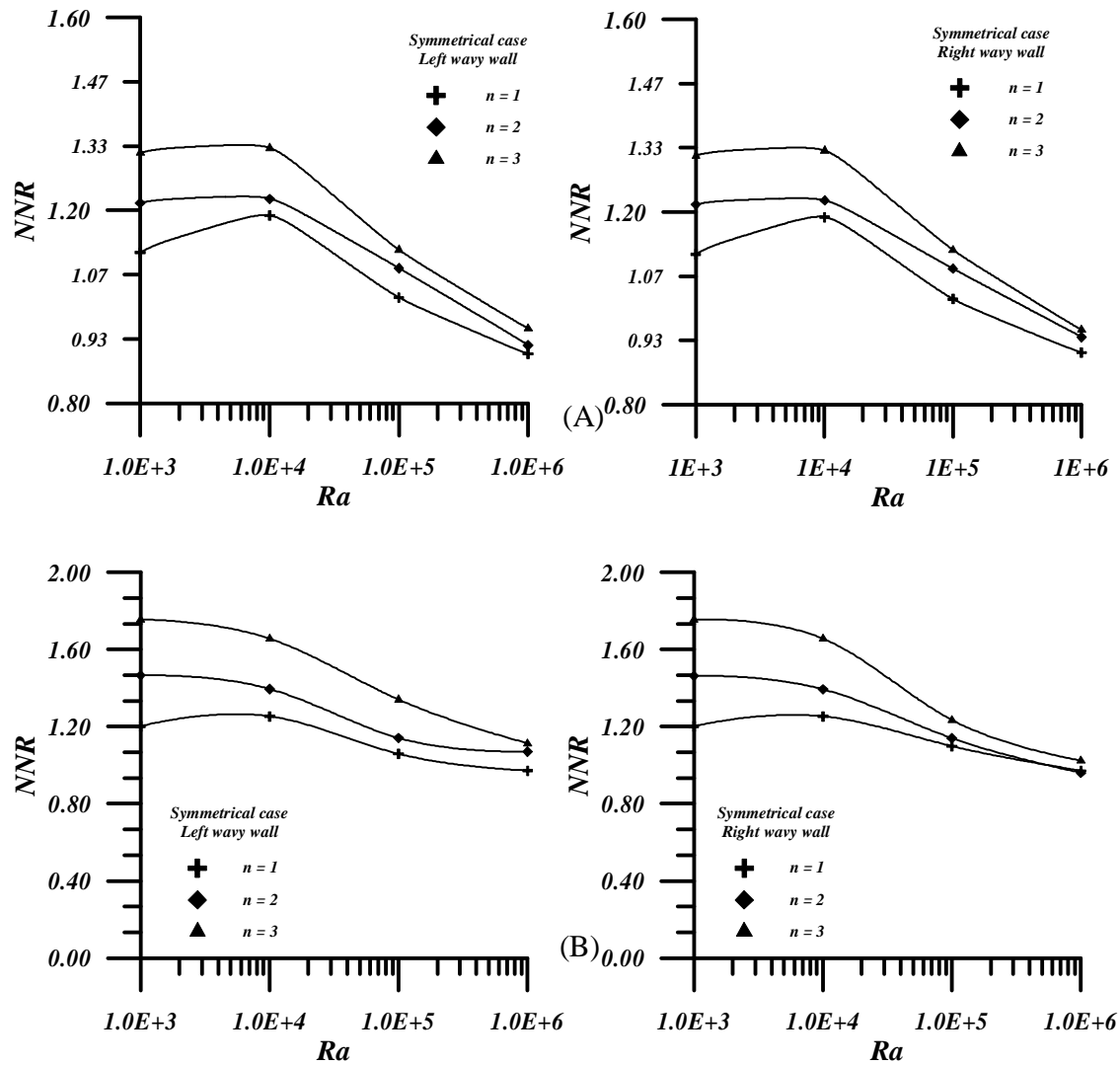


Fig. 13 NNR Distribution in Symmetrical Case at Number of Undulation $n=1, 2$, and 3 and Wave Amplitude A. $\lambda=0.05$, B. $\lambda=0.1$.

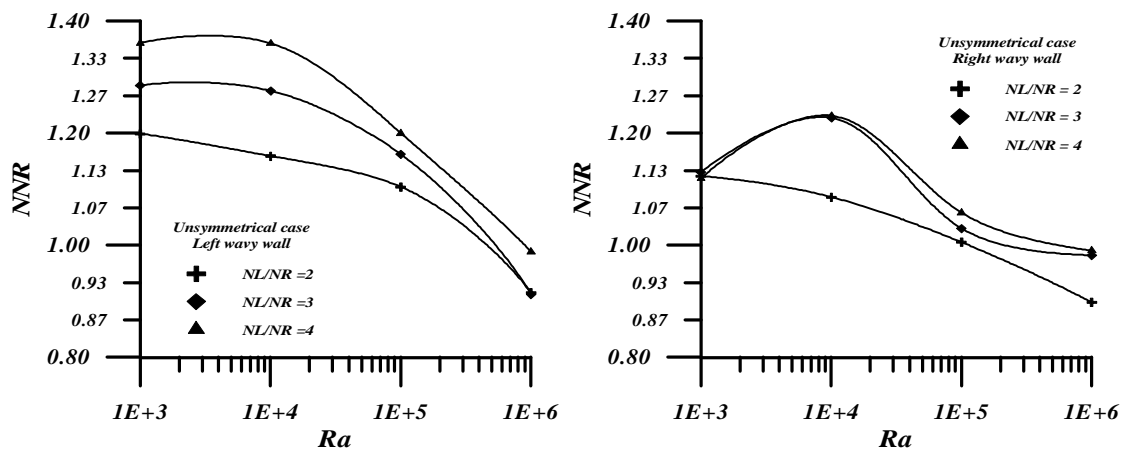


Fig. 14 NNR Distribution in Unsymmetrical Case and at Wave Amplitude $\lambda=0.05$.



PREDICTION OF EROSION EFFECT DUE TO CAVITATION ON AL-MOSUL POWER PLANT TURBINE

Dr. Jafar M. Hassan
Assistant Professor

Department of Mechanical Engineering
University of Technology

Laith W. Ismail
Assistant Lecture

Department of Materials Engineering
University of Technology

ABSTRACT

In the field of hydraulic power plant, the cavitation is responsible of sever erosion which requires periodic unit shutdowns for inspection and repairs. Al-Mosul hydroelectric power plant is chosen as model in this study. Computer programs are developed by using the velocity gradient method to analyze the flow in the runner blades of the turbine (Francis Turbine) to calculate the available cavitation and compared with the critical cavitation. The erosion of the runner material (erosion rate, weight of lost material and mean depth of erosion) is also calculated to limit the operation hours of the power plant. The presented work shows that the cavitation appears on the underside of the turbine (Francis Turbine) blades in the trailing edge at distance of 82% from the leading edge due to decrease in pressure, flow separation and interference zone. This causes erosion depth of about 4 mm for the first four years of operation which represents about 17% of the blade thickness of the trailing edge. It is found that the operation hours of Al-Mosul power plant should not exceed 24000 operation hour. A good agreement is found between the prototype data obtained from the computer program analysis and experimental visualization shown in the literature and theoretical solution.

الخلاصة

ظاهرة التكهف تحدث في توربينات محطات الطاقة الهيدروليكية حيث تسبب تآكل في مروحة التوربين والتي تؤثر على أداء المحطة مما يتطلب اجراء فحص وتصليح خلال فترات زمنية متفاوتة. تم اختيار محطة كهرباء الموصل كنموذج للحسابات حيث تم بناء عدة برامج في الحاسوب بالاعتماد على طريقة أندار السرعة لتحليل الجريان على ريشة مروحة التوربين (Francis Turbine) لحساب معامل التكهف ومقارنته مع معامل التكهف الحرج وأخيراً حساب التآكل لمعدن المروحة (معدل التآكل، الوزن المفقود، ومعدل عمق التآكل) والذي يتم من خلاله تحديد ساعات التشغيل للمحطة. البحث الحالي يوضح ان ظاهرة التكهف تحدث في منطقة الحافة لريشة مروحة التوربين (Francis Turbine) على بعد ٨٢% من بداية الحافة تقريباً نتيجة انخفاض الضغط وانفصال الجريان وتداخله والتي تسبب تآكل لمعدن المروحة كمعدل عمق ٤ ملم خلال السنوات الاربعة الاولى من التشغيل والذي يشكل ١٧% تقريباً من سمك الريشة عند منطقة الذيل. قد وجد أن ساعات التشغيل لمحطة كهرباء الموصل يجب أن لا تزيد على ٢٤٠٠٠ ساعة

عمل، قورنت النتائج المستحصلة من محطة كهرباء الموصل وأخرى تم الحصول عليها من بحوث سابقة وقد ظهر تقارب جيد بينها.

KEYWORDS

Erosion, Cavitation, Turbine

INTRODUCTION

Water turbines are used in hydroelectrical power stations to convert the energy of stored water at a height into mechanical work. Francis turbine (Fig.1) is understood as a water turbine where the runner receives the water under pressure in a radial inward direction and discharges it in a substantially axial direction.

Erosion is the progressive loss of original material from a solid surface due to mechanical interaction between that surface and a fluid, achieved by emission of stress pulses into the solid, which arise, for a shock wave or by the formation of a high-velocity jet of liquid both originating from bubble collapse (**Army, website**). The collapse of the cavities can lead to an increase in the corrosion current, thus cavitation erosion accelerates corrosion (**Hammitt, 1980**). Cavitation erosion is a complex phenomenon involving the interaction of hydrodynamical, mechanical, metallurgical and chemical factors.

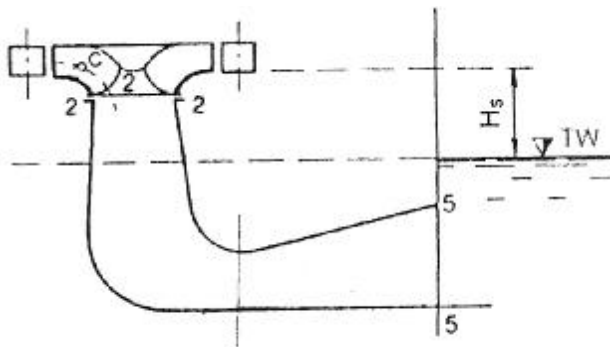
Many studies, both theoretical and experimental have been done to study the cavitation, its deleterious effects and erosion caused by cavitation collapse. (**Mikael, 2001**) represented an experimental study on cavitation in Kaplan model turbine. A periodic pattern of the cavitating tip vortex is observation, the main feature of this pattern is that cavitating vortex is bent towards the blade surface and transformed into cloud formation. (**Soyama, 2001**) proposed a new parameter in the relation between the cavitation impacts and the resistance of materials to predict the cavitation erosion, it is threshold level of materials to the cavitation impacts, a new parameter, i.e., threshold level to predict cavitation erosion is proposed as a result of the relation between the energy of impact and the erosion rate. (**Saffa, 2006**) presented a comparative studies of corrosion and erosion-corrosion resistance for two types of materials. He found that the ductile iron loss of material due to corrosion and erosion-corrosion resistance is less than gray cast iron. (**Masatake, 2003**) presented an experimental study where the real erosion progress was examined using acceleration tests. Sever erosion occurred at the predicted condition mainly under partial load conditions and high head operation. The relationship between the rate of erosion progress, which is directly evaluated by measuring erosion pit size, and cavitation intensity measured using impulse pressure sensors, is discussed.

In the present work a mathematical model developed to study the effect of cavitation on the performance of the turbine and the life of its blades due to erosion for Al-Mosul power plant turbine which is working at the average net head (42.3 – 77.2) m and flow rate (140 - 310) m³/s.

THEORY

Cavitation appears in some regions in the hydraulic turbine where the pressure is less than the pressure of saturated water vapour ((**Caron, 2001**), (**krivchenko, 1986**)), the magnitude of this pressure at a certain point is known on the runner as shown in the following figure may be represented by:-

$$\frac{P_{ac}}{g} = \frac{P_{atm}}{g} - H_s - \left[a_2 K_{V_2} - a_5 \frac{V_5^2}{2gH} - z_{draft} K_{V_2}^2 + l K_{w_2}^2 \right] H \quad (1)$$



The cavitation index (coefficient) (Raabe, 1985) is equal to:-

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} a_2 K_{V_2} - a_5 \frac{V_5^2}{2gH} - \mathbf{z}_{draft} K_{V_2}^2 + \mathbf{I} K_{W_2}^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

The available and critical cavitation coefficients (Jagdish, 1984) is equal to:-

$$\mathbf{s}_{av} = \left[(a_2 - z_{draft})K_{V2} - a_5 \frac{V_5^2}{2gH} + lK_{W2} \right] \quad (3)$$

$$S_{cr} = [(P_{atm} - P_v) / gH] - H_s / H \quad (4)$$

A cavitation-safe operation of a set requires that $\mathcal{S}_{cr} \leq \mathcal{S}_{av}$.

The shock wave radiated from collapsing bubbles is one of the main factors contributing to cavitation erosion. When a single bubble collapses, a considerable portion of the potential energy stored in the bubble is transformed into acoustic energy. Thus, the acoustic energy (E_{ac}) can be expressed as **(Zhang, 1989)**:-

$$\frac{E_{ac}}{E_{pot}} = \frac{1}{C_{\infty}} \left[\frac{P_{\infty}}{r_{\infty}} \right]^{1/2} F(X_{\min}) \quad (5)$$

The function $F(X_{\min})$ from classical theory is:-

$$F(X_{\min}) = -\frac{1}{6} \frac{2}{3} \int_{X_{\min}}^{X_{\max}} \frac{1-8X+16X^2}{X\{X(1-X)\}^{1/2}} dX \quad (6)$$

Where $X = (R/R_{\max})^3$ and $R_{\min}/R_{\max} \approx 3 \frac{P_g}{P}$

The final relation of the acoustic energy is:-

$$\frac{E_{ac}}{(4/3)pP_{\infty}R_{\max}^3} = \frac{1}{27C_{\infty}} \left(\frac{2P_{\infty}}{r_{\infty}} \right)^{1/2} \left(\frac{P_{\infty}}{P_g} \right)^{3/2} \quad (7)$$

One of the most pronounced features of bubble collapse near a boundary is formation of a liquid jet within the bubble naturally (**Tomita, 1986**). It is well known that the water-hammer pressure induced by impacting liquid jet can be expressed as:-

$$p_{WH} = r_{\infty} C_{\infty} V_j \quad (8)$$

The expression for the kinetic energy of the entire body of liquid at time is:-

$$(K.E)_{liq} = \frac{r_{\infty}}{2} \int_R^{\infty} u^2 4\pi r_b^2 dr_b = 2\pi r_{\infty} U^2 R^3 \quad (9)$$

An expression for the time (t) required for a cavity to complete collapse from R_0 to R is represented by (Tomita, 1986):-

$$t = 0.91468 R_0 \sqrt{\frac{r_{\infty}}{P_{\infty}}} \quad (10)$$

The work done on the entire body of fluid as the cavity collapsing from R_0 to R is equal to:-

$$Work = \frac{4pP_{\infty}}{3} (R_0^3 - R^3) \quad (11)$$

If the fluid is inviscid as well as incompressible the work done appears as kinetic energy, but the cavity is filled with gas which is compressed isothermally. Then, the work done (Eq.11) is equal to the sum of kinetic energy (Eq.9), and the work of compression gas $4pP_{g0} R_0^3 \ln(R_0/R)$ where P_{g0} is initial pressure of the gas, for that:-

$$U^2 = \frac{2P_{\infty}}{3r_{\infty}} \left[\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right] - \frac{2p_{g0}}{r_{\infty}} \frac{R_0^3}{R^3} \ln \frac{R_0}{R} \quad (12)$$

The bubble impact pressure P_j due to sudden collapse as water hammer can be expressed as (Raabe, 1985):-

$$P_j = r_{\infty} C_{\infty} U \quad (13)$$

Cavitation erosion is sometimes assessed by counting the number of craters produced per unit surface area or per unit time (Sayama, 1998). The mathematical relation model for the dynamics of the cavitation erosion using a differential equation applied to forced oscillations with damaging is:-

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + 2a_s \frac{du}{dt} + b_s^2 u = 1 \quad (14)$$

By introducing the parameters $d = a_s / b_s$ and $t_i = b_s t$, the general solution of the above equation can be written as:-

$$u = af_0(d, t_i) + bf_1(d, t_i) \quad (15)$$

The functions $f_0(d, t_i)$ and $f_1(d, t_i)$ are determined for various parameters by using the following expressions:-

For $-1 < d < 1$; $d \neq 0$

$$f_0(d, t_i) = 1 - (\exp(-dt_i)) \left[\frac{d}{\bar{w}} \sin(\bar{w} t_i) + \cos(\bar{w} t_i) \right] \quad (16)$$

$$f_1(d, t_i) = 1 - \frac{2d}{t_i} (1 - \exp(-dt_i)) [\cos(\bar{w} t_i) + e \sin(\bar{w} t_i)] \quad (17)$$

Where \bar{w} and e are represents the following abbreviations:-

$$\bar{w} = (1 - d^2)^{1/2} \quad (18)$$



$$e = \frac{d^2 - 0.5}{d(1 - d^2)^{1/2}} \quad (19)$$

For $d > 1$

$$d_0 = d + (d^2 - 1)^{1/2} \quad (20)$$

$$f_0(d, t_i) = 1 - \frac{1}{d_0^2 - 1} \left[d_0^2 \exp\left(\frac{-t_i}{d_0}\right) - \exp(-d_0 t_i) \right] \quad (21)$$

$$f_1(d, t_i) = 1 - \frac{1}{t_i} \left[2d - \frac{1}{d_0(d_0^2 - 1)} \left(\exp(-d_0 t_i) - d^4 \exp\left(\frac{-t_i}{d_0}\right) \right) \right] \quad (22)$$

For $d = 0$

$$f_0(d, t_i) = 1 - \cos(t_i) \quad (23)$$

$$f_1(d, t_i) = 1 - \frac{\sin(t_i)}{t_i} \quad (24)$$

For $d = 1$

$$f_0(d, t_i) = 1 - (1 + t_i) \exp(-t_i) \quad (25)$$

$$f_1(d, t_i) = 1 - \frac{2(1 - \exp(t_i))}{t_i} + \exp(t_i) \quad (26)$$

The observed erosion rate expressed in terms of depth of penetration per unit time ($\frac{e}{t_i}$), can be related to the energy absorbed per unit time and area (**Roger, 1989**):-

$$I = \frac{e}{t_i} \quad (27)$$

RESULTS AND DISCUSSION

The cavitation behavior along the suction and pressure sides of the runner blade for different sections such as, the hub, mean, and the shroud is studied for different flow rates in the range of the data of Al-Mosul hydroelectric power plant. The available cavitation coefficients along the blade length at the shroud on suction and side pressure sides are presented in Figs. (2 to 4). For **Fig. (2)** the discharge 175 m³/sec, net head 42.3 m and suction head 4.22 m, for **Fig. (3)** the discharge 226 m³/sec, net head 66.4 m and suction head 1.75 m and for **Fig. (4)** the discharge 283.3 m³/sec, net head 77.2 m and suction head 0.32 m, it is found that the value of available cavitation at the shroud section of the blades decreases as the relative velocity of flow increases (pressure will be fall). The critical cavitation coefficients are calculated to find the optimum working conditions, these values are presented in **Fig. (4)**. The comparison between **Figs. (2 to 4)** and **Fig. (5)** shows that the cavitation starts to form at distance 82%, 88% and 90% from the leading edge. This fact was presented by (**Gordon, 1989**) who stated that the first evidence of cavitation in Francis unit usually appears on the underside of the blades, near the trailing edge. Also it is found that increasing the net head and decreasing the suction head, will increase the available cavitation coefficient from (-0.25) to (-0.09) while the critical cavitation coefficient which is nearly constant will give an optimum working conditions.

The shock wave radiated from collapsing bubbles is one of the main factors contributing to cavitation erosion. **Fig. (6)** shows that the acoustic energy emitted from the collapsed bubbles increases with the increase in the radius of the bubble. The duration of the bubble collapse which is shown in **Fig. (7)** is proportional to the radius of the bubble. **Figs. (8 and 9)** show that the impact pressure at specified radius has destruction action, treating the bubble impact pressure due to the sudden collapse as water hammer, after jet impact on a solid boundary, an impulsive pressure with a very short duration is produced.

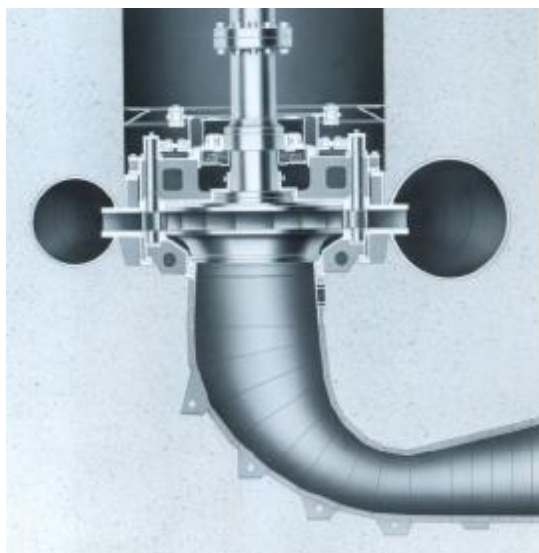
The average erosion rate presented in **Fig. (10)**, it is found that the erosion rate increases through the first year of exposer time, which is in agreement with the results obtained by (**Rao, 1984**) as shown in **Fig. (11)**. The erosion curve shown in **Fig. (11)** is divided into three stages: first an accumulation period, second a steady state period and third an attenuation period.

Fig. (12) shows a comparison between the experimental data obtained from Al-Mosul power plant due to maintenance period and the theoretical results for presented work for a material loss in the exposer time. A good agreement is found with a typical material loss curve varies with time (**Zhou, 1983**) as shown in **Fig. (13)** especially for the first two year. Material loss (S-shape) curve shown in **Fig. (13)** is characterized by an initial period of negligible or low damage rate, then a period of approximately constant maximum erosion rate and finally a period of decreasing or sometime oscillating rate.

Fig. (14) shows a relation between the exposer time of Al-Mosul power plant and the mean erosion depth of the runner surface. This curve shows that, for the first four year, the mean depth about 4 mm which is about 17% of the blade thickness at the trailing edge whose thickness is 24 mm.

CONCLUSIONS

- 1- The cavitation phenomena appears in the underside of Francis turbine runner blades and in the trailing edge due to the irregular blade shape which reduces pressure up to vapour pressure.
- 2- The best performance of Al-Mosul power plant requires the optimum working condition, depending on the data of Al-Mosul power plant as well as the optimum frequency of turbine repair. Therefore the operation hours should not exceed 24000.
- 3- The destruction action of collapsing bubbles is strongly depending on a bubble volume, and the acoustic energy increases with the increases in radius of the bubble.



(A)



(B)

Figure (1) Francis Turbine (A) part of casing and show the interior parts. (B) Runner [**Hydraulic Turbine, website**]

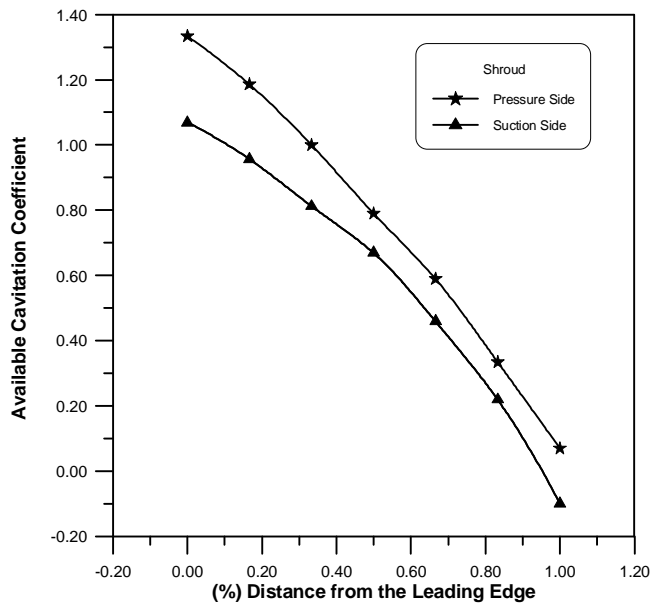


Figure (2) Variation of available cavitation coefficient along the blade length (H=42.3m)

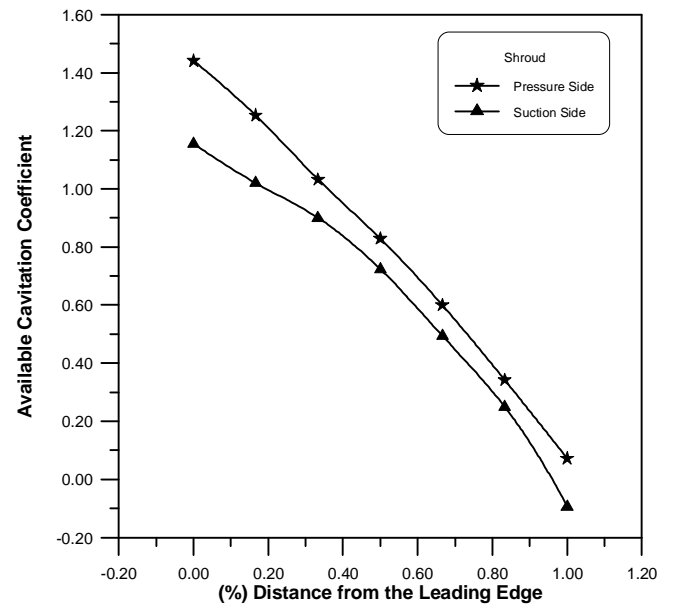


Figure (3) Variation of available cavitation coefficient along the blade length (H=66.4m)

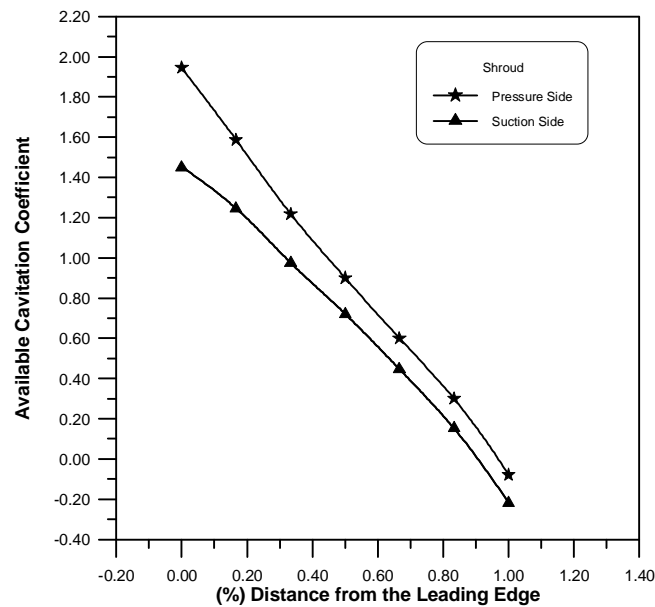


Figure (4) Variation of available cavitation coefficient along the blade length (H=77.2m)

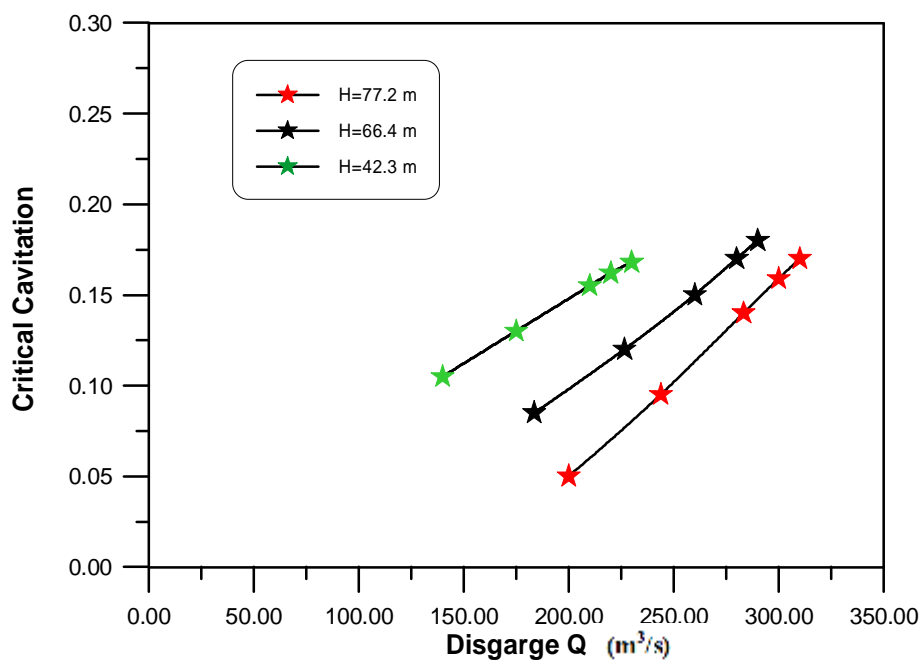


Figure (5) Samples of critical cavitation coefficient at different operation

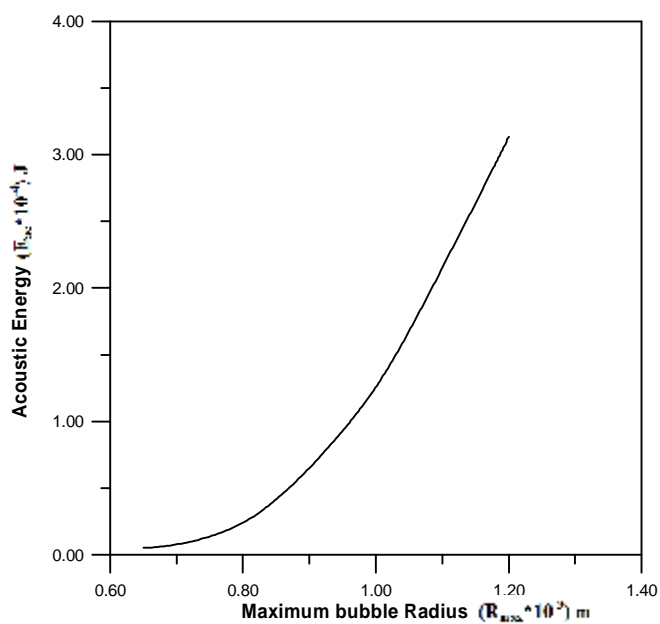


Figure (6) Acoustic energy versus maximum bubble radius

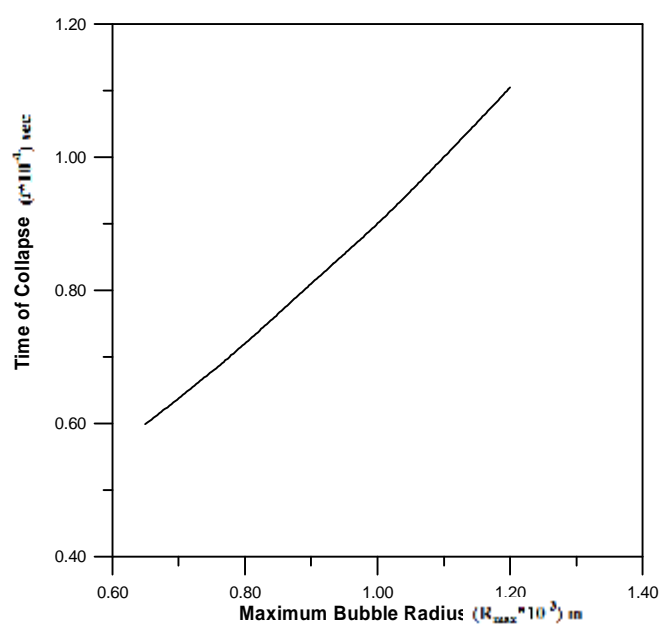


Figure (7) Time of collapse versus maximum bubble radius

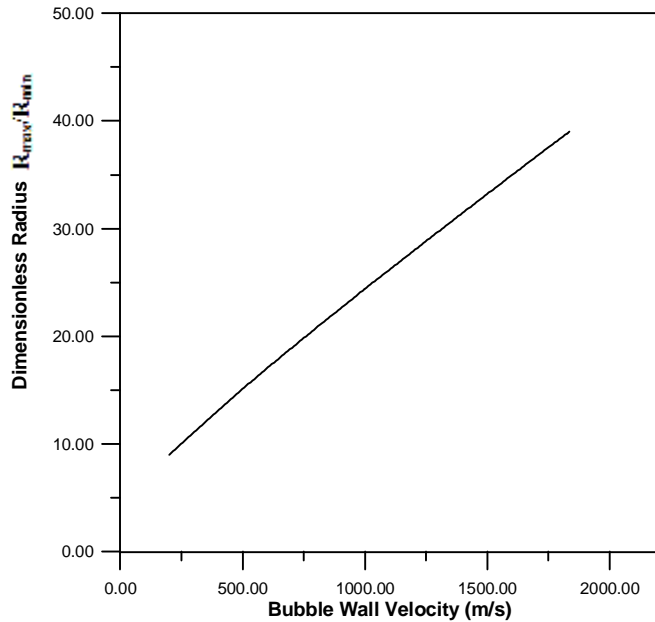


Figure (8) Dimensionless radius versus bubble wall velocity

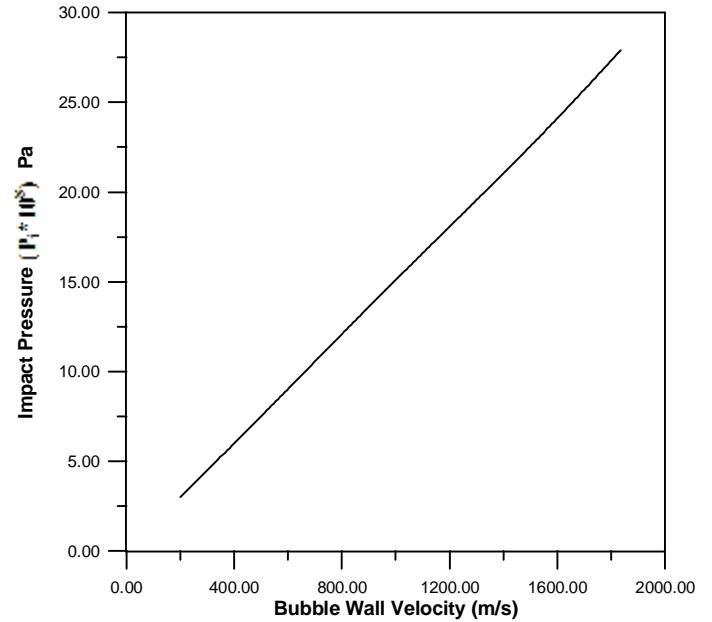


Figure (9) Impact pressure versus bubble wall velocity

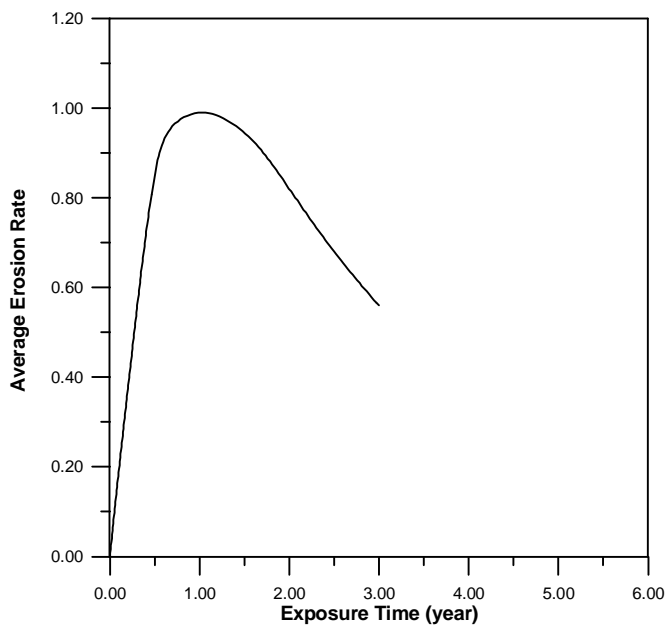


Figure (10) Average erosion rate versus Exposure time (Erosion Rate curve)

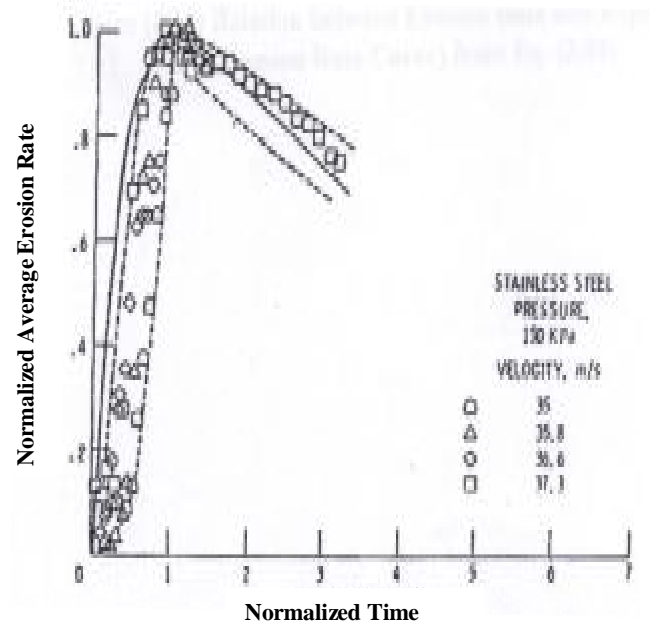


Figure (11) Normalized average erosion rate versus normalized time for stainless steel examined in a rotating disk device [Rao,1984]

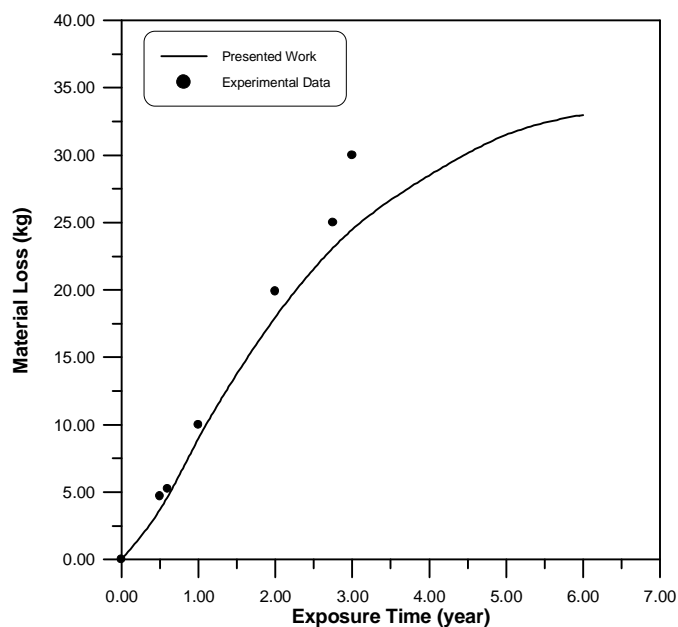


Figure (12) Material loss versus exposure time
(Material Loss curve)

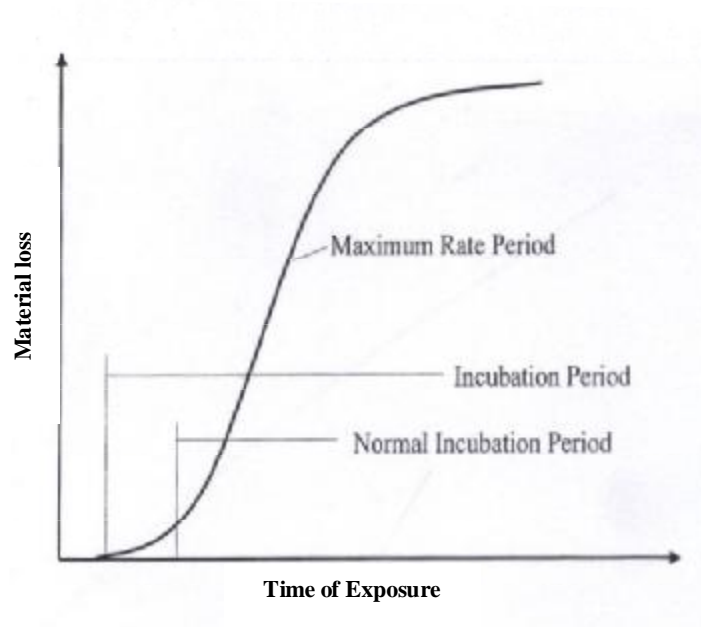


Figure (13) Typical cavitation or liquid impact
(S-Shape Erosion Curve) [Zhou, 1983]

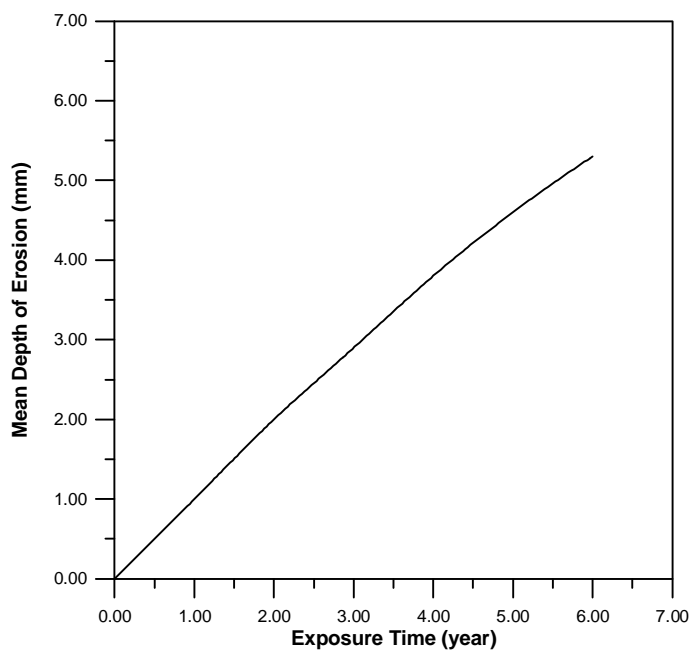


Figure (14) Mean depth of erosion versus exposure time
(Mean Erosion Depth curve)

REFERENCES

Caron J., Frahat M. & Avellan F., 2001 “Physical Investigation of the Cavitation Phenomenon”, Fourth International Symposium on Cavitation, California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA).

Army website: <http://chl.erdc.usace.army.mil/chl.aspx?P=s&a=ResearchArea;7>

Gordon J. L., August 1989 “Francis turbine Setting”, Water Power & Dam Contraction, Vol. 41, No. 4, PP. 24-26.

Hammitt F. G., 1980 “Cavitation and Multiphase Flow Phenomena”, McGraw-Hill.

Hydraulic Turbines: [http://www.energymanagertraining.Com/](http://www.energymanagertraining.Com/power_Plants/Hydraulic_turbine.htm) power _ Plants / Hydraulic_turbine.htm

Jagdish L., 1984 “Hydraulic Machines”, Metropolitan Book Co. Private Ltd.

Krivchenko G. I., 1986 “Hydraulic Machines Turbine and Pump”, Translated from Russian, Mir Publishers, Moscow.

Masatake M., Kazuyoshi M., Takanobu K. & Hidenobu F., November 2001 “Study of Cavitation Erosion on Hydraulic Turbine Runners”, Fifth International Symposium on Cavitation (CAV2003), Osaka, Japan.

Mikeal G. & Goran B., 2001 “Experimental Study of Cavitation in a Kaplan Turbine”, Fourth International Symposium on Cavitation, California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA).

Raabe J., 1985 “Hydro Power”, VDI-Verlag GmbH, Germany.

Rao P. V. & Donald H. B., 1984 “Predictive Capability of Long-Team Cavitation and Liquid Impingement Erosion Models”, Wear, Vol. 94, PP. 259-274.

Roger E. A., Richard L. V., Jams P.S., Rodrique P. & Antonio F., 1989 “Cavitation Erosion in hydroturbines”, Journal of hydraulic Engineering, Vol. 115, No.10.

Safaa M. H., 2006 “Comparative Studies on Corrosion Behavior of Ductile and Gray Cast Irons”, M.Sc. Thesis, Al-Rasheed College of Engineering and Science, University of Technology, Baghdad.

Soyama H., Lichtarowicz A., Momma T. & Williams E. J., 1998 “A New Calibration Method for Dynamically Loaded Transducers and its Application to Cavitation Impact Measurement”, Trans. ASME Journal of Fluids Engineering, Vol. 120, PP. 712-718.

Soyama H., Kumano H. & Saka M., 2001 “A New Parameter to Prediction Cavitation Erosion”, Fourth International Symposium on Cavitation, California Institute of Technology, Pasadena, CA (USA).

Tomita Y. & Shima A., 1986 “Mechanisms of Impulsive Pressure Generation and damage Pit Formation by bubble Collapse”, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 169, PP. 535-564.



Zhang Y. J. & Hammitt F. G., 1989 “Statistical Investigation of Bubble Collapse and Cavitation Erosion Effect”, Wear, Vol. 133, PP. 257-265.

Zhou Y. K., 1983 “Cavitation Erosion Incubation Period”, Wear, Vol. 86, PP. 299-313.

NOMENCLATURE

C_{∞}	Velocity of sound	m/s
E_{ac}	Acoustic energy	J
E_{pot}	Potential energy	J
G	Acceleration	m/s ²
H	Net head of turbine	m
H_s	Suction height (distance from the tailrace level to runner axis)	m
I	Erosion intensity	-
K_{V2}	Coefficient of absolute velocity at exit of runner	-
K_{W2}	Coefficient of relative velocity at exit of runner	-
P_{ac}	Minimum absolute pressure	Pa
P_{atm}	Atmospheric pressure	Pa
P_g	Gas pressure in the bubble	Pa
P_v	Vapour pressure	Pa
P_{WH}	Water hammer pressure	Pa
P_{∞}	Local pressure in flow field	Pa
R	Radius of bubble	m
R_0	Initial radius of bubble	m
R_{max}	Maximum radius of bubble	m
R_{min}	Minimum radius of bubble	m
r_b	Radius measured from center of bubble	m
S	Characteristics strength of the material	-
U	Bubble velocity	m/s
U	Peripheral velocity	m/s
V	Velocity at exit of turbine	m/s
V_2	Velocity at the outlet of the runner	m/s
V_5	Velocity at the outlet of the draft tube	m/s
V_j	Impact velocity of a liquid jet	m/s
λ	Depth of penetration per unit time	-
a_2 & a_5	Coriolis coefficient allowing for non-uniform velocity distribution	-
a_s	Internal friction coefficient of material during plastic deformation	-
b_s	Coefficient inversely proportional to material strength	-
g	Specific weight of water	N/m ³
l	Pressure number	-
z_{draft}	Draft tube losses coefficient	-
ρ_{∞}	Density	kg/m ³
s	Cavitation coefficient	-
s_{av}	Available cavitation coefficient	-
s_{cr}	Critical cavitation coefficient	-

J. M. Hassan	Prediction of Erosion Effect Due to Cavitation
L.W. Ismail	ON AL-Mosul Power Plant Turbine

t	Bubble collapse time	sec
u	Metal loss rate	1/sec



BEHAVIOUR OF CROSS - PLY LAMINATED HYBRID COMPOSITE PLATES WITH AN INCLINED CRACK SUBJECTED TO A UNIFORM TEMPERATURE RISE

Dr. Majid H. Faidh-Allah,

Dept. of Mech. Eng./ Baghdad University, August 2008

ABSTRACT

Thermal buckling analysis of symmetric and antisymmetric cross-ply laminated hybrid composite plates with an inclined crack subjected to a uniform temperature rise are presented in this paper. The first-order shear deformation theory in conjunction with variational energy method is employed in the mathematical formulation. The eight-node Lagrangian finite element technique is used for obtaining the thermal buckling temperatures of hybrid composite laminates. The effects of crack size and lay-up sequences on the thermal buckling temperatures for symmetric and a antisymmetric plates are investigated. The results are shown in graphical form for various boundary conditions. Finally , from this paper, the following main results have been found from which the buckling temperature is affected the larger crack length more than the small crack length, together with other result that the buckling temperature of the plate for every perforation angle is to increase while crack length is increasing .

KEYWORDS

hybrid composite plates, thermal buckling, finite element method.

الخلاصة

ان تحليل الانبعاج الحراري للصفائح الرقيقة الهجينة المصنعة من مواد مركبة ذات الطبقات المتماثلة وغير المتماثلة ذات الشق المائل والتي تخضع لإرتفاع منتظم لدرجات الحرارة تمت دراستها في هذا البحث . وقد تم استخدام نظرية تشوه القص ذات الرتبة الاولى المرتبطة نظرية الطاقة المتغيرة في الصياغة الرياضية لهذا البحث، كذلك تم استخدام تقنية العناصر المحددة بثمانية عقد للحصول على درجات حرارة الانبعاج الحراري للصفائح المركبة الهجينة. كما تم دراسة تأثيرات حجم الشق ومواقع تسلسل درجات حرارة الانبعاج الحراري للصفائح المتماثلة وغير المتماثلة. ان النتائج موضحة على شكل مخطط وبشروط حدية مختلفة وأخيراً ومن خلال البحث تم الحصول على اهم النتائج ومنها تأثير الانبعاج الحراري على طول الشق الكبير اكثر من الشق الصغير بالاضافة الى ان الانبعاج الحراري للصفحة لكل زاوية ناتجة يزداد مع زيادة طول الشق .

INTRODUCTION

Fiber reinforced structures are widely used in so many engineering applications. because of their low weight and high strength. Stability of these structures is important especially at elevated temperatures.

The thermal buckling analyses or orthotropic plates including a crack, were investigated by **Avci , A. and Sahin , O.S.,2005** Thermal buckling analysis of symmetric and antisymmetric cross-ply laminated hybrid composite plates with a hole subjected to a uniform temperature rise for different boundary conditions was studied by using finite elements method by **Avci , A. and Sahin , O.S.,2005**. In that paper the effects of hole size, lay-up sequences and boundary conditions on the thermal buckling temperatures were investigated. **Akbulut, H.**

and Sayman, O., 2001 were studied the buckling behavior of laminated composite plates with central square openings for various boundary conditions and stacking sequences by using finite element method.

The thermal buckling of isotropic and composite plates with a hole by using both closed form solution and finite elements method was investigated by Chang, J.S. and Shiao, F.J., 1990. Thermal buckling of antisymmetric cross-ply composite laminates was investigated by Mathew, T.C. and Rao, G.V., 1992. Abramovich investigated the thermal buckling behavior of cross-ply symmetric and nonsymmetrical laminated beams employing the first-order deformation theory. Murphy, K.D. and Ferreira, D., 2000. Studied theoretical and experimental approaches to obtain the buckling temperature and buckling mode for flat rectangular plates. Huang, N.N. and Tauchert, T.R., 1992. Studied the thermal buckling of clamped symmetric angle-ply laminated plates employing a Fourier series approach and the finite element method. Prabhu, M.R. and Dhanaraj, R., 1994 Thangaratnam, K.R. and Ramaohandran, J., 1989, also studied the thermal buckling of the laminates subjected to uniform temperature rise or non uniform temperature fields using the finite element approach.

An extensive overview of the general buckling problems of laminated composite plate was made by Liessa, A.W., 1987.

In that study, some complicated effects were investigated such as shear deformation, hydrothermal factors and post buckling behavior. The influence of temperature distribution on buckling modes has investigated by Bednarczyk, H. and Rihter, M., 1985. The thermally induced buckling of antisymmetric angle-ply laminated plates with Levy-type boundary conditions was investigated by Chen, L.W. and Liu, W.H., 1993. Thermal buckling behavior of composite laminated plates with transverse shear deformation was studied by Sun, L.X. and Hsu, T.R., 1990. Chockalingam, S., 1992. investigated the thermal buckling of antisymmetric cross-ply hybrid laminates by using finite element technique based on first-order shear deformation theory. Chen, W. and Liu, W.H., 1993. also studied thermal buckling of laminates subjected to uniform temperature rise or non uniform temperature fields using finite element approach. Local buckling of composite laminar plates was considered and the critical strains of laminated plates with various shaped local delamination and different stacking patterns are obtained by making use of the energy principle. by Wang, X. and Lu, G., 2003. Also non-linear thermal buckling for local delamination near the surface of laminated cylindrical shell problem was studied by Wang, X. and Lu, G., 2003.

The present paper aims to determine the buckling temperature and buckling mode shapes for hybrid composite laminates with different inclined crack by using the finite element method. The thermal buckling of symmetric and antisymmetric cross-ply laminates with cracks is investigated, based on the first-order deformation theory in conjunction with the variational energy method. The finite element approach is used for obtaining the thermal buckling temperatures for boron/epoxy-glass/epoxy hybrid laminates. The effects of crack length, crack inclination angle and lay-up sequences on the thermal buckling temperatures have been studied numerically. The buckling behavior of boron/epoxy-glass/epoxy hybrid composite plates was compared with E-glass/epoxy plates.

MATHEMATICAL FORMULATION

The laminated orthotropic construction of the plate is consisted of N layers. Each layer is of thickness t_k , so that $h = \sum_{k=1}^N t_k$ is the total thickness of the laminate.

The longitudinal and lateral dimensions of the laminate are a and b and subjected to uniform temperature difference ΔT between ambient and laminated plate as shown in Fig. 1. The linear stress-strain relation for each layer is expressed with x , y -axes and has the

form(Whitney,J.M.,1973) .

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}_k = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12} & \bar{Q}_{22} & \bar{Q}_{26} \\ \bar{Q}_{16} & \bar{Q}_{26} & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix}_k \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_{xy} \end{Bmatrix}_k - \begin{Bmatrix} \alpha_x \Delta T \\ \alpha_y \Delta T \\ \alpha_{xy} \Delta T \end{Bmatrix}_k$$

$$\begin{Bmatrix} \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{44} & \bar{Q}_{45} \\ \bar{Q}_{45} & \bar{Q}_{55} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

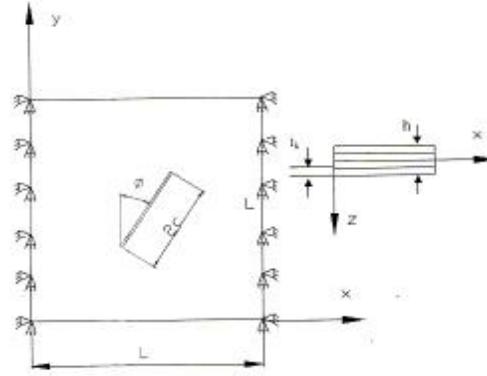


Fig. 1. Geometry of the problem and coordinates

where $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \tau_{yz}$ and τ_{xz} are the stress components, \bar{Q}_{ij} are transformed reduced stiffnesses, which can be expressed in terms of the orientation angle and the engineering constant of the material. ΔT is temperature difference, α_x , and α_y , are the coefficients of thermal expansion in directions of x and y-axes, respectively. α_{xy} is the apparent coefficient of thermal shear, such as(Jones, R.M.,1975)

$$\begin{aligned} \alpha_x &= \alpha_1 \cos^2 \theta + \alpha_2 \sin^2 \theta \\ \alpha_y &= \alpha_2 \cos^2 \theta + \alpha_1 \sin^2 \theta \\ \alpha_{xy} &= 2(\alpha_1 - \alpha_2) \sin \theta \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

α_1 and α_2 are the thermal expansion coefficients of the lamina along the longitudinal and transverse directions of fibers, respectively.

In this study first-order shear deformation theory is used. The displacements u, v and w can be written as follows:

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= u_0(x, y) + z \psi_x(x, y) \\ v(x, y, z) &= v_0(x, y) + z \psi_y(x, y) \\ w(x, y, z) &= w_0(x, y) \end{aligned} \quad (3)$$

where, u_0, v_0, w_0 are the displacements along to x, y, and z-axes. respectively, at any point of the middle surface, and, ψ_x, ψ_y are the bending rotations of normal to the mid plane about the x and y axes, respectively. The bending strains $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ and transverse shear strains $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$ at any point of the laminate are (Jones, R.M.,1975)

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial u_0}{\partial x} \\ \frac{\partial v_0}{\partial y} \\ \frac{\partial u_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial x} \end{bmatrix} + z \begin{bmatrix} \frac{\partial \psi_x}{\partial x} \\ \frac{\partial \psi_y}{\partial y} \\ \frac{\partial \psi_x}{\partial y} + \frac{\partial \psi_y}{\partial x} \end{bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial w}{\partial y} - \psi_y \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \psi_x \end{Bmatrix} \quad (4)$$

The resultant forces N_x , N_y and N_{xy} , moments M_x , M_y and M_{xy} and shearing forces Q_x , Q_y per unit length of the plate are given as

$$\begin{Bmatrix} N_x & M_x \\ N_y & M_y \\ N_{xy} & M_{xy} \end{Bmatrix} = \int_{-h/2}^{h/2} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} (1, z) dz$$

$$\begin{Bmatrix} Q_x \\ Q_y \end{Bmatrix} = \int_{-h/2}^{h/2} \begin{Bmatrix} \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{Bmatrix} dz \quad (5)$$

The total potential energy K of a laminated plate under thermal loading is equal to $K = U_b + U_s + V$ (6)

where U_b is the strain energy of bending, U_s is the strain energy of shear and V represents the potential energy of in-plane loadings due to temperature change

$$U_b = 1/2 \int_{-h/2}^{h/2} \left[\int_R (\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \tau_{xy} \gamma_{xy}) dA \right] dz$$

$$U_s = 1/2 \int_{-h/2}^{h/2} \left[\int_R (\tau_{xz} \gamma_{xz} + \tau_{yz} \gamma_{yz}) dA \right] dz$$

$$V = 1/2 \iint_R [\bar{N}_1 (\partial w / \partial x)^2 + \bar{N}_2 (\partial w / \partial y)^2 + 2 \bar{N}_{12} (\partial w / \partial x) (\partial w / \partial y)] dA - \int_{\partial R} (\bar{N}_n^b u_n^b + \bar{N}_s^b u_s^b) ds \quad (7)$$

Here $dA = dx dy$, R is the region of a plate excluding the crack. \bar{N}_n^b and \bar{N}_s^b are in-plane loads applied on the boundary ∂R . For the equilibrium, the potential energy K must be stationary. The equilibrium equations of the cross-ply laminated plate subjected to temperature change can be derived from the variational principle through use of stress-strain and strain-displacement relations. One may obtain these equations by using $\delta K = 0$.

Finite Element Formulation

In general, a closed form solution is difficult to obtain for buckling problems. Therefore numerical methods are usually used for obtaining an approximate solution. In order to study the buckling of the plate, an eight-node Lagrangian finite element analysis is applied in this study. The stiffness matrix of the plate is obtained by using the minimum potential energy principle. Bending stiffness $[K_b]$, shear stiffness $[K_s]$ and geometric stiffness $[K_g]$ matrices can be expressed as

$$[K_b] = \int_A [B_b]^T [D_b] [B_b] dA \quad (8)$$

$$[K_s] = \int_A [B_s]^T [D_s] [B_s] dA \quad (9)$$

and

$$[K_g] = \int_A [B_g]^T [D_g] [B_g] dA \quad (10)$$

Where

$$[D_b] = \begin{bmatrix} A_{ij} & B_{ij} \\ B_{ij} & D_{ij} \end{bmatrix} \quad [D_s] = \begin{bmatrix} K_1^2 A_{44} & 0 \\ 0 & K_2^2 A_{55} \end{bmatrix}$$

$$\text{and } [D_g] = \begin{bmatrix} \bar{N}_1 & \bar{N}_{12} \\ \bar{N}_{12} & \bar{N}_2 \end{bmatrix} \quad (11)$$



$$(A_{ij}, B_{ij}, D_{ij}) = \int_{-h/2}^{h/2} \bar{Q}_{ij}(1, z, z^2) dz \quad (i, j = 1, 2, 6) \quad (12)$$

$$(A_{44}, A_{55}) = \int_{-h/2}^{h/2} (\bar{Q}_{44}, \bar{Q}_{55}) dz \quad (13)$$

A_{44} and A_{55} are the shear correction factors for rectangular cross section are given by $K_1^2 = K_2^2 = 5/6$ (Whitney)

The total potential energy principle for the plate satisfies the assembly of the element equations.

The element stiffness and the geometric stiffness matrices are assembled. The corresponding eigenvalue problem can be solved using any standard Eigen value extraction procedures (Bathe, K.J., 1982)

$$[[K_\theta] - \lambda_b [K_{\theta g}]] \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{Bmatrix} = 0 \quad (14)$$

where

$$[K_\theta] = [K_b] + [K_s], \quad \text{and} \quad -\lambda_b [K_{\theta g}] = [K_g] \quad (15)$$

The product of λ_b and the initial guess value ΔT is the critical buckling temperature T_{cr} . that is

$$T_{cr} = \lambda_b \Delta T \quad (16)$$

NUMERICAL RESULTS AND DISCUSSION

There are many techniques to solve Eigen value problems. In this study the Newton Raphson method is applied to obtain numerical solutions of the problem. For thermal buckling due to a ΔT temperature change in the plate, the uniaxial or biaxial in-plane loads are developed along the rectangular edges, while the crack edges are free.

The E-glass/epoxy, and boron/epoxy are considered as components of hybrid plate and their thermo-elastic properties are given in Table 1. Here, E_1 and E_2 are elastic moduli in 1 and 2 directions, respectively. ν_{12} is Poisson's ratio and α_1 and α_2 , are thermal expansion coefficients of the materials used in the solution. The effect of α_{12} , is neglected.

Stacking sequence of hybrid composite plates have been taken both symmetric and antisymmetric. Stacking sequences have been represented below. Boron/epoxy and glass/epoxy layers are named B and G, respectively.

Table 1 Material properties

Material	E_1 (Gpa)	E_2 (Gpa)	E_{12} (Gpa)	ν_{12}	$\alpha_1(1/^\circ\text{C})$	$\alpha_2(1/^\circ\text{C})$
E-glass / epoxy	15	6	3	0.3	7.0×10^{-6}	2.30×10^{-5}
Boron/ epoxy	101	19	4.8	0.12	4.17×10^{-6}	1.91×10^{-5}

The sequence of 4 Layers symmetric lay up of glass/ epoxy-boron / epoxy is $0^\circ\text{G} / 90^\circ\text{B} / 90^\circ\text{B} / 0^\circ\text{G}$ The sequence of 4 Layers antisymmetric lay up of glass / epoxy-boron/epoxy is $0^\circ\text{G} / 90^\circ\text{B} / 0^\circ\text{G} / 90^\circ\text{B}$

Each layer has 0.25 mm thickness and the length of one edge of square plate is 100 mm. $2c/L$ ratio. represents the crack size to length of one side of composite plate and ϕ represents the crack inclination angle as shown in Fig. 1.

A wide range of boundary conditions can be accommodated, but only one kind of boundary conditions is chosen as defined below:

Two edges clamped and two edges are free

$$\text{At } x = -\frac{L}{2} \text{ and } \frac{L}{2} \quad u = w = \psi_y = \psi_x = 0$$

Fig. 2 shows the meshed plate. Four edges of plate have divided into ten parts disregarding the

crack size.

Buckling in this paper , ANSYS program version 9 has been used .Behavior of anti symmetrically stacked hybrid composite plate is shown in **Fig.3**. In this figure. T/T_0 ratio is used instead of buckling temperature and $2C/L$ ratio is used instead of crack length C . Here T_0 represents the buckling temperature of hybrid plate without crack. Thus graph is plotted by using dimensionless axes. It can be seen that when the crack inclination angle $\phi = 90^\circ$ and $\phi = 60^\circ$ T/T_0 ratio decreases while crack length increases. The case of $\phi = 30^\circ$ and $\phi = 0^\circ$ T/T_0 ratio increases while crack length increases. If inclination angle decreases, the buckling temperature or T/T_0 ratio decreases. For larger values of crack length, the difference between temperatures for different inclination angles increase. These results show that buckling temperature is effected by both crack length and inclination angle.

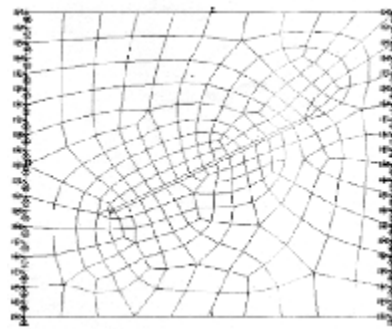


Fig.2.Typical mesh

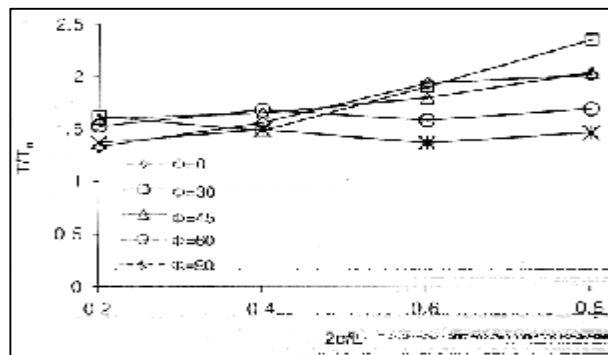


Fig.3.Effect of crack size and position on buckling temperature of antisymmetrically stacked hybrid composites plate.

The buckling behavior of symmetrically stacked hybrid plate is shown in **Fig. 4**.

Fig. 3 shows that, the buckling temperature is depending on crack length and crack inclination angle. But T/T_0 ratio in symmetrically stacked plate is greater than antisymmetrically stacked one for fixed crack length and inclination angle. This result shows that the buckling temperature and consequently the buckling resistance of symmetrically stacked hybrid plate is greater than that of antisymmetrically stacked hybrid plates.

The relationship between crack size and buckling temperature is shown in **Figs. 5 and 6**. Buckling temperature is plotted with respect to crack size for various inclination angles of antisymmetrically stacked E-Glass/epoxy plates in **Fig. 5**. The smallest T/T_0 ratios are obtained for crack inclination angle of $\phi = 90^\circ$. On the other hand, it is concluded that, the effect of cracks upon buckling temperature become clear as the crack length increases. Though this behavior is similar for all crack inclination angles, for small inclination angles, this behavior can be seen



clearly.

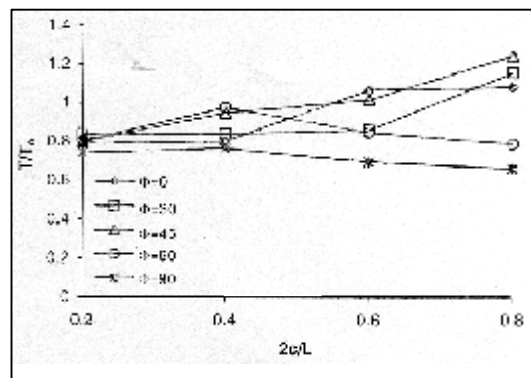


Fig.4. Effect of crack size and position on buckling temperatures of symmetrically stacked hybrid

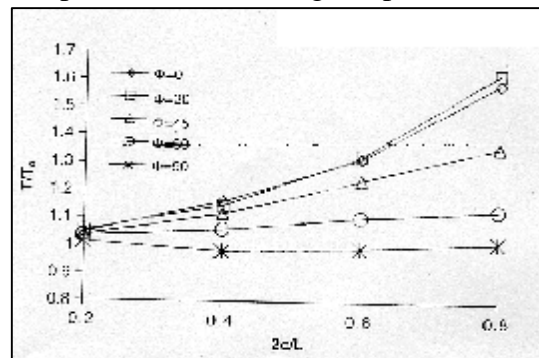


Fig.5. Variation of buckling temperatures of antisymmetrically stacked E-galss/epoxy plate.

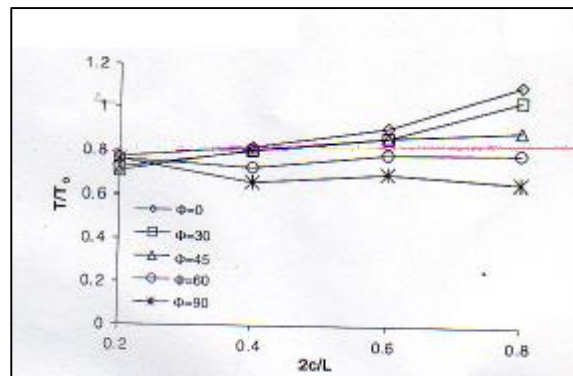


Fig.6. Variation of buckling temperatures of symmetrically stacked E-galss/epoxy plate

The first buckled mode shapes generated glass/epoxy cross-ply laminated plates with inclined crack are shown in **Figs. 7** and **8**. It is found that critical temperature for crack angle of 0° is $26,284^\circ\text{C}$. for crack angle of 60° is $20,851^\circ\text{C}$. for crack angle of 90° is $17,148^\circ\text{C}$ and critical temperature for plate without crack is $24,572^\circ\text{C}$, respectively. The mode shapes presented in **Figs. 7** and **8** show considerable skewing for the laminated plates

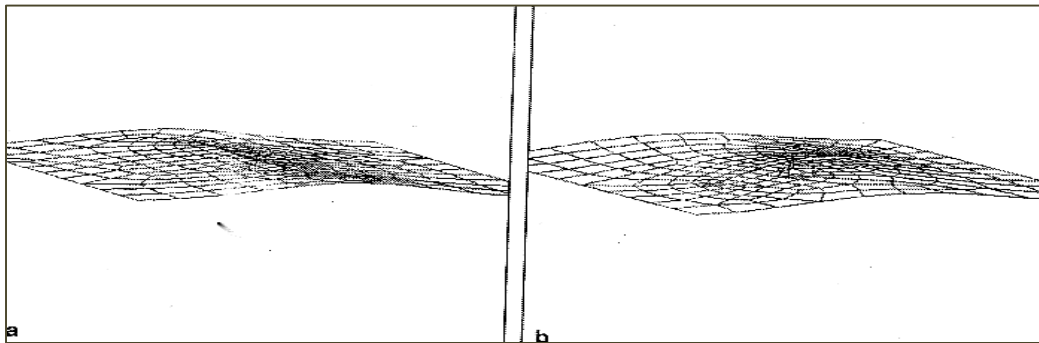


Fig.7. Buckled mode shape of hybrid plate with: (a) crack angle of 0° ; (b) crack angle of 60°

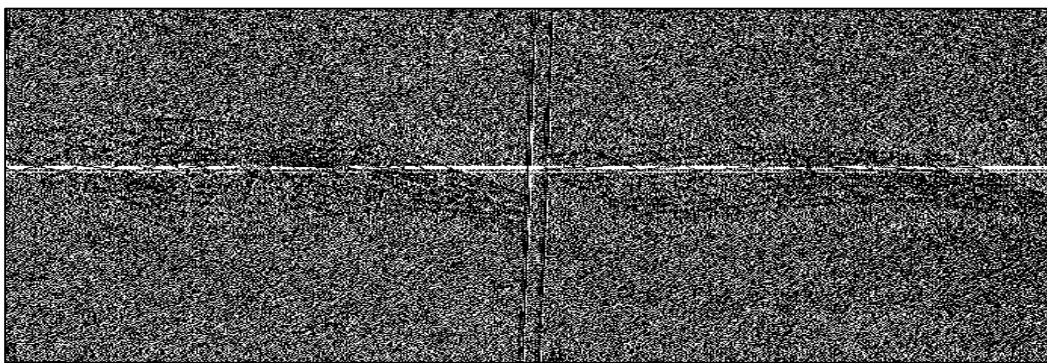


Fig.8. Buckled mode shape of hybrid plate: (a) with crack angle of 90° ; (b) without crack

CONCLUSIONS

Following are the main summarized conclusions drawn from this paper are considered:

1. Thermal buckling behaviours of cross-ply laminated hybrid plates with inclined crack have been examined by employing the first-order shear deformation theory and finite element technique. Both symmetric and antisymmetric lay-up sequence are considered.
2. Because of absence of bending-extension coupling, symmetric cross-ply E-glass/epoxy laminates does not yield the highest buckling resistance as expected. Effect of crack upon thermal buckling is minimum while crack inclination angle is 90° .
3. As the crack length increases, this effect becomes clear. Effect of cracks upon thermal buckling for hybrid laminated composite plate and E-glass/epoxy laminates are different.
4. Effect of crack upon thermal buckling for antisymmetrically stacked hybrid laminates is negative while cracks cause positive effect on symmetrically stacked hybrid plates and effect of cracks upon thermal buckling for antisymmetrically stacked E-glass/epoxy laminates is positive while cracks cause negative effect on symmetrically stacked E-glass/epoxy plates.
5. The buckling temperature is affected the larger crack length more than the small crack length as shown in Figs. 3-6. For small crack length the high temperature or high thermal stresses can be supported by the imperforated section of the plate. This result can be seen for every perforation angles in Figs. 3-6. T/T_0 rates converge the "1" for small perforations at all plates.
6. Another result is that buckling temperature of the plate for every perforation angle is to increase while crack length is increasing. This result is expected. Because the higher temperature needs for reaching the same stress level for buckling when the perforation is



bigger. If the crack length is great, that means that stressed cross section is fewer so this cross section must be heated much more than when the imperforated section is higher.

REFERENCES

- Abramovich H. Thermal buckling of cross-ply laminates using a first order deformation theory. *Comp Struct* 1994;28:201-I3.
- Akbulut H. Sayman O. An investigation on buckling of laminated plates with central square hole, *JRPC* 2001;20:1112- 24.
- Avci A. Sahin OS, Uyaner M. Thermal buckling of hybrid laminated composite plates with a hole. *J Compos Struct* 2005;68:247- 54.
- Bathe K.J. Finite element procedures in engineering analysis. Engle-wood Cliffs (NJ)Prentice-Hall, Inc.; 1982.
- Bednarczyk H. Righter M. Buckling of plated due to self-equilibrated thermal stresses. *J Therm Stress* 1985;8:139 -52.
- Chandrashickhara MR. Buckling of multilayered composite plates under uniform temperature field. In: Birman V, Hui D. Thermal effects on structures and materials. ASME Pub., vol. 203. AMD, vol. 110; 1990. p. 29 -33.
- Chang JS, Shiao FJ. Thermal buckling analysis of isotropic and composite plates with hole. *J Therm Stress* 1990;13:315-32.
- Chen L.W, Lin PD. Chen LY. Thermal buckling behavior of thick composite laminated plates under non-uniform temperature distribution. *Comp Struct* 1991;41:637-45.
- Chen LW, Lin PD. Chen LY. Thermal buckling behavior of thick composite laminated plates under non-uniform temperature distribution. *Comp Struct* 1991;41:637-45.
- Chen LW. Lin PD. Chen LY. Thermal buckling behavior of thick composite laminated plates under non-uniform temperature distribution. *Comp Struct* 1991;41:637- 45.
- Chen W. Liu WH. Thermal buckling of antisymmetric angle-ply laminated plates-an analytical levy-type solution. *J Therm Stresses* 1993;16:401 -19.
- Chockalingam: S. Mathew TC. Singh G. Rao GV. Critical temperatures of hybrid laminates using finite elements. *Comp Struct* 1992;43(5):995- 8.
- Huang NN. Tauchert TR. Thermal buckling of clamped symmetric laminated plates. *GThin-Walled Struct* 1992;13:259-73.
- Jones RM. Mechanics of composite materials. Tokyo: McGraw-Hill Kogagusha Ltd.: 1975.
- Liessa AW. A review of laminated composite plate buckling. *Appl Mech Rec* 1987;40:575-91.

- Lin CH. Kuo CS. Buckling of laminated plates with holes. J Compos Mater 1989;23:536- 53.
- Mathew TC, Singh G, Rao GV. Thermal buckling of cross-ply composite laminates. Comp Struct 1992;42(2):281-7.
- Murphy K D, Ferreira D. Thermal buckling of rectangular plates. Int J Solids Struct 2000;38:3979-94.
- Prabhu MR. Dhanaraj R. Thermal buckling of laminated composite plates. Comp Struct 1994;1193-204.
- Sahin OS. Avcı A. Kaya S. Thermal buckling of orthotropic plates with angle crack. J Reinf Plast Compos 2004;23(16): 1707- 16.
- Sun LX. Hsu TR. Thermal buckling of laminated composite plates with transverse shear deformation. Comp Struct 1990;36(5): 883-9.
- Thangaratnam KR, Ramachandran J. Thermal buckling of composite laminated plates. Comp Struct 1989;32:1117-24.
- Thangaratnam KR. Ramachandran J. Thermal buckling of composite laminated plates. Comp Struct 1989;32:1117 -24.
- Wang X, LU G, Xiao DG. Non-linear thermal buckling for local delamination near the surface of laminated cylindrical shell. Int J Mech Sci 2002;44:947-65.
- Wang X, Lu G. Local buckling of composite laminar plates with various delaminated shapes. Thin-Walled Struct 2003;41:493-506.
- Whitney JM. Shear correction factors for orthotropic laminates under static load. J Appl Mech 1973 (march):302-4.



“ THE HARMONIC CURRENTS GENERATED BY 6-PULSE , AC|DC CONVERTER WITH THE USE OF AC VOLTAGE REGULATOR “

By

Mr. Mohammed Abdulla Abdulsada ,

Prof. Dr. Ali A. Al-killidar & Dr. Ziad Al-Azawi

Electrical Engineering Dept.

Electrical Engineering Dept.

Faculty of Engineering \ Tobruk

College of Engineering

Omar Al-Mukhtar University

University of Baghdad

ABSTRACT

In this paper , a theoretical and experimental analysis of harmonic currents generated by 6-pulse , ac|dc converter with the use of ac voltage regulator is presented. The theoretical analysis is simulated using Fourier series analysis and Fast Fourier Transform (FFT) algorithm . The simulated analysis is validated with experimental results from 3-phase , 6-pulse , bridge converter rated at 4.2 Kw and connected to the 400 V , 50 Hz , ac power supply through a 3-phase , ac voltage regulator . The influence of dc load inductance on the ac harmonic current amplitudes is also evaluated.

الخلاصة

في هذا البحث ، تم القيام بالتحليل النظري و العملي للتيارات التوافقية الناتجة من اشتغال مجهز قدرة مستمر ، ثلاثي الطور ، ذو ست نبضات و باستعمال منظم فولتية في الطرف المتناوب .

استخدمت طريقتان للتحليل النظري و هما : تحليل سلسلة فوريير (Fourier series analysis) و تحويل فوريير السريع (Fast Fourier Transform) . تم إثبات النتائج النظرية عن طريق ربط مجهز قدرة مستمر ذو قدرة 4.2 كيلو واط و تمت مقارنة النتائج النظرية مع النتائج العملية . و أخيرا ، تم أيضا دراسة و قياس تأثير الخامد الحثي في الطرف المستمر على قيم التيارات التوافقية الناتجة في الطرف المتناوب.

KEYWORDS

Ac voltage regulator, ac\dc converter, harmonic currents, Fourier series , Fast Fourier Transform , experimental results.

INTRODUCTION

In the last 20 years, the static power converters are widely used in the industry for a variety of purposes such as, dc power supplies, adjustable speed drivers, uninterruptible power supplies, and high power induction heating equipment [J. Arrillaga et al,1997]. These converters draw nonsinusoidal (distorted) current from the main supply and act as a source of harmonics. Harmonics can be defined as “a sinusoidal component of a periodic wave or quantity having a frequency that is an integral multiple of the fundamental frequency”[IEEE standard 519 , 1993] .The harmonics for a 6-pulse converter, 50 Hz fundamental frequency are the fifth (250 Hz), the seventh (350 Hz), the eleventh (550 Hz)...etc. The main sources of harmonics are rectifiers and arc furnaces. The power system problems, such as excessive losses and heating in motors and transformers, resonance, solid-state device malfunctions, metering and instruments error, and communication interference can be the direct result of the harmonics [J. S. Subjak et al ,1990 ; R. D. Henderson et al , 1994].Designers of industrial electrical plants are often requested to face the problem of elimination of harmonic currents injected by AC/DC converters. AC filters are a common solution for reduction of harmonic currents, but their design requires estimated of the harmonic currents injected in the ac supply system by converters. Estimation of harmonic currents are used to quantify the distortion in voltage and current waveforms and to determine whether resonant condition exist and how they might be reduced [Task Force , 1996].

This paper deals with the study of 3-phase , 6-pulse , AC\DC converter with the use of ac voltage regulator as a source of harmonics currents . The harmonic currents are analyzed theoretically and experimentally, and the effect of dc load inductance on their amplitudes is also evaluated.

HARMONICS PRODUCED BY AC\DC CONVERTERS

The supply line current drawn by a 6-pulse , AC\DC converter , (assuming resistive load and delta\star transformer), is shown in **Fig.1**. The Fourier series analysis of such waveform can shown to be :

$$I_A(wt) = \frac{5.739 \cdot I_{d.m}}{p.T} [\sin(wt) + 0.2263 \sin(5wt) - 0.1131 \sin(7wt) + 0.0909 \sin(11wt) - 0.065 \sin(13wt) + 0.0567 \sin(17wt) - 0.0454 \sin(19wt) - \dots] \quad (1)$$

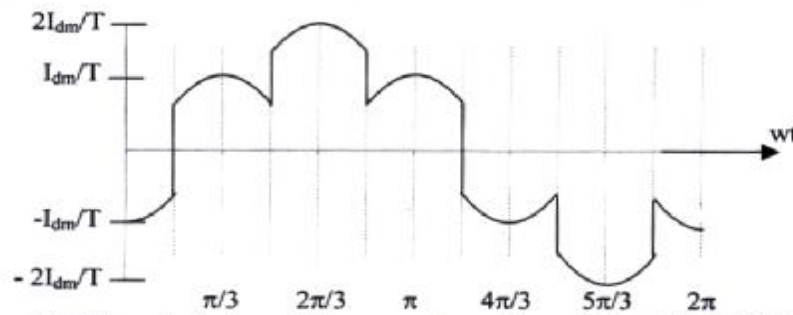


Fig.1 Supply line current waveform of 6-pulse ac\dc converter.

Therefore, the supply line current doesn't contain the even and triple harmonics and only contains a harmonic of order:

$$h = 6k \quad m1 \quad (2)$$

In general, a converter of pulse number (q) generates ac current harmonics of order:

$$h = qk \quad m1 \quad (3)$$

The harmonics produced by a 6-pulse, AC\DC converter will be the 5'th, 7'th, 11'th, 13'th, 17'th, 19'th, ... etc. For a 12-pulse converter the harmonics will be of order 11'th, 13'th, 23'th, 25'th, ...etc. In practice, due to unbalance in the 3-phase supply voltages and firing circuits, some of small triple uncharacteristic harmonics of order ($h=q.k-3$) are appears in the system.

MODELING AND ANALYSIS OF AC\DC CONVERTER

3-phase, 6-pulse, AC\DC converters are considered the most important and practical in power electronics universe. Connecting a diode rectifier to an ac voltage regulator, through a transformer to a low voltage network (i.e. 0.4 Kv) as shown in **Fig.2**, is recommended to supply high dc current, low dc voltage (with dc power up to 150 Kw) [Mohammed A. Abdulsada, 1999; V. Subrahmanyam, 1997]. This allow the thyristors to control the lower primary current, which results in simpler more economical power circuit.

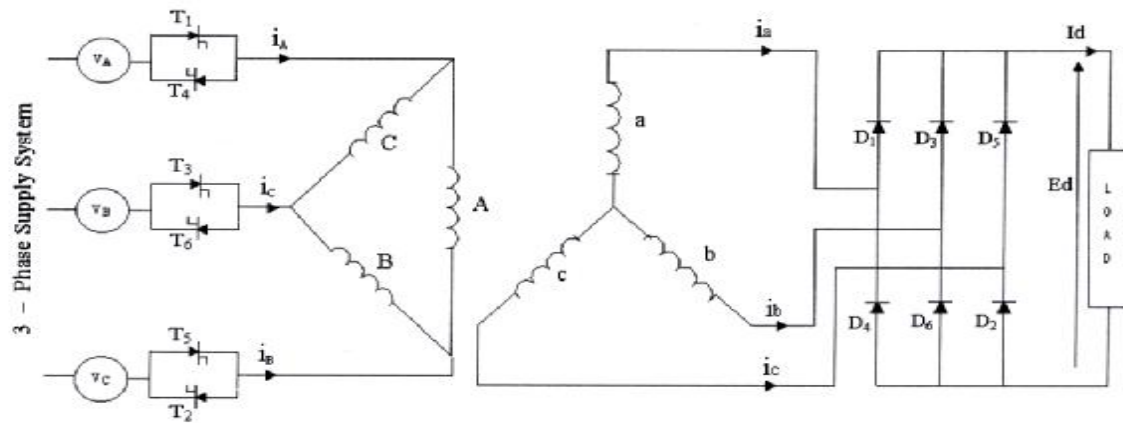


Fig.2 Circuit configuration of ac voltage regulator with 3-phase bridge rectifier.

To facilitate the analysis and operation of AC\DC converter model , the following assumptions can be made [J. Arrillaga , et al , 1997]:

- The three-phase supply voltage are balanced and of sinusoidal waveforms.
- The thyristors are fired at equal time intervals, that is, at a constant delay angle.
- The supply leakage inductance is neglected.
- The load is assumed to be pure resistive and the effect of inductive load is considered in section (VI).

The operation of this model of AC\DC converter is depends on the firing angle values[G. K. Dubey, 1996]. On varying the firing angle α from 0° to 30° as measured from zero transit of the phase voltage , there is no control on the thyristors conduction . The thyristors start to be controlled fully after $\omega t = \frac{\pi}{6}$ of the transit of the phase voltage. During this period , the transformer is subjected to balance 3-phase supply voltages. At any instance of time, two diodes conduct one in the positive half and the other in the negative one. **Fig.3** shows the waveforms of dc output voltage and supply (primary) line current $i_A(\omega t)$ for this range of firing angle .

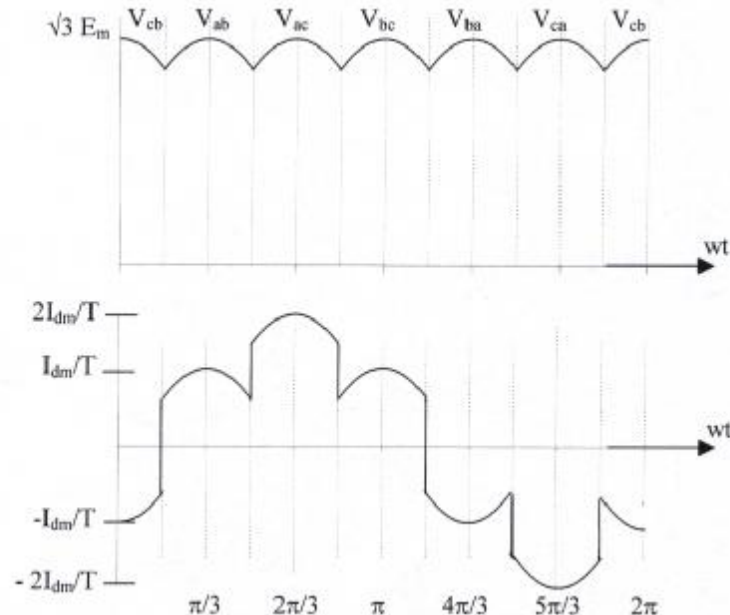


Fig.3 Output dc voltage and supply line current for uncontrolled region ,

$$a \leq 30^\circ$$

For the range of α , $30^\circ \leq a \leq 60^\circ$, there are certain periods when three thyristors conduct and another when two thyristors conduct simultaneously. The relative duration of these periods depend on the value of α . When T_1 fired at α , T_5 & T_6 conduct along with it and the transformer is subjected to balance 3-phase supply voltages. At $wt = \frac{p}{3}$, T_5 is switched off as its phase voltage (V_c) or current reaches zero, but T_1 and T_6 continue to conduct , the transformer operates on single phase supply and this occurs in the range $\frac{p}{3} \leq wt \leq a + \frac{p}{3}$. During this period the voltage across phase C of delta connecting winding is equal to the line voltage V_{AC} whilst that across each of two other phases is equal to $(1/\sqrt{2}) V_{AC}$. At $wt = a + \frac{p}{3}$, T_2 is fired and the transformer reverts to 3-phase operation with T_1 , T_6 & T_2 conducting till $wt = 2\frac{p}{3}$ when T_6 stops conduction as its current becomes zero. In the range $\frac{2p}{3} \leq wt \leq a + \frac{2p}{3}$ T_1 and T_2 conduct making the transformer operates on single phase supply again . At $wt = a + \frac{2p}{3}$, T_3 gets positive voltage and start conduction with a firing pulse and the transformer reverts to 3-phase operation with T_1 , T_2 and T_3 this continues till $wt = p$ where T_1 stops conduction. The next negative half cycle begins from $wt = a + p$ and the sequence of alternative two-thyristors and three-thyristors conduction is repeated for the rest of the cycle, for example; T_2 , T_3 and T_4 conducting for the range

$a + p \leq \omega t \leq \frac{4p}{3}$, T_3 and T_4 conducting the range $\frac{4p}{3} \leq \omega t \leq a + \frac{4p}{3}$, and so on. **Fig.4.a** illustrates the waveforms of the line-to-line voltages (heavy line) supplied to the transformer for firing angle 45° . It may be noted that the period during which three-thyristors conduct simultaneously decrease as the firing angle is retarded and when the firing angle is 60° or more three-thyristors simultaneous conduction ceases.

Fig.4.b and Fig.4.c show the waveforms for firing angles of 60° and 90° . In this case, when T_1 is fired at α , T_5 is turned off simultaneously and T_1 and T_6 start conducting. When T_2 is fired at $\frac{p}{3}$ later, T_6 is turn off and the current flow through T_1 and T_2 . At $\omega t = a + \frac{2p}{3}$, T_3 is fired but T_1 stops conduction, therefore T_2 and T_3 conduct. The sequence of alternate two-thyristors conduction is repeated during each $\frac{p}{3}$ period. This operation of the circuit extends over the firing angle range from 60° to 90° .

For the range of firing angle greater than 90° , discontinuous conduction occurs. **Fig.4.d** shows the waveforms corresponding to a firing angle 120° . At instant of α , firing pulses are applied to T_1 and T_6 , thereby initiating a flow of current through the supply lines A and C. At $\omega t = a + \frac{p}{3}$, T_1 is fired once again with T_2 . Similar operation is repeated in the other two phases during the rest of the cycle. This mode of operation describes the operation of firing angles from 90° to 150° or more, no current will be delivered to the transformer because each time two thyristors are firing and they block the reverse voltages. Thus, complete control of voltage is obtained within a firing angle range 0° to 150° .

If the transformer has a T turns ratio, then the voltage waveforms shown in **Fig.4** will be transformed to the secondary side divided by T, it may be noted that the dc output voltage is not affected by varying the control angle from zero to 30° ; it changes at firing angle greater than 30° . **Fig.5** shows the waveforms dc output voltage for different firing angles.

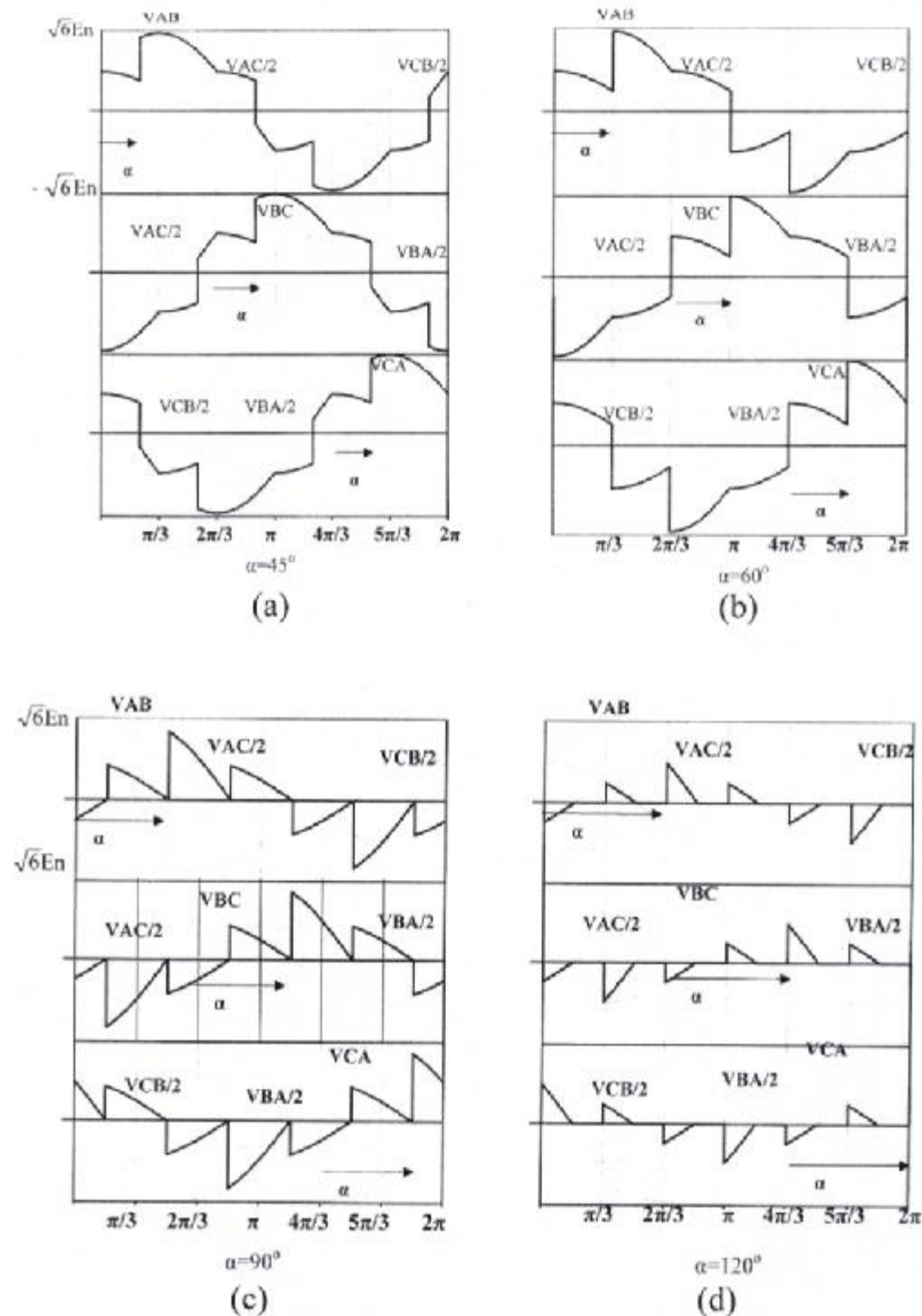


Fig.4 Primary line voltage for different firing angles.

Both the load current and the secondary line current are made up of parts of sinusoids. The supply line current (I_A), Which equal to the difference of appropriate of two delta currents , and the secondary line currents waveforms are shown in **Fig.6** for different firing angles.

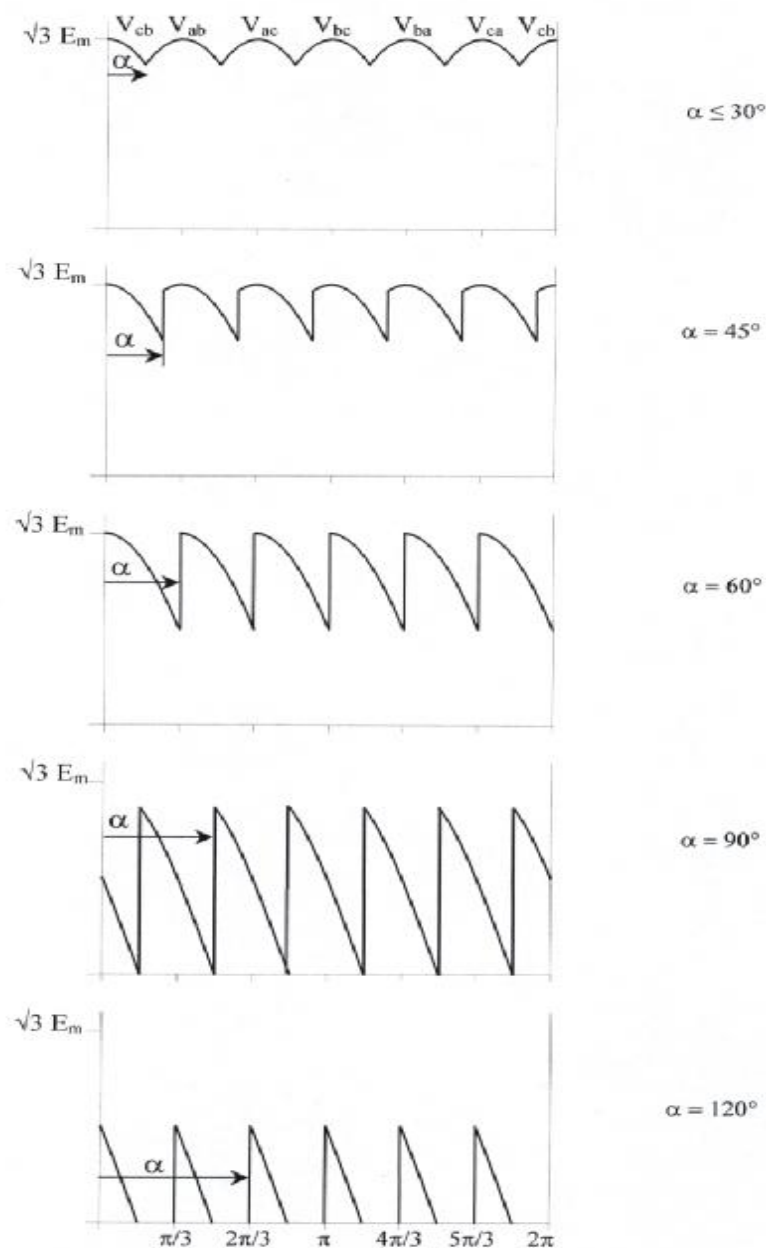


Fig.5 Instantaneous output dc voltage for different firing angles.

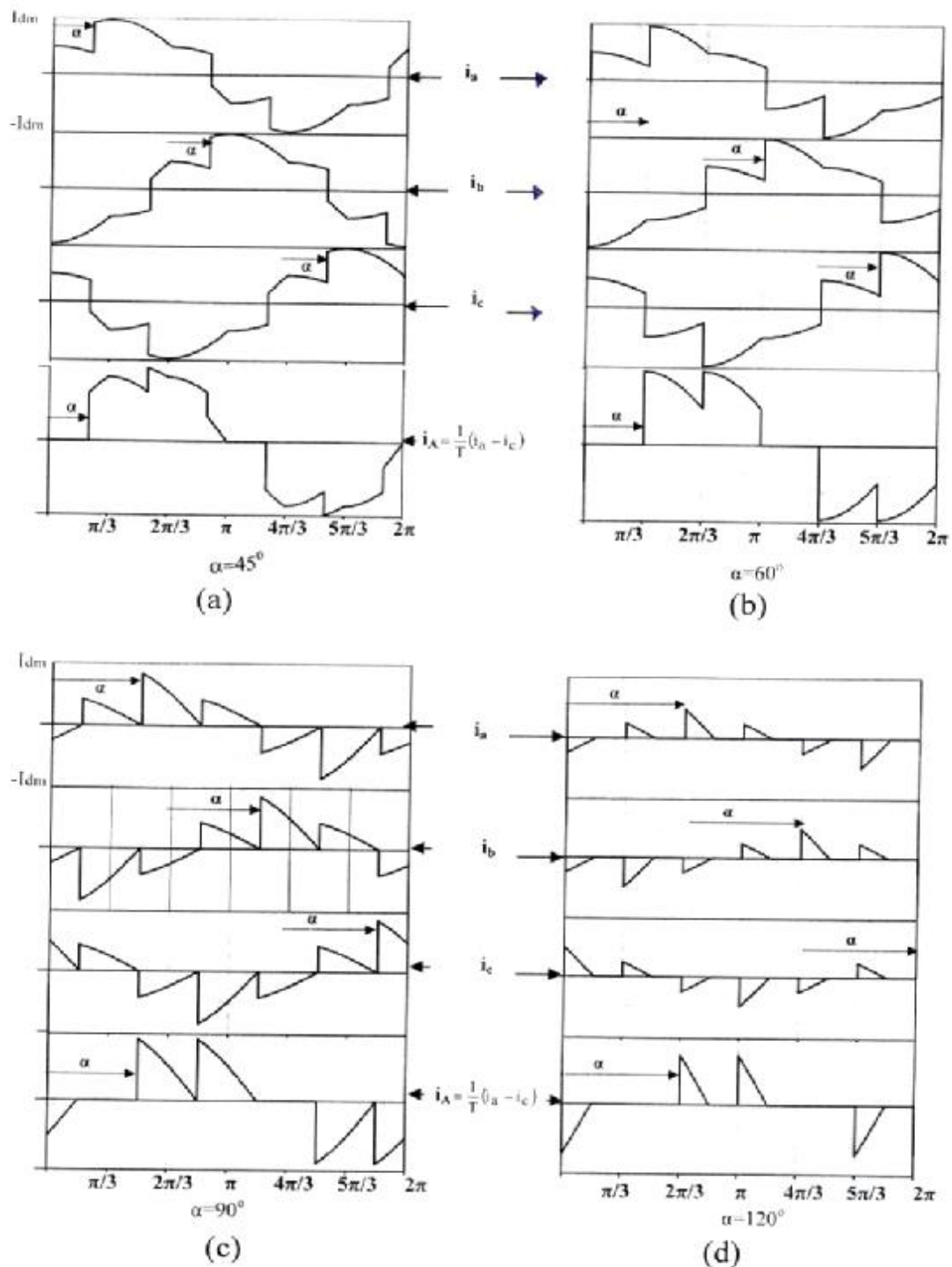


Fig.6 Secondary and supply line currents for different firing angles.

SIMULATION AND EXPERIMENTAL RESULTS

The harmonic current magnitudes are evaluated using two methods; Fourier series (FS) decomposition and Fast Fourier Transform (FFT).The FFT method described the current waveform in the time domain and can easily be performed via computer software to arrive at the constituent harmonics. The MatLap software is used to compute the FFT of the supply line current and the complete data vector input takes exactly one period to sample. The sampling rate is taken to be 180 sample per complete period (i. e. 180 sample\ 20 msec.) [Mohammed A. Abdulsada , 1999].

A 3-phase , 6-pulse , 4.2 Kw is assembled and connected to 0.4 Kv power supply through a 3-phase , ac voltage regulator. A 5 KVA , delta\star transformer of 19 turns ratio (step down) is used and the load is a pure resistive of 0.15Ω . **Fig.7** shows the experimental waveform of the dc output voltage for different firing angle

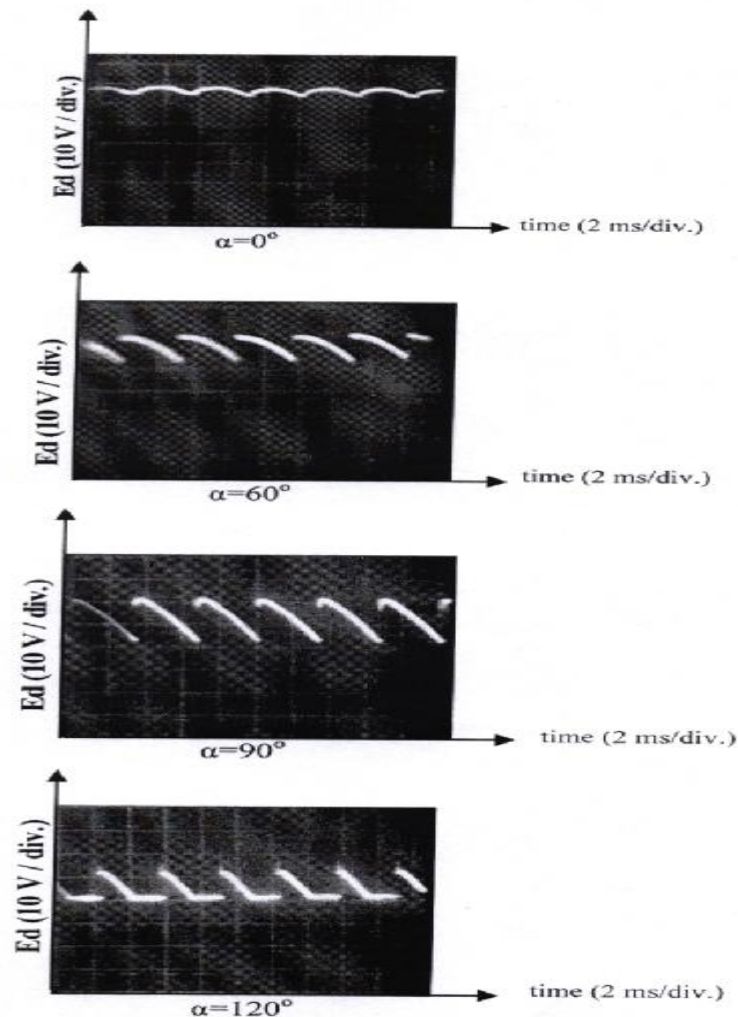


Fig.7 Experimental waveforms of output dc voltages.

Fig.8 shows the experimental waveform of the supply line current and the corresponding frequency spectrum .A comparison of the supply line current harmonics computed by the two simulation methods (FS and FFT) and the experimental results is shown in **Fig.9** . The harmonics computed theoretically by the two methods are seen to be very close to each other (approximately equal). There is of slight difference between the theoretical and experimental results of the supply line current harmonics because the theoretical results of the AC\DC converter are never fulfilled exactly in the practice.

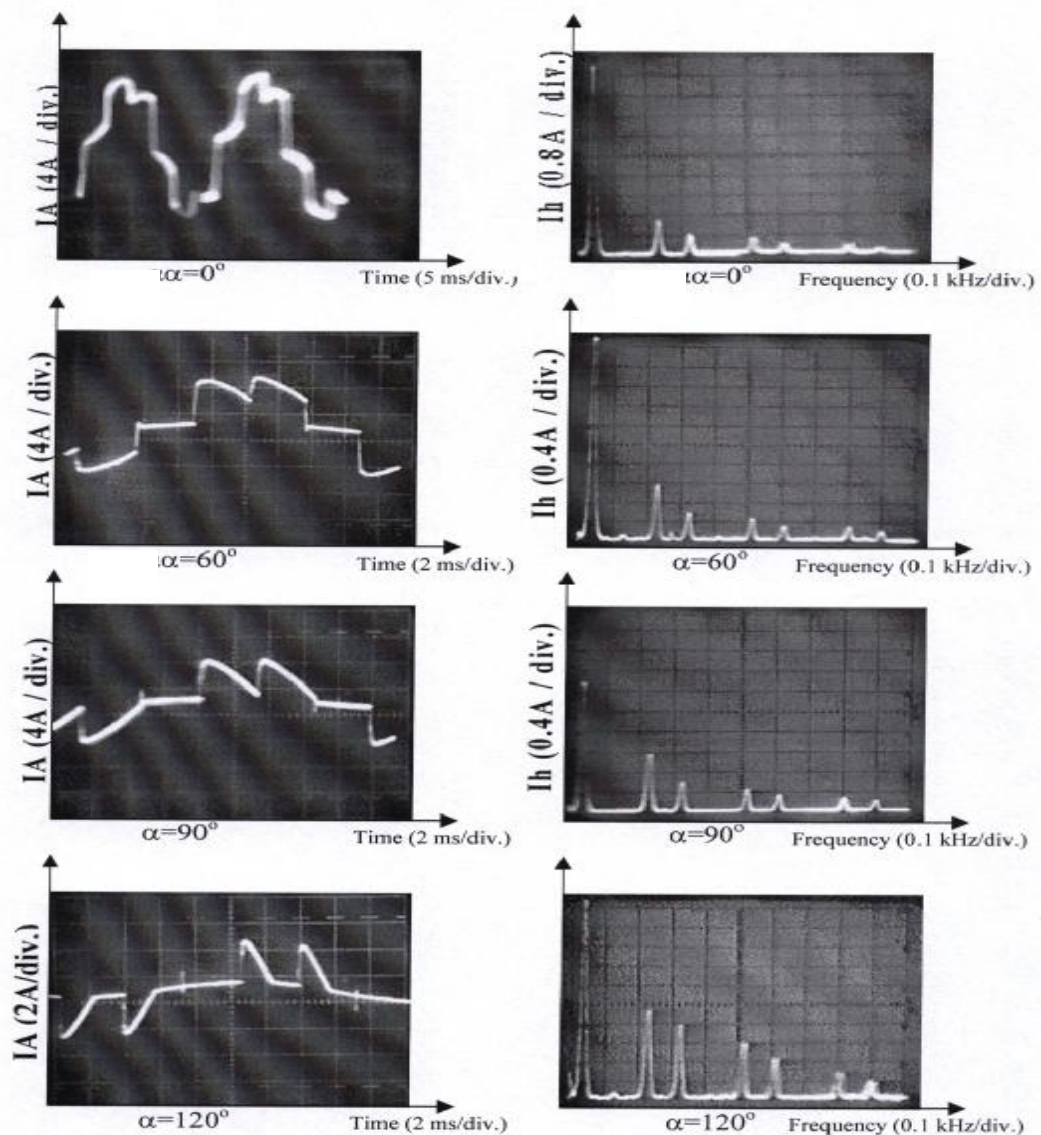


Fig.8 Experimental waveforms of the supply line current and corresponding frequency spectrum.

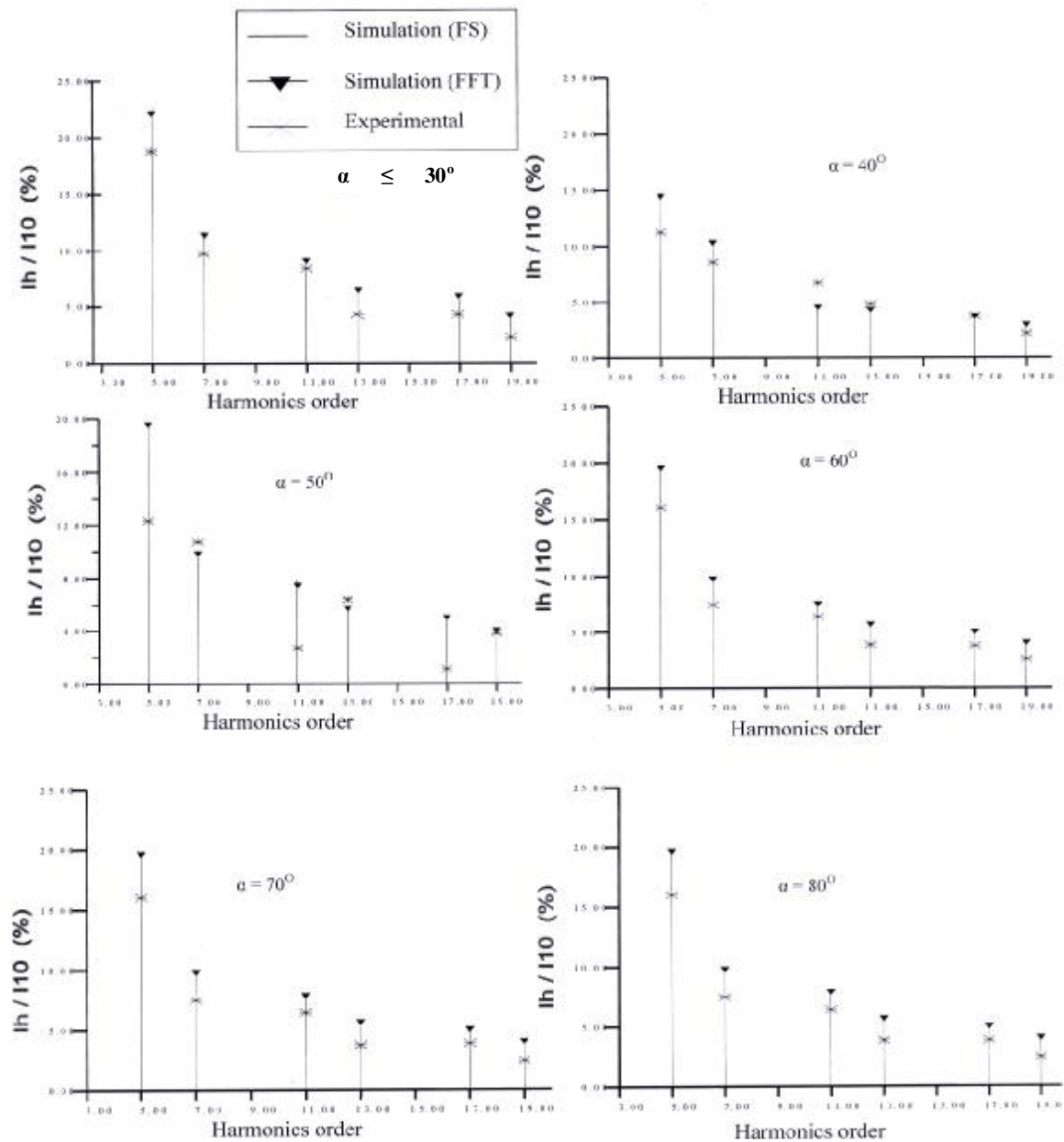


Fig. 9 Simulation and experimental results of supply line current harmonics amplitude as a percentage of fundamental (I_h / I_{10}).

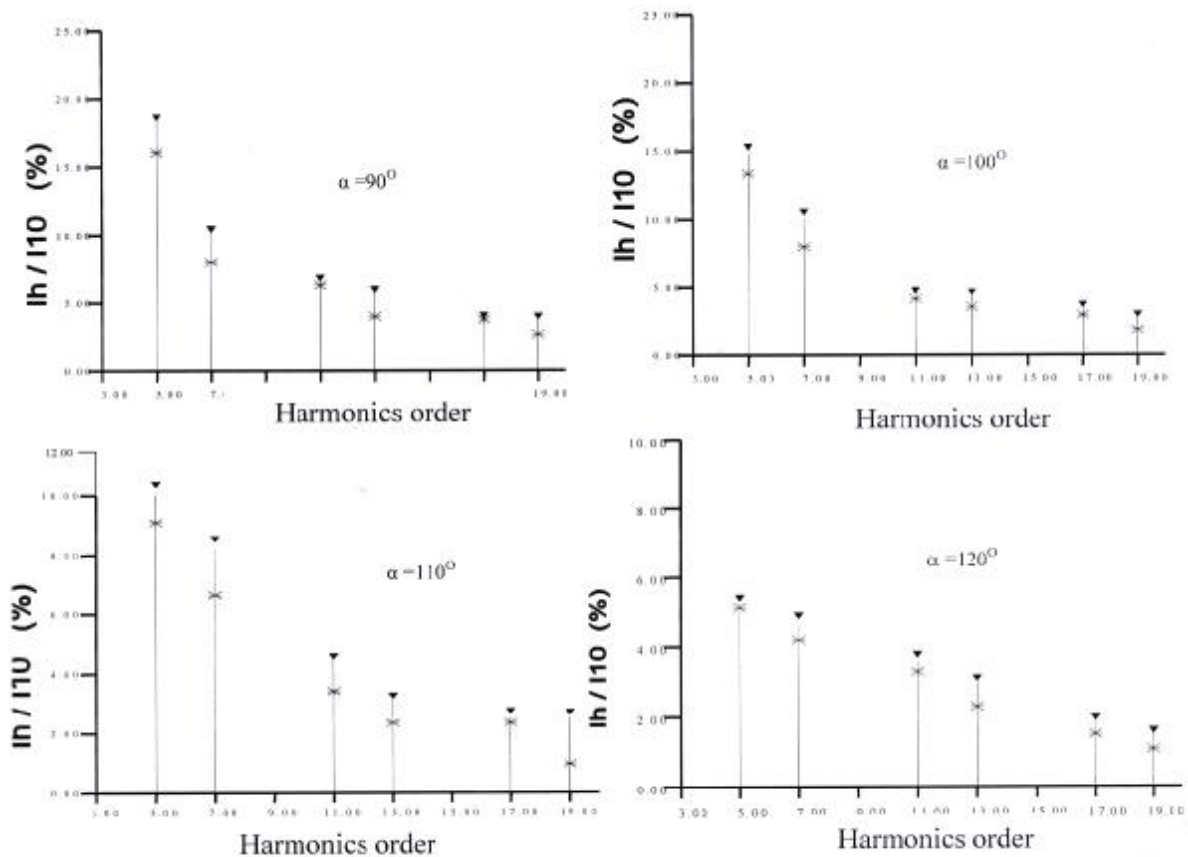


Fig. 9 Continued

EFFECT OF DC INDUCTIVE LOAD

If the load on the dc side includes a large series inductance (infinite inductance) then the load current approaches the waveform of pure dc level [V. Subrahmanyam ,1997]. If the supply leakage inductance remains negligible, the supply line current is free from ripple and the waveform with uncontrolled region (i.e. $\alpha \leq 30^\circ$) will be as shown in **Fig.10**. The Fourier series of such waveform can be shown to be:

$$i(wt) = \frac{6I_d}{p \cdot T} \left[\sin (wt) + \frac{1}{5} \sin (5wt) - \frac{1}{7} \sin (7wt) - \frac{1}{11} \sin (11wt) + \frac{1}{13} \sin (13wt) \right. \\ \left. + \frac{1}{17} \sin (17wt) - \frac{1}{19} \sin (19wt) - \dots \dots \dots \right] \quad (4)$$

The harmonic current magnitudes relative to the uncontrolled fundamental component with zero and infinite dc inductance are given in **Table .1**.

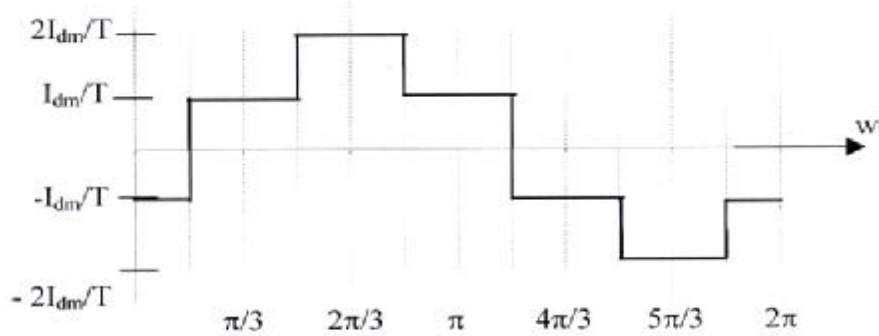


Fig. 10 supply line current with infinite dc inductance.

Table 1 Ac harmonics currents with zero and infinite dc inductance conditions.

Order of Harmonics	Magnitude of harmonic current		Difference (%)
	$L_d = 0$	$L_d = \infty$	
1	1	1	0
5	0.226	0.200	13
7	0.113	0.143	21
11	0.091	0.091	0
13	0.065	0.077	16
17	0.0567	0.0588	4
19	0.0454	0.0526	14

From **Table.1** , it may be seen that the fundamental component (I_{10}) is the same , the ($I_5 \setminus I_{10}$) is decreased from 0.226 to 0.2 , ($I_{11} \setminus I_{10}$) is approximately the same , this due to the fact that the 11'th harmonic current amplitude is scarily relative to ripple , whilst all other harmonics are increased to some extent .**Table.2** gives the experimental values of harmonic currents as a percentage of fundamental (i.e. ($I_h \setminus I_{10}$)).**Fig.11** shows the experimental waveforms of the supply line current and



corresponding frequency spectrum for different firing angles when a (0.1) mH inductive chock is connected in series with the resistive load.

Table 2 Experimental values of harmonic currents as a percentage of fundamental ($I_h \setminus I_{10} \%$)

		harmonic currents as a percentage of I_{10} (%)											
Order	α	$\leq 30^\circ$	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	150°
5		16.84	9.447	11.57	15.26	14.73	13.68	11.57	10.0	7.26	3.68	1.57	0
7		10.52	8.94	7.89	4.73	2.94	2.89	3.89	4.73	4.73	2.89	1.47	0
11		8.42	6.31	3.05	5.26	4.52	4.00	3.36	1.68	1.36	1.894	1.36	0
13		4.82	4.21	4.21	2.63	1.26	0.842	1.57	1.89	0.526	1.05	1.00	0
17		4.5	3.15	1.57	8	2.63	2.1	1.73	0.631	1.315	0.26	1.00	0
19		2.36	1.84	2.36	1.89	1.00	0.52	0.84	0.578	0.789	0.26	0.789	0

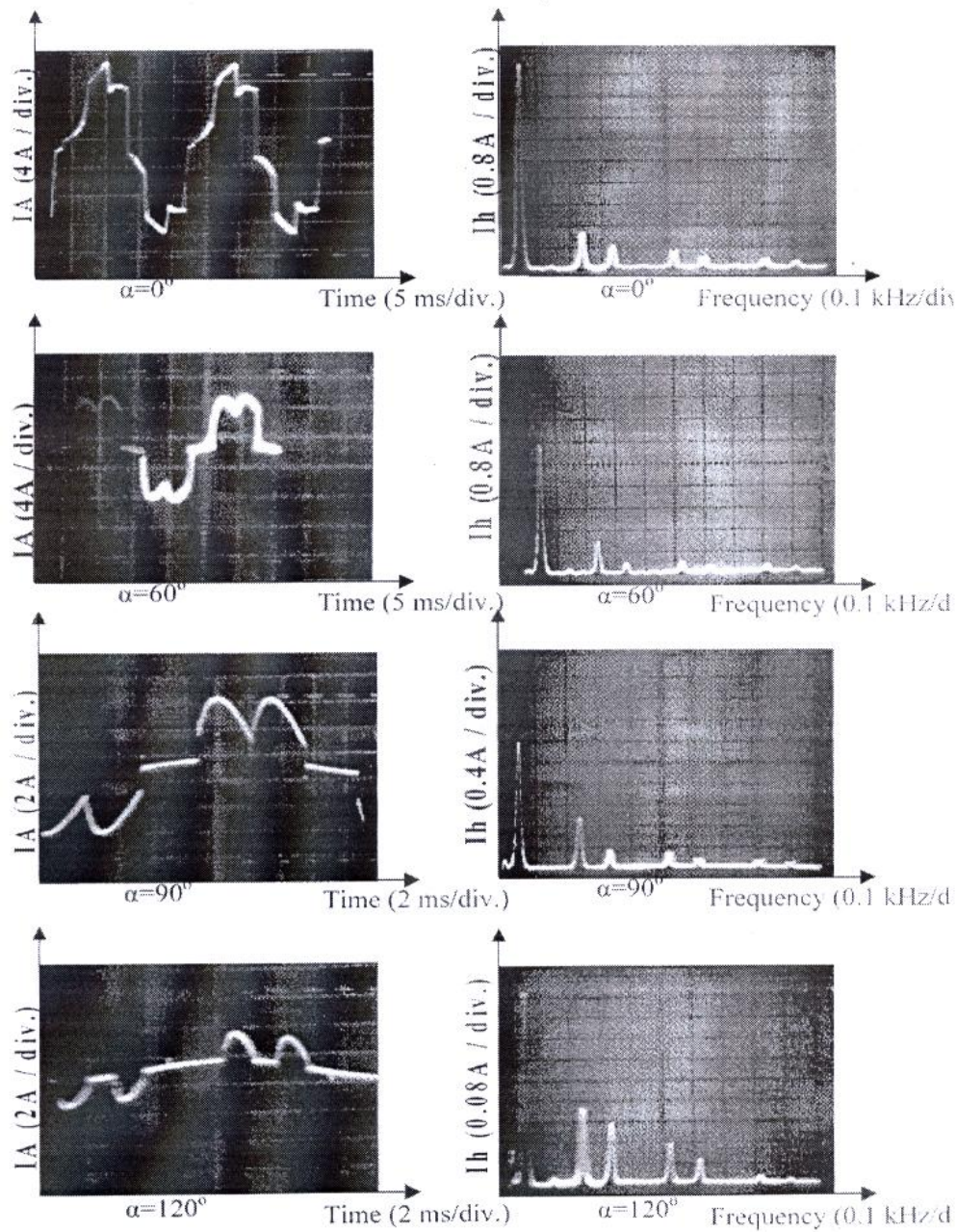


Fig. 11 Experimental waveforms of the supply line current and corresponding frequency spectrum for an inductance in series with resistive load.



CONCLUSION

In this paper, the harmonic currents produced by 3-phase, 6-pulse, AC|DC converter with the use of ac voltage regulator at the supply side are analyzed theoretically and experimentally. The theoretical analysis is simulated using Fourier series analysis and Fast Fourier Transform (FFT) algorithm. A 4.2 Kw, (26 V \ 162 A) 3-phase, AC|DC converter is assembled and the experimental measurements of harmonic currents were carried out. The dominant harmonics in the supply line current are found to be the first two odd harmonics (5th and 7th) and the harmonics components in practice are somehow less than the theoretical because of commutation effect. The effect of inserting a 0.1 mH inductive chock in series with the resistive load is evaluated. The maximum reduction in the harmonic currents is achieved at $\alpha \leq 90^\circ$. The model of AC|DC converter, which is considered in this paper, is preferable to be used at low voltage level network to produce low dc voltage, high dc current. This allows the thyristors to control the lower primary current, which results in a simpler more economical power circuit.

REFERENCE

- IEEE standard 519 – 1992, 1993, “IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”.
- G. K. Dubey, et al, 1996, “Thyristorized Power Controllers”, New Age International Publishers, India, Eighth Reprint.
- J. Arrillaga, et al, 1997, “Power System Harmonic Analysis”, London: Wiley.
- J. S. Subjak and J. S. Mequillen, 1990, “Harmonics - causes, effects, measurements and analysis: an update”, IEEE Trans. On Industry Applications, Vol.26, No. 6, Nov./Dec., PP 1034-1042.
- Mohammed Abdulla Abdulsada, 1999, “The Effect of Variation of Nonlinear load on power Factor of the ac Supply Network”, A Thesis Submitted to University of Baghdad, Elec. Eng. Dept. .
- R. D. Henderson and P. J. Rose, 1994, “Harmonics: The Effect on Power Quality and Transformer”, IEEE Trans. On Industry Applications, Vol.30, No. 3, May/June, PP 528-532.
- Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, 1996, “modeling and simulation of the propagation of harmonics in electric power networks”, IEEE Trans. On Power delivery, Vol.11, No. 1, Jan., PP 452-461.
- V. Subrahmanyam, 1997, “Power Electronics”, New Age International Publishers, India, First Reprint.

LIST OF SYMBOLS

α = Firing angle.

E_n = ac supply line-to-neutral voltage (rms).

E_m = secondary line-to-neutral voltage (maximum).

h = order of harmonic.

$i(\omega t)$ = Instantaneous supply current.

I_d = Average value of dc load current.

I_{dm} = crest value of dc load current.

I_{d0} = fundamental component of I_L , assuming zero phase control.

K = Integer no. , 1,2 ,3 , ...

L_d = Inductance of the dc reactor.

q = converter pulse number.

T = Transformer turns ratio.

V_A, V_B, V_C = Instantaneous line-to-neutral 3-phase supply voltages.

V_{AB}, V_{BC}, V_{AC} = Instantaneous line-to-line 3-phase supply voltages.

A FUZZY RECOGNITION MODEL FOR ARABIC HANDWRITTEN ALPHABET

By:

Assistant Lecturer;

Sami Kadhim Hasan Ar-Ramahi

Electronic & communications Department,

College of Engineering,

Nahrain University,

Baghdad- IRAQ.

ABSTRACT

A fuzzy recognition model for some handwritten Arabic alphabet is designed. This fuzzy model could be envisaged as an algorithm which is structured over two concepts. First; the handwritten character variation is modeled by the fuzziness of the feature vector's elements. Second; the notion of entropy is fuzzily modified to extract the amount of information in the elements within the feature vector so as to speed up the recognition process. Consequently, a fuzzy recognition graph of the optimum paths decision tree is designed for the handwritten Arabic alphabet character's recognition.

الخلاصة

تم تصميم منظومة تمييز مضببة لبعض الحروف العربية المكتوبة يدويا. بحيث يمكن مكننة هذه المنظومة كخوارزمية للتمييز باستخدام التكنولوجيا الرقمية الحديثة. وتمت هيكلة هذه المنظومة على مفهومين اساسيين.

الاول: تمت النمذجة الرياضية للتغاير الجوهرى في الحروف المكتوبة يدويا بقيمة الانتساب المضبب لعناصر متجه الخواص الذاتية الماخوذ من كل حرف غير مطبوع. الثاني: تم تطوير مفهوم الانتروبي بتقنية المجموعات المضببة لمعرفة حجم المعلومات المتوفرة في كل عنصر موجود ضمن متجه الخواص. ويكون مسار التمييز محكوم بالاكثر احتواء للمعلومات نزولا. هذا مما سيعجل في تمييز الحرف من دون هدر وقت التمييز بالنظر التسلسلي للعنصر تلو الاخر. وثمرة هذا البحث هي شجرة تمييز مضببة ذات اسرع مسارات لتعرف على الحروف العربية غير المطبوعة وبمعدل تمييز يصل الى 100% لمجموعة عينات الحروف التصميمية، و 95% لمجموعة عينات الحروف الاختبارية.

KEY WORDS

Fuzzy recognitions model, fuzzy entropy, Arabic handwritten pattern recognition

INTRODUCTION

The task of handwritten characters recognition demands a powerful approach taking into considerations the unpredictable variation in handwritten characters which are unbounded due to the subjective style of each individual. Although some conventional approaches [1] [2] [3] [4] [5] [6] are already developed since 1990, others utilizing the advances within the digital recognition technology to approach the Arabic script pattern recognition [12][13][14][15][16][17][18][19][20][21][27], and some fuzzy approaches are recently reported by Abuhaiba groups [7], [8], however this research utilizes an alternative optimum fuzzy path seeking recognition approach.

Each character is written inside a square frame with sixteen radial axes drawn from its center, the number of intersections made by any character with the radial axes will be considered as the elements of its feature vector. However, the amount of information per any ray is extracted from the feature's vagueness (fuzziness) by an index of fuzziness, and the maximum information per ray will be the criterion for the design of the decision tree graph.

An experiment, on some handwritten Arabic alphabet, is conducted. The designing data of 56- characters see fig. (1), are fully recognized.

M	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Fig.(1): The Alphabet characters designing samples are to be recognized by the fuzzy model, e.g. if you see the sample X₅⁵ within one of the fuzzy recognition tree graphs then it means sample number 5 from the X₉ entity.

A FUZZY RECOGNITION MODEL:

The handwritten Arabic alphabet recognition technique, in this paper, is a fuzzy entropic recognition approach which can be formally described by the following fuzzy model. Let the handwritten characters be of (n) distinguishable entities;

$$X = \{ x_1^m, x_2^m, x_3^m \dots x_n^m \} \dots\dots\dots (1)$$

Where; the superscript (m) is the sample's number for each entity (i.e., a handwritten character class). See appendix (1). Practically, this handwritten character, x, can be attributed as a feature vector, y, of sixteen elements. Each one of them is the intersection number with the sixteen radial axes drawn from the center of a square frame on which the character was scripted;

$$Y = \{ y_1^m, y_2^m, y_3^m \dots y_n^m \} \dots\dots\dots (2)$$

These elements of the feature vector are of no-crossing, single-crossing, double-crossing and triple-crossing feature(s);

$$y_n^m = \{ y_n^m (r); r = 1, 2, \dots 16 \} \dots\dots\dots (3)$$

Where, r; is the radial axis ray number.

Formally, a fuzzy subset, F, from the feature vector, y, is established to simulate the vagueness of the linguistic expression "that handwritten character is almost the entity x_n ";

$$\mu_F (r): y (r) \rightarrow [0, 1] \dots\dots\dots (4)$$

Where $\mu_F (r)$ is the grade of membership value of the r^{th} feature. Subjectively, this grade of membership function is the π - function [9] [11], since it reflects the context suitability. The membership function's independent variable is the crossing point distance from one of the ray ending (the smallest distance). Thus the fuzzy subset, F, is a set of ordered pairs;

$$F = \{ (y_n^m (r), \mu_F (r)) ; r = 1, 2, \dots 16 \} \dots\dots\dots (5)$$

Notably, a unity grade of membership value is assigned to the no-crossing feature since it carries the largest amount of vague belonging to which entity.

The compound grade of membership value for a k- crossing feature, here the highest value of k is three, is evaluated as follows:

$$\mu_F (r) = \min [\mu_F (r, 1), \mu_F (r, 2), \dots \mu_F (r, k)] \dots\dots\dots (6)$$

That is because the amount of information revealed by a certain ray is depending on the elimination of the feature vagueness (fuzziness). Thus an index of fuzziness

which provides a measure of the amount of information in a certain ray may be one of the following fuzzy entropies;

$$D_1(\mu_F(r)) = - \sum_{i=1}^m [\mu_F(r, i) \log_e \mu_F(r, i) + \mu_{Fc}(r, i) \log_e \mu_{Fc}(r, i)] \dots\dots\dots (7)$$

$$D_2(\mu_F, P) = - \sum_{i=1}^m [\mu_F(r, i) P(r, i) \log_e \mu_F(r, i) P(r, i) + \mu_{Fc}(r, i) P(r, i) \log_e \mu_{Fc}(r, i) P(r, i)] \dots\dots\dots (8)$$

Where;

m ; is the number of the designing handwritten samples.

$\mu_F(r, i)$; is the grade of the membership value in the fuzzy subset, F , for the r^{th} ray's feature from the i^{th} sample.

$\mu_{Fc}(r, i) = 1 - \mu_F(r, i)$.

$P(r, i)$; is the probability of occurrence of a feature in the r^{th} ray in a sample space of the m samples.

Both formulae are an indication for the amount of information per ray so that the index of uncertainty in the first formula is the fuzziness of the feature. While, in equ (8), the randomness as well as the fuzziness of that feature is considered. However, both formulae satisfy some properties [9] [10] [11], such that the amount of information is zero as the fuzzy subset becomes a sharpened subset, that is the membership value is either 0 or near 1.

The ray, r_0 , with the largest amount of information is selected as a candidate for the recognition of some handwritten alphabet which is characterized uniquely by only one type of a feature;

$$D(\mu_F(r_0)) = \max_{1 \leq r \leq 16} [D(\mu_F(r))] \dots\dots\dots (9)$$

We refer to the first formula for simplicity of representation. After selecting, observing, and recognizing, there will be sets of different handwritten alphabet entities, each set is characterized by one type of a feature observed in the selected ray, exclude that ray, separate these common – featured sets, and calculate the amount of information for the remaining rays for each set;

$$D(\mu_F(R)) = - \sum_{i=1}^M [\mu_F(R, i) \log_e \mu_F(R, i) + \mu_{Fc}(R, i) \log_e \mu_{Fc}(R, i)] \dots\dots\dots (10)$$

Where;

M ; is the number of the unrecognized character in a common featured set; $M \leq m$

$R = 1, 2, \dots, r-s$

s ; is the number of the excluded rays.

Then each set will have a ray with maximum information. It must be observed first;

$$D(\mu_F(r_1)) = \max_{1 \leq r \leq r-s} [D(\mu_F(R))] \dots\dots\dots (11)$$

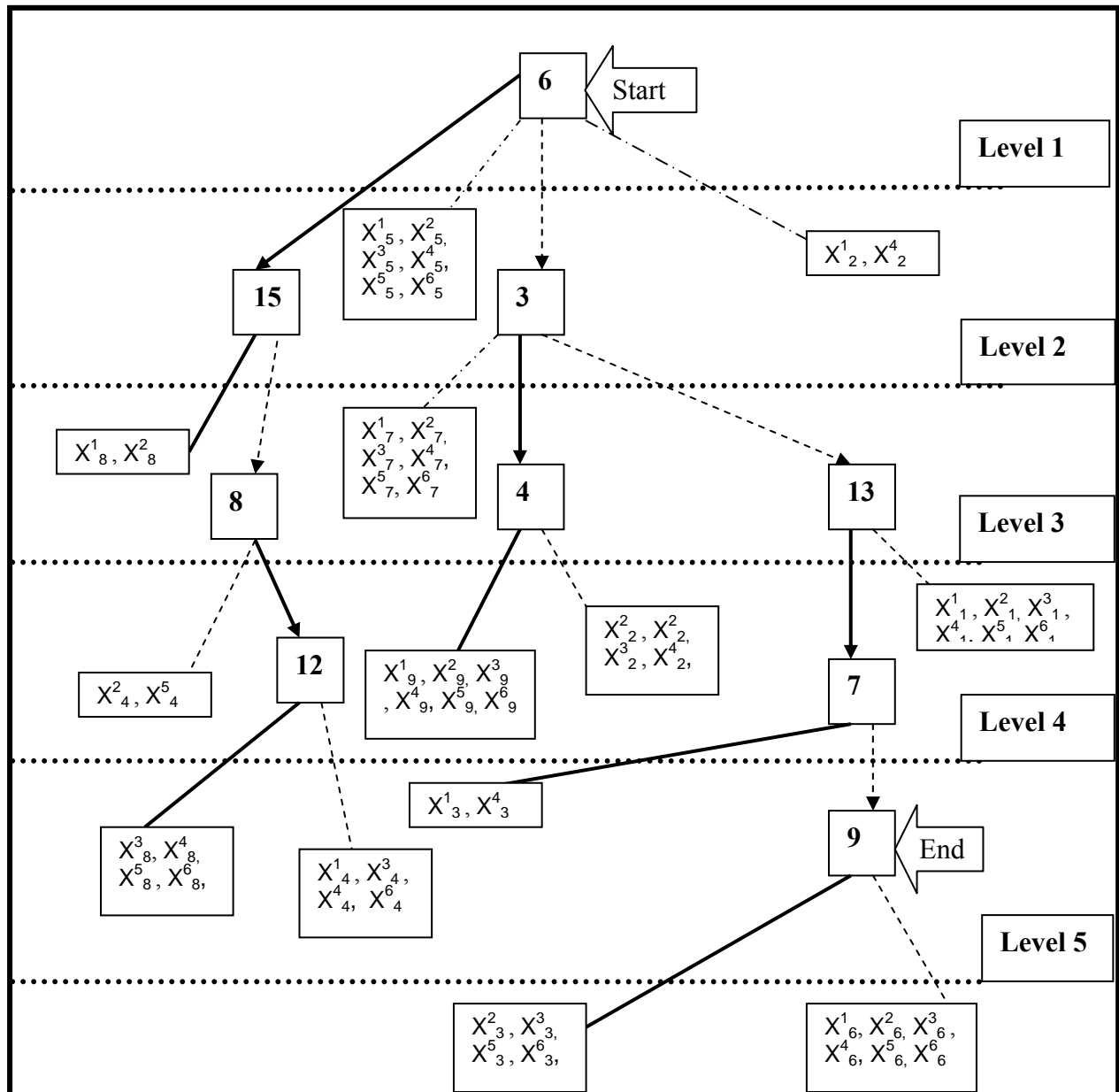
This process of calculating, selecting, observing, excluding, then again calculating will be continued until all of the alphabetic characters in the designing set are recognized. Consequently, a decision tree graph of a hierarchically observed rays so that there are optimum paths of rays observation for the recognition of an unknown handwritten alphabetical characters.

EXPERMENT:

The handwritten alphabet sample was placed on a square frame. The designing sets were 56-samples; six samples for each entity as shown above in fig. (1), and the testing set were 144- samples; twelve samples for each entity.

After measuring the crossing point(s) distance(s) from one of the ray's ending to determine its grade of membership value, we have tabulated the designing set as an entity-ray number matrix, ($m \times r$), where each element is a pair of feature and its membership grade value, as in equ. (5).

Now, the amount of information per ray is revealed by the calculation of the fuzzy entropy by equ. (7) or equ. (8). Therefore, there are two graphs of decision tree as shown below in fig. (2) and fig. (3). Next as an example the decision tree graph of fig (2) will be traced.

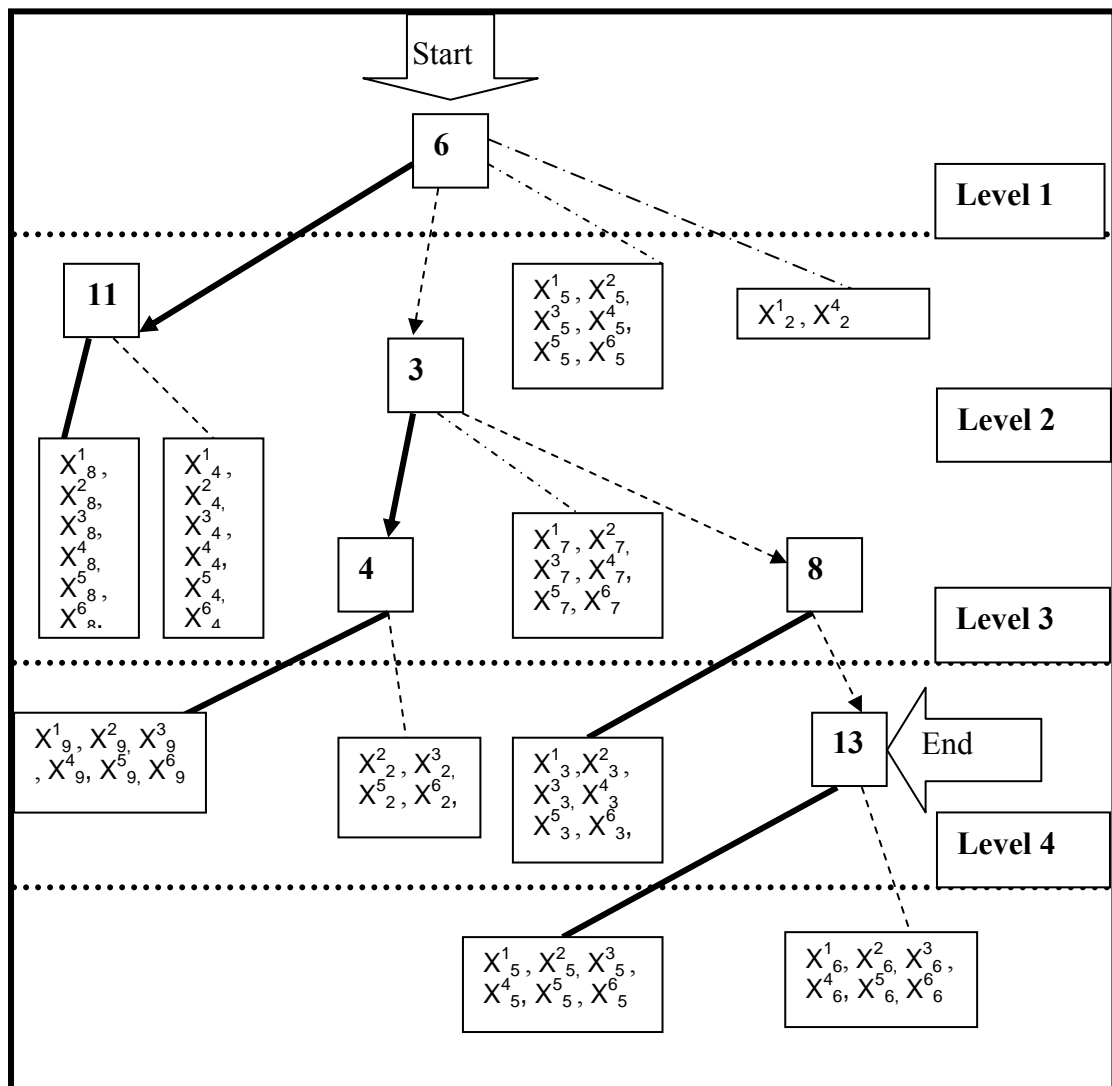
**LEGEND:**

- The dotted lines are the intersections number primitives of no-crossing feature as _____, Single-crossing feature as -----, double-crossing feature - - - -, triple-crossing feature _ _ _ _
- Numerals inside the boxes present a ray number.
- At each termination dot the recognized alphabet character(s) are stated as X_n^m , where, m indicates the handwritten sample version number, and n indicates the identity number.

Fig. (2): A Fuzzy Recognition Tree Graph is obtained by utilizing equ (7) as the Fuzzy Entropy.

After calculating the fuzzy entropy, by equ (7), the 6th ray has the maximum scalar value so it must be scanned in the entity-ray number matrix, (56 x 16), for the uniquely characterized entity by only one type of crossing. Accordingly, as shown in fig (2), only two versions of the second entity and the whole of the fifth entity can be recognized from the triple-crossing feature and the double-crossing feature, from that ray, respectively. The remaining design samples are categorized into two common-

feature set, where the no-crossing feature set is of sixteen samples and the single-crossing feature set is of thirty-two samples. After excluding the 6th ray, there will be two entity-ray number matrices of (16 x 15) and (32 x 15). For each one of both calculate the fuzzy entropy, select the ray with the maximum information, and scan it for some uniquely featured alphabet and so on, until all of the designing data have been classified as in fig (2). This decision tree graph is tested by twelve samples for each entity, all of them are recognized except those of the second, third and fourth entities which have some misclassification rate of 95%.



LEGEND:

- The dotted lines are the intersections number primitives of No-crossing feature _____, Single-crossing feature -----, Double-crossing feature - · - · -, and Triple-crossing feature _ · _ · _.
- Numerals inside the boxes present a ray number.
- At each termination box the recognized alphabet character(s) are stated as X_n^m , where, m indicates the handwritten sample, and n indicates the identity number.

Fig. (3): A Fuzzy Recognition tree Graph is obtained by utilizing equ (8) as Fuzzy Entropy.

HANDWRITTEN RECOGNITION MODELS COMPARTION

This paper presents an off-line ARABIC alphabet handwritten recognition model of 100% recognition rate for the designed handwritten sample sets and a rec-

ognition rate of 95% for the randomly ARABIC handwritten testing set. This highly success recognition rate is due to that the recognition model is mathematically representing the subjectivity (fuzzy) and the objectivity (probability) of the ARABIC handwritten alphabet.

Margner and El Abed [27][28] compared 14 Arabic handwritten recognition model based on the INF/ENIT- database. Consequently, the higher recognition rate was by the SIEMENS recognition model of (94.58%). The Hidden-Markov Recognizer is the recognition engine utilized by the SIEMENS model. This technique was originally developed in 1993 in which a feature vector is created by a sliding window, then decoded and recognized by a multiple left-to-right models. During the past four decade this model had been in a series of improvements till the above mentioned recognition rate is successfully reached.

Amin [4] designed a handwritten letter recognition model by utilizing a skeleton-base graph representation. The feature vectors were fed into a five-layer neural network which yield a (92%) recognition rate.

Mostafa and Darwish [4] created a baseline-independent algorithm to segment handwritten words into letters and primitives utilizing the chain code representation to successfully achieve a (97.7%) recognition rate.

CONCLUSION

A fuzzy entropy algorithm is designed for the computer recognition of any handwritten Arabic alphabet characters. In the sequel, a decision tree graph can eventually be translated into a fuzzy algorithm consisting of a set of rules in the form; "If ... then". So that the ray's feature is observed, and either a handwritten recognized character is obtained or another ray's feature is to be observed.

This fuzzy recognition tree is a computer fuzzy algorithm of significant benefit to be further extended for future Arabic handwritten scripts recognition work of bank checks, mail addresses, forms, and manuscripts [22][23]. Additionally related applications to man-machine communication[27], includes mobile phone screen handwritten script text to be handwritten via a stylus, or a robotic optical character recognition for handwritten messaging, which assist in the automatic processing of handwritten documents / messaging, web-based translation [24], search engines [25], and information retrieval [26].

REFERENCES

- * S. Sami El-Dabi, R. Ramsis, and A. Kamel, "Arabic character recognition system: A statistical approach for recognizing cursive typewritten text," Pattern Recognition, vol. 23, pp. 485-495, **1990**.
- * R. Haraty and H. El-Zabadani, "Abjad: An Off-line Arabic Handwritten Recognition System," in Proc. International Arab Conference on Information Technology. Doha, Qatar, **2002**.
- * K. Mostafa and A. M. Darwish, " Robust base-line independent algorithms for segmentation and reconstruction of Arabic handwritten cursive script ," in proc. IS&T/SPIE Conference, vol. 3651. California, USA:SPIE, pp.73-83. **1999**.
- * A. Amin, "Recognition of hand-printed characters based on structural description



- and inductive logic programming," *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 3187-3196, **2003**.
- * M. S. Khorsheed, "Recognising handwritten Arabic manuscripts using a single hidden Markov model," *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, pp. 2235-2242, **2003**.
 - * F. Farooq, V. Govindaraju, and M. Perrone, "Pre-processing Methods for Handwritten Arabic Documents," in *Proc. International Conference on Document Analysis and Recognition*. Seoul, Korea, pp. 267-271. , **2005**.
 - * I. S. I. Abuhaiba, S. A. Mahmoud, and R. J. Green, "Recognition of handwritten cursive Arabic characters," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 16, pp. 664-672, **1994**.
 - * I. S. I. Abuhaiba, M. J. J. Holt, and S. Datta, "Recognition of Off-Line Cursive Handwriting," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 71, pp. 19-38, **1998**.
 - * H. J. Zemmermann, "Practical Applications of Fuzzy Technologies," 1st ed : Kluwer Academic Publishers, **1999**.
 - * T. M. Cover and J. A. Thomas, "Elements of Information Theory", 2nd ed : John Wiley & Sons, Inc., **2006**.
 - * G. J. Klir , "Uncertainty and Information: Foundations of Generalized Information theory", 1st ed: John Wiley & Sons, Inc., **2006**.
 - * S. A. Al-Qahtani and M. S. Khorsheed, "A HTK-Based System to Recognize Arabic Script," in *Proc. 4th IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing*. Marbella, Spain: ACTA Press, **2004**.
 - * M. Pechwitz and V. Märgner, "HMM based approach for handwritten Arabic word recognition using the IFN/ENIT - database," in *Proc. International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 890-894. , **2003**.
 - * Y. Al-Ohali, M. Cheriet, and C. Suen, "Databases for recognition of handwritten Arabic cheques," *Pattern Recognition*, vol. 36, pp. 111-121, **2003**.
 - * S. Alma'adeed, C. Higgins, and D. Elliman, "Off-line recognition of handwritten Arabic words using multiple hidden Markov models," *Knowledge-Based Systems*, vol.17, pp. 75-79, **2004**.
 - * R. Haraty and C. Ghaddar, "Arabic Text Recognition," *International Arab Journal of Information Technology*, vol. 1, pp. 156-163, **2004**.
 - * R. Safabakhsh and P. Adibi, "Nastaaligh Handwritten Word Recognition Using a Continuous-Density Variable-Duration HMM," *The Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 30, pp. 95-118, **2005**.
 - * L. Souici, N. Farah, T. Sari, and M. Sellami, "Rule Based Neural Networks Construction for Handwritten Arabic City-Names Recognition," in *Proc. Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications*. Varna, Bulgaria, pp. 331-340. , **2004**.
 - * R. El-Hajj, L. Likforman-Sulem, and C. Mokbel, "Arabic Handwriting Recognition Using Baseline Dependant Features and Hidden Markov Modeling," in *Proc. International Conference on Document Analysis and Recognition*. Seoul, Korea, pp. 893-897. , **2005**.
 - * S. M. Touj and N. Ben Amara, "Arabic Handwritten Words Recognition based on a Planar Hidden Markov Model," *International Arab Journal of Information Technology*, vol. 2, **2005**.
 - * H. Bunke, S. Bengio, and A. Vinciarelli, "Offline recognition of unconstrained handwritten texts using HMMs and statistical language models," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 26, pp. 709-720,

2004.

- * M. S. Khorsheed, "Recognising handwritten Arabic manuscripts using a single hidden Markov model," Pattern Recognition Letters, vol. 24, pp. 2235-2242, **2003.**
- * S. S. Maddouri, H. Amiri, A. Belaid, and C. Choisy, "Combination of Local and Global Vision Modeling for Arabic Handwritten Words Recognition," in Proc. International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, pp.128 -135., **2002.**
- * M. Yaseen, B. Haddad, H. Papageorgiou, S. Piperidis, Mamoun, N. Theophilopoulos, and S. Krauwer, "A Term Base Translator Over the Web," in Proc. ACL/EACL 2001 Workshop - ARABIC Language Processing: Status and Prospects. Toulouse, France, pp. 58-65. , **2001.**
- * I. A. Al-Kharashi, "A Web Search Engine for Indexing, Searching and Publishing Arabic Bibliographic Databases," in Proc. Internet Global Summit, **1999.**
- * I. A. Al-Kharashi and M. W. Evens, "Comparing Words, Stems, and Roots as Index Terms in an Arabic Information Retrieval System," Journal of the American Society for Information Science, vol. 45, pp. 548-560, **1994.**
- * H. El Abed, and V. Margner, "Comparison of Different Preprocessing and Feature Extraction Methods for Offline Recognition of Handwritten Arabic Words", 9th International Conference on Document analysis and recognition (icdar2007), Vol.2, pp. 974-978, **2007.**
- * V. Margner, and, H. El Abed, "ICDAR Arabic Handwriting Competition", 9th International Conference on Document analysis and recognition (icdar2007), Vol.2, pp: 1274 – 1278, **2007** .



INFLUENCE OF TEMPERATURE FLUCTUATION ON THERMOPHILIC ANAEROBIC DIGESTION OF MUNICIPAL ORGANIC WASTE

Mohanad Jasim Mohammed

Assistant Teacher

Environmental Engineering Department

College of Engineering, University of Baghdad

ABSTRACT

A laboratory-scale experiment was carried out to estimate the influence of temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of municipal organic waste (MOW). Heating failure was simulated by decreasing temperature gradually from 55 °C to 20 °C gradually 2 h time need for temperature decrease and recovery. Under conditions of 8.0 g/ (L·d) and 15 d respectively for MOW load and retention time. Following results were found: (1) biogas production almost stopped and VFA (Volatile Fatty Acid) accumulated rapidly when accompanied by pH decrease. (2) With low temperature (20°C) duration of 1, 5, 12 and 24 h, the thermophilic anaerobic digestion system reproduce methane after temperature fluctuation of 3, 11, 56 and 72 h. (3) The bacteria was influenced by the temperature fluctuation where it decayed, hydrolysis, acidification was high as the low temperature interval lasted. (4) The thermophilic microorganisms were highly flexible to temperature fluctuation.

KEY WORDS

Temperature fluctuation, Low temperature duration, Thermophilic anaerobic digestion, Municipal organic waste.

الخلاصة

تم تنفيذ تجارب مختبرية لتخمين تأثير تقلب درجة الحرارة على عمليات الهضم اللاهوائي في درجات الحرارة العالية للنفايات الصلبة العضوية البشرية، بكتريا الميثان تآثرت بتقلب درجة الحرارة حيث ان استمرار طول فترة انخفاض درجة الحرارة يؤدي الى تحللها. درجة حرارة الفشل تمت بتقليل درجة الحرارة بشكل تدريجي خلال 2 ساعة من 55 °C الى 20 °C ، تحت الحمل العضوي 8.0 غم / (لتر .يوم) وزمن مكوث 15 يوم على التوالي. النتائج التالية جردت : (1) وقف إنتاج الغاز الحيوي تقريباً وتجمع سريع ل (VFA) مصحوب بنقصان الدالة الحامضية. (2) بدرجة الحرارة المنخفضة (20 °C) لمدة 1، 5، 12 و 24 ساعة أخذ 3، 11، 56 و 72 ساعة لنظام هضم اللاهوائي بدرجة الحرارة العالية لإعادة إنتاج الميثان. بعد تقلب درجة الحرارة. (3) طول استمرار فترة درجة

الحرارة المنخفضة بكتيريا الميثان أكثر تحلل، تميع، تحميض وبكتيريا الميثان تآذرت تقلب درجة الحرارة. (٤)
الكائنات المجهرية الحية المحبة لدرجات الحرارة العالية كانت مرنة جداً إلى تقلب درجة الحرارة.

INTRODUCTION

The use of anaerobic process to treat municipal organic waste (MOW) has dramatically increased recently. Anaerobic digestion can be carried out under environment Psychrophilic ($<25^{\circ}\text{C}$), mesophilic ($25\sim45^{\circ}\text{C}$) and thermophilic ($>45^{\circ}\text{C}$) conditions (El-Mashad et al., 2004). Thermophilic digestion has many advantages such as higher metabolic rate and higher consequent specific growth rate compared with mesophilic digestion, although the thermophilic bacteria death rate is higher (Duran and Speece, 1997). Most of pathogens bacteria are destroyed in the thermophilic anaerobic process (such as fecal coliform, salmonella and enterococcus in sewage sludge through thermophilic anaerobic digestion (Watanabe et al., 1997). Salmonella and Mycobacterium paratuberculosis were inactivated within 24 h under thermophilic conditions, while weeks or even months were needed under mesophilic conditions (Sahlstrom, 2003). This is an important criterion for the municipal organic waste treatment where the effluent can be used as a soil conditioner or fertilizer. However, thermophilic treatment also has some disadvantages. Such that it is not so stable and produces low quality effluent compared with mesophilic process (Duran and Speece, 1997). Moreover, thermophilic anaerobic digestion is bacterized by more toxicity and susceptible to variations in operational and environmental conditions, such as temperature fluctuation. The above results were obtained from experiments conducted in a complete mixed system which was relatively more sensitive at any temperature range (Peck et al., 1986). The results of Ahring et al. (2001) showed that the operational temperature increasing from 55°C to 65°C unbalances the fermenting, acids-producing micro - organisms and acids-consuming micro-organisms. Another disadvantage less net energy was produced from thermophilic digestion compared with the mesophilic digestion. Digestion performance was adversely affected by both gradually temperature increase and decrease (Ahn and Forster, 2002). Along with sudden temperature variation, there were some increase in concentrations of all the (volatile fatty acids VFAs) (acetate and propionate), especially acetic and propionic acid (Dohanyos et al., 1985). The extent of influences depended both on the magnitude of temperature variation and durability of bacterial in activated sludge (El-Mashad et al., 2004). If temperature was beyond the durability of bacteria, their death rate would exceed growth rate and consequently result in a decrease of the reactor removal capacity (Visser et al., 1993). Van Lier et al. (1996). Observed that large-scale thermophilic anaerobic installations, such as UASB (up-flow anaerobic sludge bed) reactors, can tolerate moderate temperature fluctuation due to the substrate transfer limitation by granulation of immobilized sludge. This work aimed at investigating the influence of gradually temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of MOW. The parameters such as biogas production, CH_4 content, pH, VFA and acetate and propionate were researched in this study.

METHODS AND MATERIALS

Experimental setup

Four experiments were carried out simultaneously. Every experiment had two reactors in order to obtain the results expressed as mean values. The operating temperature was decreased from 55°C to 20°C (approx. room temperature), and was returned to 55°C within 2 h. And low

temperature (20°C) durations lasted for 1, 5, 12 and 24 h respectively. The experiment parameters measured were biogas production, methane content, pH and VFAs. Which were measured every 1~5 h during the experiments duration. The organic load was 8.0 g/(L·d) (as volatile solid) and duration time of 15 d were chosen for each test. The gas production was monitored with water displacement in a gas collector. The water in the gas collector was acidified with thin sulfuric acid and saturated with NaCl to prevent CO₂ from dissolving in the biogas.

DIGESTER

Eight laboratory-scale glass digesters with volume of 2 L as shown in Fig.1 were used. The flasks were closed with rubber stoppers equipped with glass tubes for gas removal and effluent/influent flow. The reactor temperature was regulated by controlling water temperature in a water bath where the reactor was placed and maintained within $\pm 1^\circ\text{C}$ in a steady state, assuming to have stable biogas yield, pH, VFA and reactor temperature. The digesters were stirred by hand for 5 min before and after feeding with organic sludge otherwise the digesters were unstirred.

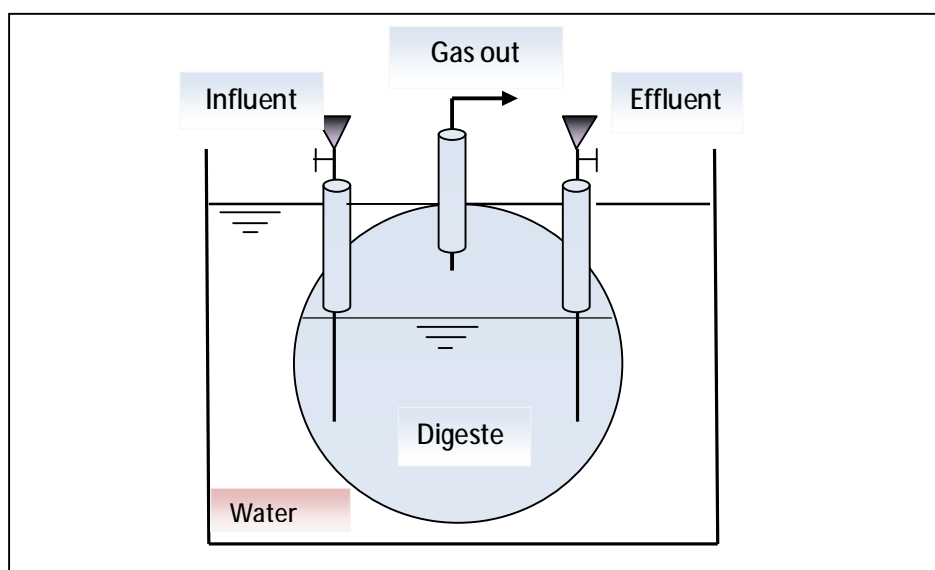


Fig.1 Schematic diagram of the reactor used

FEEDSTOCK

The digesters were fed daily with hand sorted municipal organic waste (like leaving foods) (MOW), and inoculated with sludge from septic-tank. The waste was transported to laboratory and mixed. The total solid (TS) and volatile solid (VS) were 15.5% and 88.6% respectively, and pH values were 7.1~7.3.

Table 1: Characteristics of MOW after pretreatment of digester feed material

Component	Food waste	Paper	Inorganic	Others	Total
Content (wt%)	86.2	7.5	3.9	2.4	100

ANALYSIS

TS and VS concentrations were measured by the standard gravimetric techniques (Li, 2004). Biogas in the gas collector was measured. The composition of biogas was measured by 1904 gas analysis instrument. N₂ was used as the carrier gas at a flow rate of 90 ml/min. The total VFA was measured by the titration method (Lau, 1997). The composition of the VFA was analyzed by a gas chromatography equipped with a flame ionization detector (FID) and a glass column, also N₂ was carrier gas but at a flow rate of 40 ml/min.

RESULTS AND DISCUSSION

Biogas production variation

Figs.2a~2d shows the relative biogas production fluctuation at low temperature duration of 1, 5, 12 and 24 h respectively. The relative biogas production was determined from

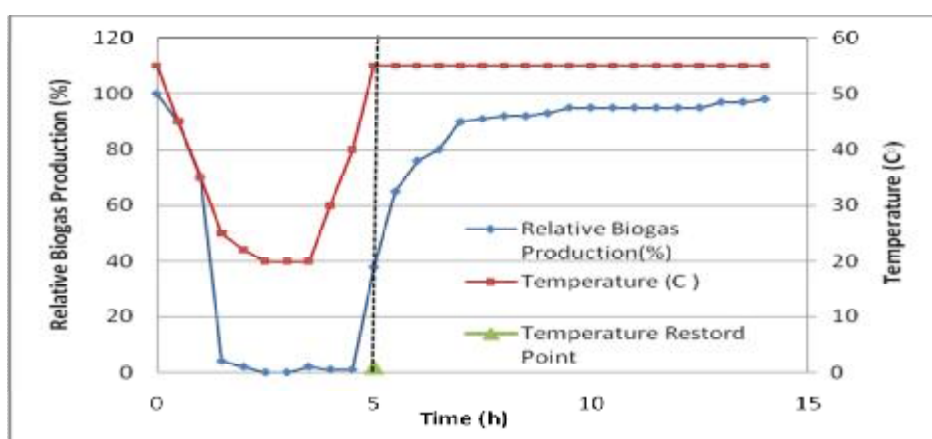
$$Pr = Pt / Po \times 100 \%$$

Pr: relative biogas production (%).

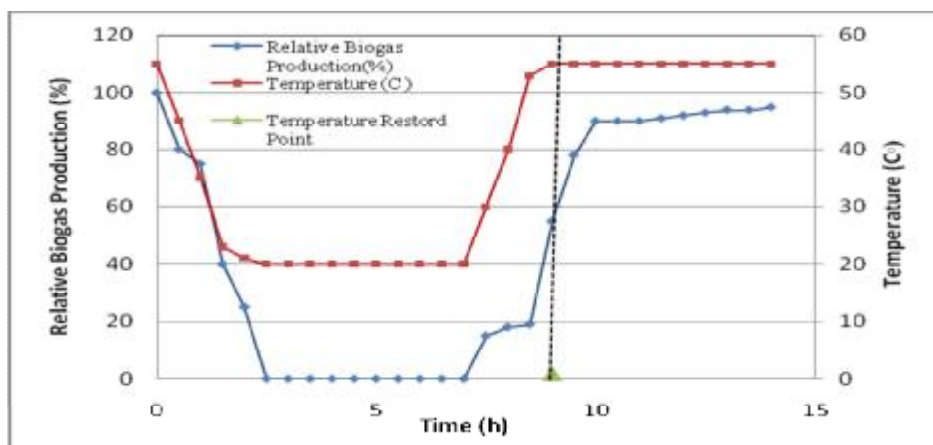
Pt: biogas yield after the temperature fluctuation (ml/g VS_{added}).

P₀: biogas yield before the temperature fluctuation (ml/g VS_{added}).

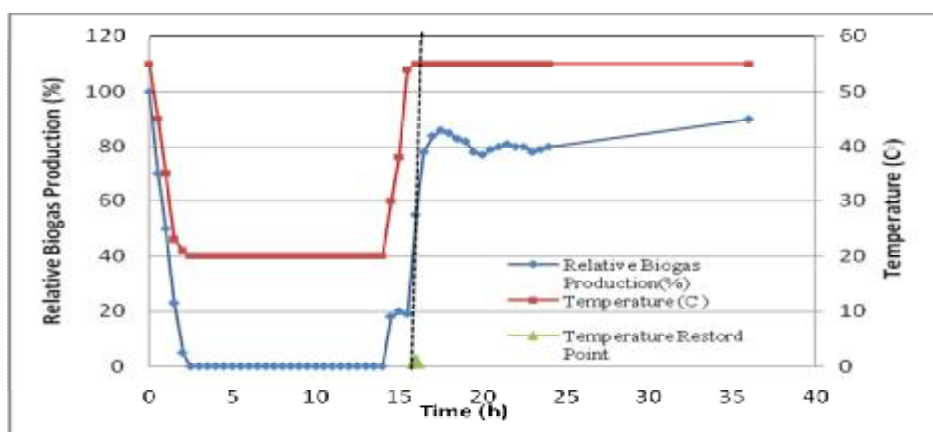
When temperatures decreased rapidly within 2 h from 55°C to 20°C, the relative biogas production stopped (Fig.2). Biogas production was restored after the temperature increased. Biogas production resumption time was longer with longer low temperature duration. The production increased rapidly then decreased when temperature was restored in the low temperature duration of 12 h and 24 h.



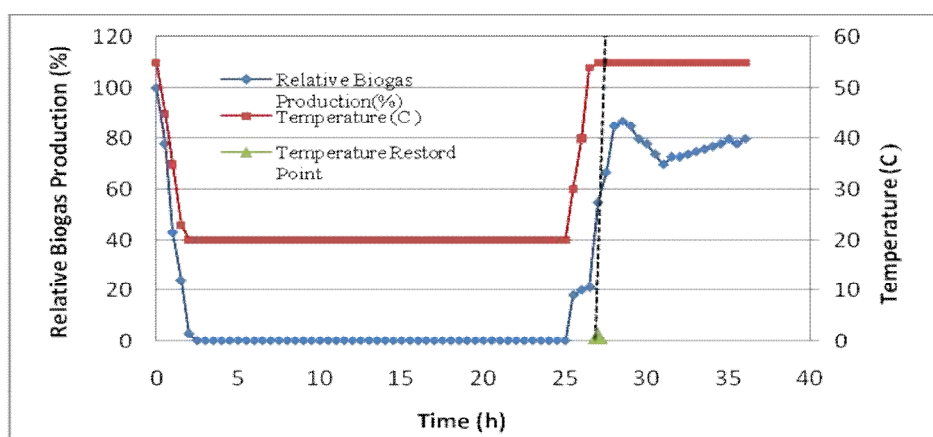
(a)



(b)



(c)

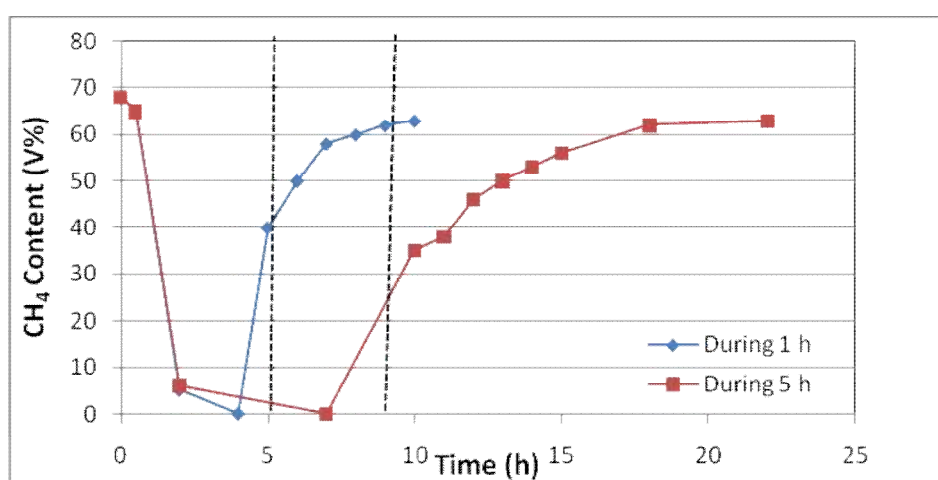


(d)

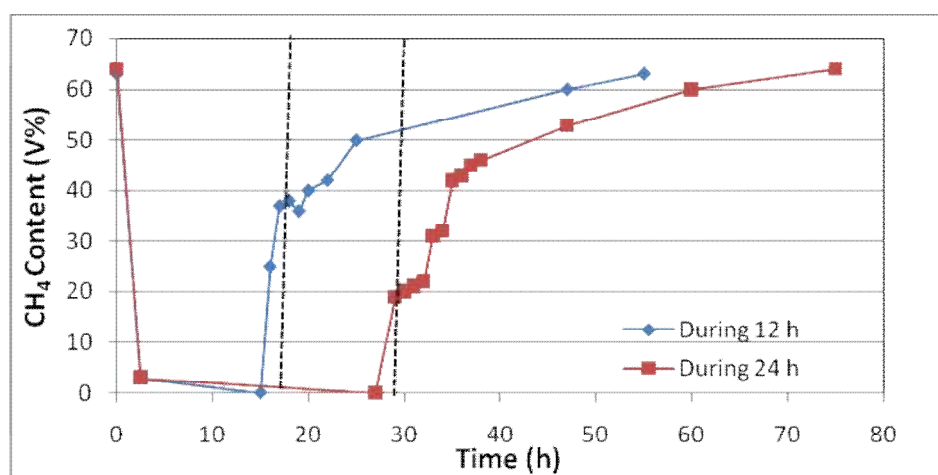
Fig.2 The biogas production fluctuation during (a) 1 h, (b) 5 h, (c) 12 h and (d) 24 h

The main content of biogas at beginning was CO_2 instead of CH_4 ; there were two different sources of CO_2 . One was produced by vaporization of dissolved CO_2 at low temperature during

temperature increase (Peck et al., 1986). The other was presumably due to the rapid fermentation and hydrolysis as the temperature increased. Vaporization of dissolved CO_2 was the main source. After temperature was restored dissolved CO_2 decreased where methane production lagged the temperature restoration time (Fig.3). The delay time of methane production was 4, 7, 55 and 75 h respectively at low temperature duration of 1, 5, 12 and 24 h, which showed that longer low temperature duration led to more decay of methanogenic bacteria. The delay in recovery was presumably due to the slow degradation of relatively low methane-yielding cellulosic materials. The cellulolytic bacteria had responded considerably more slowly to the rapid temperature rise than some other digester bacteria (Peck et al., 1986). As cellulose is non-toxic, the only effect was a delayed return to steady-state condition.



(a)



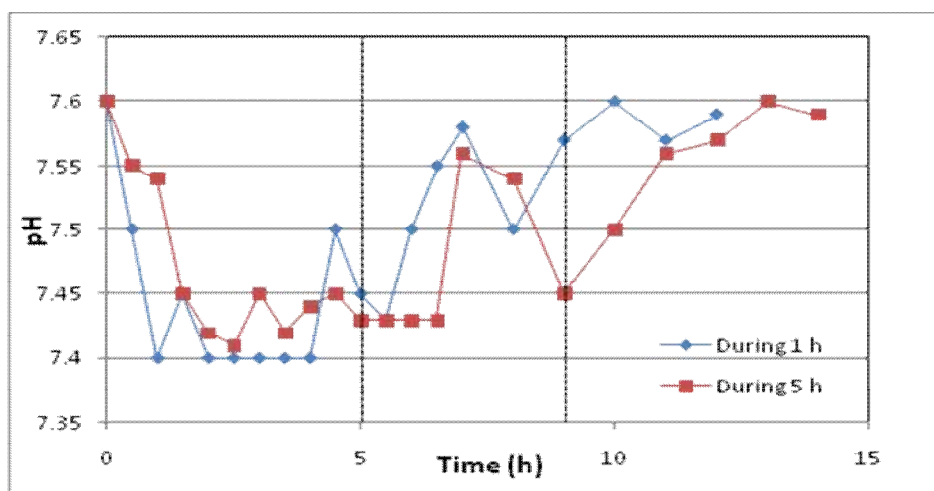
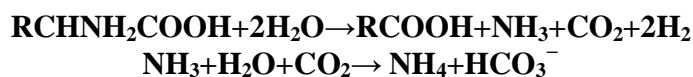
(b)

Fig.3 Methane content fluctuation (a) during 1 h and 5 h, (b) during 12 h and 24 h

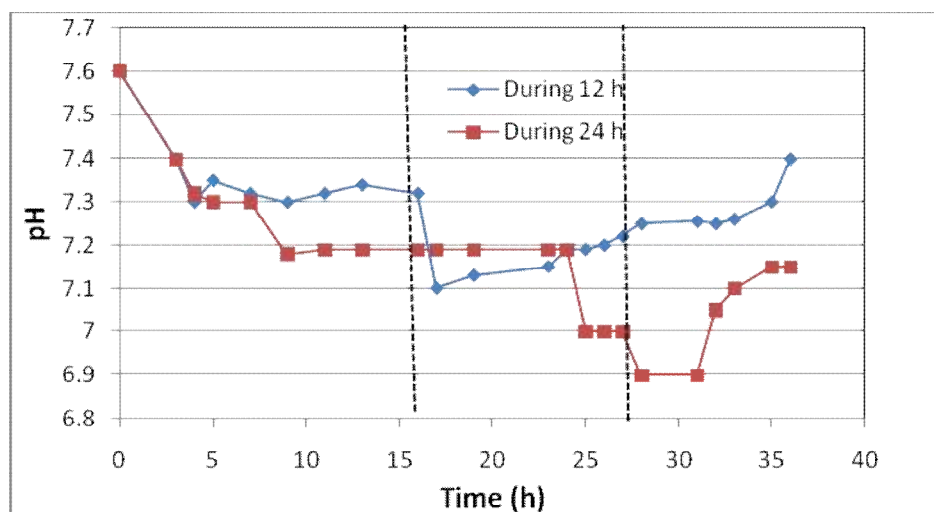


PH VALUES VARIATION

Fig.4 shows pH values variation during experiments. pH was between 6.9 to 7.6 in all reactors during low temperature period. These results differed from those reported by Lau and Fang (1997), who showed that when UASB reactor was used to treat wastewater with organic load of 10 g COD/(L·d) and temperature decreased from 55°C to 37°C, pH decreased from 6.9~7.3 to 6.3 (Lau and Fang, 1997). pH values decrease could be attributed to the VFA accumulation (Fig.5) and increase of dissolved CO₂ at low temperature pH values decreased more in the reactor at long low temperature duration for 1 and 5 hr duration the pH decreased to 7.4 where at 24 hr duration it decreased to 7.0 as shown in fig. 4. When the temperature returned to 55°C and low temperature durations were 12 and 24 h, the pH decreased further due to the further accumulation of VFA. The relatively large resistance against pH variation was presumably due to the buffering effect caused by CO₂ vaporization and increasing content of ammonia. The solubility of CO₂ at 60°C was approximately half that at 35°C. Protein was degraded faster in thermophilic anaerobic digestion than in mesophilic conditions which resulted in the increase of ammonia (Speece, 2001). The above conditions provided the alkalinity for the digester. The production of alkalinity by degradation of protein was as follows (Speece, 2001):



(a)

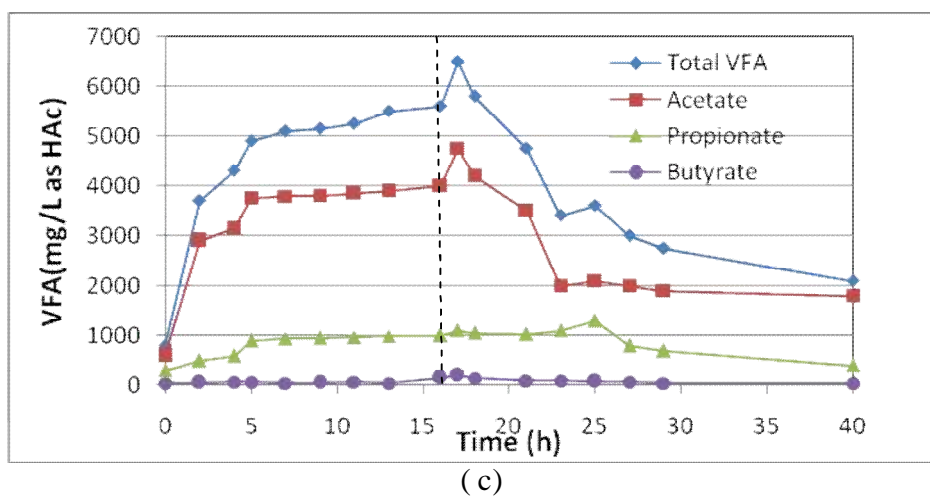
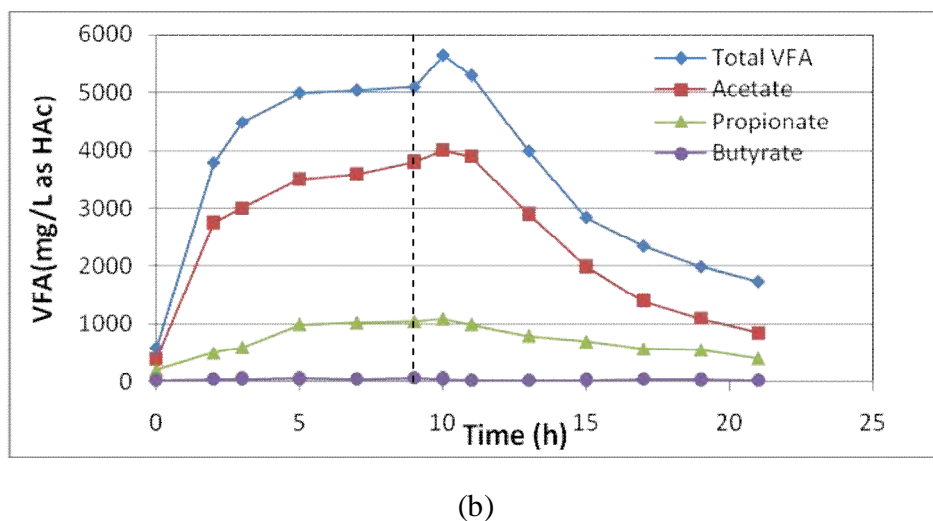
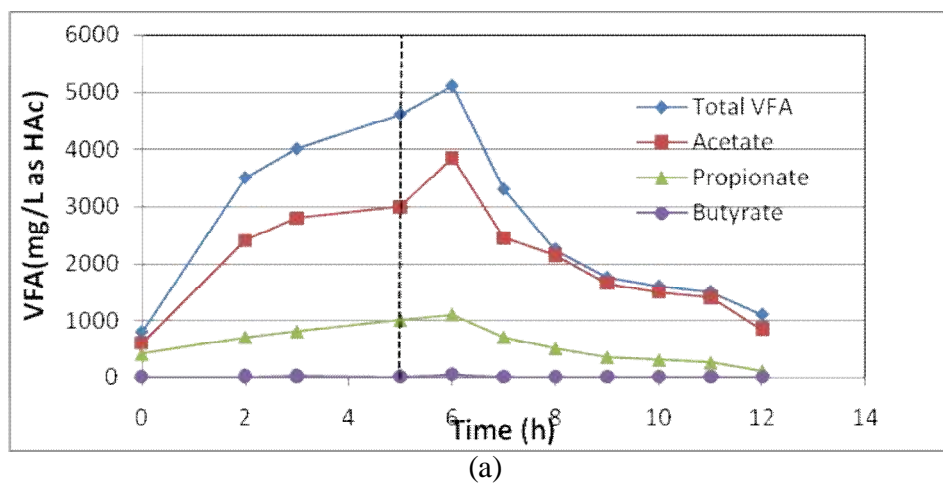


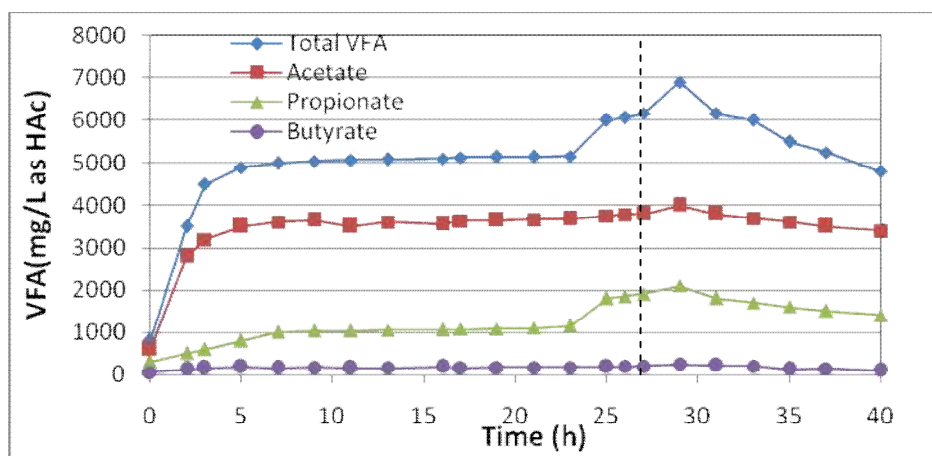
(b)

Fig.4 pH variations in the experiments (a) during 1 h and 5 h; (b) during 12 h and 24 h

VFA CHANGES IN THE EXPERIMENTS

Fig.5 shows that concentrations of total VFA, acetate and propionate increased immediately as the temperature decreased in the thermophilic reactors and led to transient decrease of pH in the digester (Fig.4). For example, when the temperature had decreased to 20 °C for 1 h, concentrations of total VFA, acetic and propionic acid increased from 600, 400 and 140 mg/L to 4200, 3200 and 900 mg/L respectively. When the low temperature duration was 5, 12 and 24 h respectively, VFA concentrations increased more than 1 h (Fig.5), which was partly due to the addition of acids in the feed which were not metabolized due to decrease of metabolic activity at the low temperature for 24 h. However, VFA variation was relative stable in later period 5, 12 and 24 h of low temperature duration. These results were in attributable to temperature fluctuation which decreased the hydrolysis and fermentation activity. Different volatile fatty acids increased to different extent suggests that the microorganisms have not all responded in an identical manner to sudden temperature fluctuation, there was an unbalance of microorganisms in the digester (Lau, 1997). Another reason was that acids were not removed at the same rate. The propionate and butyrate decreased very slowly (Fig.5) because of the limitation of high concentration of acetate and hydrogen partial pressure. Mosey (1982) presented mathematical model to predict the different response of volatile fatty acids to shock treatment. This model proposes that a rise in hydrogen partial pressure will bring about higher rise in the concentration of propionic acid than of acetic or butyric acid. Initial high accumulation of the level of volatile fatty acids with simultaneous lower biogas yield, indicated that fermentation and methanogenic consortia were severely affected by the temperature decrease under different low temperature duration (Fig.5). When the temperature returned to normal level acetate was first acid to be degraded, indicating that acetate degradation was highly influenced by temperature increase. And acetate only accumulated for short period after resumption of operational temperature indicating that the microbial populations present in the reactor could take over the activity of the acetate-utilizing methanogenic archaea (Lau, 1997).





(d)

Fig.5 The total VFA and VFAs fluctuation during (a) 1 h, (b) 5 h, (c) 12 h and (d) 24 h

CONCLUSIONS

1. The experiment results showed that the biogas production almost stopped and the total VFA, acetate and propionate were rapidly accumulated when temperature fluctuated. The pH values reduced transiently. These parameters would be restored when the temperature returned to normal operation levels though some of them lagged dramatically the recovery time.

2. The delay time of methane production were respectively 3, 11, 56 and 72 h at the different low temperature durations which showed that the longer low temperature duration was the more methane bacteria would decay.

3. With longer duration at low temperature there would be much more delay for thermophilic anaerobic digestion system to return to the steady state condition so the digester temperature should be raised back to normal the operating temperature as soon as possible after a heating failure.

4. Thermophilic microorganisms appeared to be highly resilient temperature fluctuations in the process.

REFERENCES

* Ahn, J.H., and Forster, C.F., 2002 "The effect of temperature variations on the performance of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated papermill wastewater". Process Biochemistry, 37(6):589-594.

* Ahring, B.K., Ibrahim, A.A., Mladenovska, Z., 2001 "Effect of temperature increase from 55 °C to 65 °C on performance and microbial population dynamics of an anaerobic reactor treating cattle manure". Water Res., 35(10):2446-2452.



- * **Dohanyos, M., Kosova, B., Zabranska, J., 1985**”*Production and utilization of VFA’s in various types of anaerobic reactors*”. Water Sci. Technol., 17:191-205.
- * **Duran, M.,and Speece, R.E., 1997.**” *Temperature staged anaerobic Processes*”. Environmental Technology, 18:747-754.
- * **El-Mashad, H.M., Zeeman, G., van Loon, W.K.P., Gerard, P.A.B., Lettinga, G., 2004.**” *Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure*”. Bioresource Technology, 95(2):191-201.
- * **Lau, I.W.C., Fang, H.P., 1997.** “*Effect of temperature shock to thermophilic granules*”. Water Res., 31(10):2626-2632.
- * **Li, G.D., 2004.**” *The Handbook of Environment Engineering for Treating Solid Waste*”. Higher Education Press, Beijing, p.64-94.
- * **Mosey, F.E., 1982.**” *Mathematical modelling of the anaerobic digestion: regulated mechanisms for the formation of short-chain volatile acids from glucose*”. Water Sci. Technol., 15:209-232.
- * **Peck, M.W., Skilton, J.M., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L., 1986.**” *Effects of temperature shock treatments on the stability of anaerobic digesters operated on separated cattle slurry*”. Water Res., 20(4):453-462.
- * **Sahlstrom, L., 2003.**” *A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants*”. Bioresource Technology, 87(2):161-166.
- * **Speece, R.E., 2001.**” *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Architecture & Building Press*”. Water Res., 28(13):1624-1633.
- * **Van Lier, J.B., Martin, J.L.S., Lettinga, G., 1996.**” *Effect of temperature on the anaerobic thermophilic conversion of volatile fatty acids by dispersed and granular sludge*”. Water Res., 30(1):199-207.
- * **Visser, A., Gao, Y., Lettinga, G., 1993.** “*Effects of short-term temperature increases on the mesophilic anaerobic breakdown of sulfate containing synthetic wastewater*”. Water Res., 27(4):541-550.
- * **Watanabe, H., Kitamura, T., Ochi, S., Ozaki, M., 1997.**” *Inactivation of pathogenic bacteria under mesophilic and thermophilic condition*”. Water Sci. Technol., 36(6-7): 25-32.



MATHEMATICAL SIMULATION OF UNSTEADY FLOW THROUGH HOLLOW FIBER MEMBRANE

Riyadh Zuhair Al Zubaidy, Ph. D.

Raghad Samir Mahmood, M. Sc.

Department of Water Resources Engineering, University of Baghdad

ABSTRACT

Water flowing through hollow fiber membrane comprises two types of flow each having its own hydraulic characteristics. The first is the flow inside the fiber channel, and the second is the flow through the fiber porous wall. Water flow through hollow fiber membrane, HFM, is unsteady nonuniform flow due to the accumulation of rejected material on the fiber surface causing a change in the hydraulic resistance along the fiber length with time. Under these conditions, a mathematical model was developed to simulate water flow through hollow fiber membrane based upon the equations governing the flow inside the fiber channel and through the fiber wall, equations governing conditions imposed by flow boundaries, and implicit finite difference technique for solving partial differential equations. The model was verified by using published laboratory experimental data. A very good agreement was obtained between the measured and predicted flowrate values under the same conditions.

The mathematical model was applied to three types of commercially available fiber modules to investigate variation of flux, the transmembrane pressure, the thickness of the rejected materials along the fiber length, the flowrate, and the effect of the pot length on the fiber hydraulic performance. It was found there is considerable variation in the hydraulic performance of the three types of fiber. Therefore, the mathematical model provides a tool to work on finding the optimal design of the hollow fiber membrane.

الخلاصة

ان جريان الماء في الاغشية الليفية المجوفة يتضمن نوعين من الجريان لكل منهما خواصة الهيدروليكية، الاول جريان الماء داخل قناة الليف والثاني جريان الماء خلال جداره النفاذ. ان جريان الماء في الاوعية الليفية هو جريان غير ثابت وغير منتظم لتتغير المقاومة الهيدروليكية على امتداد الليف مع الزمن نتيجة تراكم الترسبات على سطح الليف. تحت هذه الظروف تم اعداد نموذج رياضي لمحاكاة جريان الماء خلال الليف بالاعتماد على المعادلات التي تحكم الجريان داخل قناته وخلال الجدار النفاذ له والمعادلات التي تحكم الجريان عند حدود الجريان. تم التحقق من اداء النموذج الرياضي باستخدام قياسات مختبرية منشورة ووجد بان هنالك توافق جيد بين هذه القيم والقيم المستحصلة من النموذج.

استخدم النموذج في تحري تغير التدفق والضغط عبر غشاء الليف وسمك الترسبات على امتداد الليف والتصريف الكلي واثراطول المحكم من الليف لثلاثة انواع من الالياف المجوفة التجارية. وجد بان هنالك تفاوت كبير في الاداء الهيدروليكي للأنواع الثلاث من الالياف. لذا فان النموذج الرياضي المعد يوفر الاداة للعمل على ايجاد التصميم الامثل للالياف المجوفة.

KEYWORDS

Hollow fiber membrane, mathematical model, microfiltration.

INTRODUCTION

Membranes technology represents an important new set of processes for drinking water treatment. Hollow fiber membrane modules become one of the most popular membrane modules used in industry and water treatment. Hollow fiber membrane modules are used in a variety of membrane filtration processes. They typically consist of many fibers arranged in parallel as a bundle in a shell tube and sealed with potting material at each end. Filtration can occur from the outside of the fiber to the inside, or vice versa. Filtration in membrane processes occurs as a result of driving force acting on the feed water.

Water flowing through hollow fiber membrane comprises two types of flow each having its own hydraulic characteristics. The first is the flow inside the fiber channel, and the second is the flow through the fiber wall.

The main objectives of this paper are to develop and verify a mathematical model to simulate the unsteady flow through the hollow fiber membrane module, based on the equations governing the flow inside the fiber channel, and Darcy's formula, which is governing the flow through the fiber wall, and to examine the hydraulic performance of some existing hollow fiber membrane modules.

MATHEMATICAL MODEL

The mathematical simulation of unsteady flow through the hollow fiber membrane during actual operation was developed based on the equations governing the flow through the fiber wall and the fiber channel as described in the following sections.

Equations Governing Flow inside Hollow Fiber Membrane Channel

Flow of water inside hollow fiber membrane channel may be classified as one dimensional unsteady nonuniform flow. **Fig. 1** is a schematic longitudinal section along a flow segment through hollow fiber membrane.

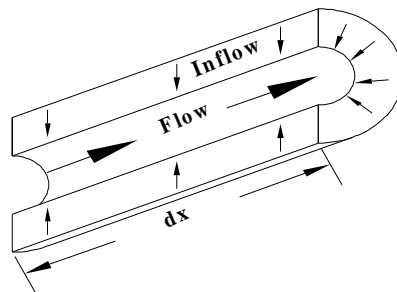


Fig. 1. A schematic longitudinal section along a fiber segment.

The equations governing such a flow are obtained by applying two physical principles, namely conservation of mass and conservation of momentum, to the flow segment. The resulting



equations are two quasi-linear partial differential equations. The derivation of these equations can be found in reference such as, Chaudhary, 1986. These equations can be written as:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{Q}{A} \sin \alpha + \frac{a^2}{gA} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{a^2}{gA} q_w = 0 \quad (1)$$

and

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{fQ|Q|}{2idA} + \frac{Q}{A} q_w = 0 \quad (2)$$

In which

H = piezometric head, (L),

Q = flowrate, (L³/T),

a = speed of the pressure wave, (L/T),

A = cross sectional area of fiber channel, (L²),

x = horizontal distance along fiber, (L),

t = time, (T),

α = angle of the fiber inclination with the horizontal coordinate,

q_w = flux, lateral inflow rate per unit length of fiber, (L³/T/L),

f = friction factor, (dimensionless),

id = inner diameter of the fiber, (L), and

g = gravitational acceleration, (L/T²).

In eqs. (1) and (2), there are two independent variables, x and t , three dependent variables, Q , H and q_w . Other variables, A and id , are characteristics of the fiber system and are time-invariant. Friction factor is assumed to vary with the Reynolds number, Re , and is evaluated depending upon the flow type. The pressure wave speed in fiber is calculated according to fiber and water properties. Assuming no gas bubbles or fluid vapor appear, the wave speed is considered not to change during the unsteady state.

Equations Governing Flow through Fiber Wall and Rejected Material Layer

The flow of water through the fiber wall is a one dimensional unsteady flow. Darcy's law can be used to estimate the flowrate through the fiber wall and the rejected material layer. The following simplified assumptions are usually made in the model:

1. The medium forming the fiber wall is symmetric, i.e., it has a constant hydraulic conductivity,
2. The average size of the particle accumulation on the outer fiber surface is larger than the pore size of the fiber, i.e., the membrane hydraulic conductivity does not change with time,
3. The rejected material layer is incompressible; the porosity and hydraulic conductivity are independent of the applied feed pressure,
4. The rejected material layer is homogenous and has same hydraulic conductivity along the length of the fiber,
5. The rejected material layer is uniform porous structure, and
6. The applied feed pressure is constant along the fiber and does not change with time.

The flow of water through a fiber segment of a unit length is governed by Darcy's Law and can be written in polar coordinate system as, Al Zubaidy, 2007:

$$q_w = 2\pi K_w \frac{(H_o - H)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} = 2\pi K_w \frac{TMP}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \quad (3)$$

In which

K_w = hydraulic conductivity of the fiber wall, (L/T),
 TMP = Transmembrane pressure head, (H_o-H), (L),
 H = the head inside the fiber channel, (L),
 H_o = the head outside the fiber, the applied head, (L),
 r_o = the fiber outer radius, (L), and
 r_i = the fiber inner radius, (L).

The hydraulic conductivity, K_w , is a measure of the ability of water to flow through a fiber wall. It depends on the fluid and the fiber properties. During actual filtration process, the rejected materials starts to accumulate on the fiber wall and over all K_w starts to vary with time. **Fig. (2)** shows a schematic cross section through a fiber wall and the rejected material layer; an equivalent layer can be substituted for the fiber wall and the rejected material layer. The radial flowrate is the same for the fiber wall and rejected material layer, the total TMP is equal to the sum of TMP of the fiber wall and the rejected material layer, that is:

$$TMP_{equivalent\ layer} = TMP_{fiber\ wall} + TMP_{rejected\ material\ layer} \quad (4)$$

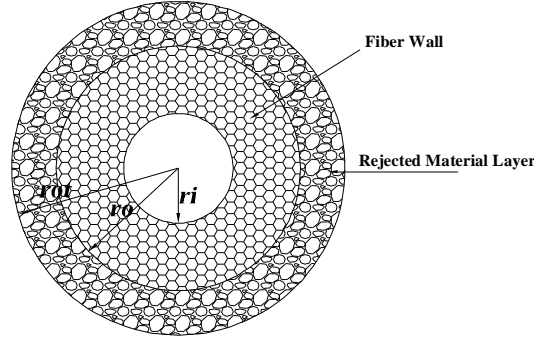


Fig. (2). A schematic cross section through a fiber wall and rejected material layer.

Substituting an expression for TMP from **eq. (3)**, **eq. (4)** may be written as:

$$\frac{q_w \ln\left(\frac{r_{ot}}{r_i}\right)}{2\pi K_{eq}} = \frac{q_w \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi K_w} + \frac{q_w \ln\left(\frac{r_{ot}}{r_o}\right)}{2\pi K_c} \quad (5)$$

In which

r_{ot} = the rejected material layer outer radius, (L),
 K_c = the rejected material hydraulic conductivity, (L/T), and
 K_{eq} = equivalent hydraulic conductivity, (L/T).

Rearranging eq. (5), an expression for an equivalent hydraulic conductivity may be written as:

$$K_{eq} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ot}}{r_i}\right)}{\frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{K_w} + \frac{\ln\left(\frac{r_{ot}}{r_o}\right)}{K_c}} \quad (6)$$

Eq. (3) may be written now as:

$$q_w = 2pK_{eq} \frac{TMP}{\ln\left(\frac{r_{ot}}{r_i}\right)} \quad (7)$$

The TMP in the above equation refers to the equivalent TMP of the rejected materials and the fiber wall.

The rejected material layer outer radius is changing during the filtration process as the rejected materials accumulated on the fiber surface. The variation of the rejected material layer outer radius is mainly affected by particle concentration in the raw water, C , rejected material density, ρ_c , flux, and the filtration time increment, Δt . An expression for obtaining the new outer radius of the rejected material layer after Δt of filtration was derived and is given by the expression:

$$r_{ot}^{new} = \sqrt{r_{ot}^{old} + \frac{C \Delta t q_w}{p r_c}} \quad (8)$$

SOLUTION PROCEDURE

The equations governing the unsteady flow state conditions in a hollow fiber membrane, eqs. (1) and (2), are two quasi-linear, hyperbolic, partial differential equations. The numerical simulation of the equations of unsteady flow described as follows: consider a nonuniform rectangular grid on the x - t plane as shown in Fig. (3). The distances along the fiber are represented by abscissas and ordinates represent times. Each point is identified by a subscript i which designates the x -position and a superscript j for the time line. The t -axis, where $x=0$, may be used as the upstream fiber boundary location, and the last line drawn parallel to the t -axis, to be designated the n^{th} line, can be used to represent the downstream boundary location.

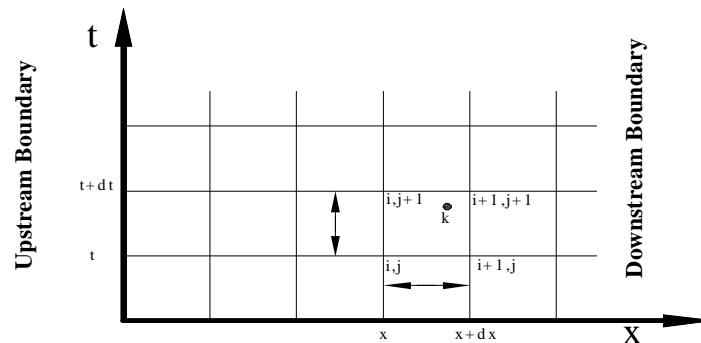


Fig. (3). Network of points on x , t -plane.

The space and time derivatives of a function $F(x, t)$ in the intervals $i, i+1$ and $j, j+1$ can be expressed as:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \frac{\theta(F_{i+1}^{j+1} - F_i^{j+1}) + (1-\theta)(F_{i+1}^j - F_i^j)}{\Delta x} \quad (9)$$

and

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \frac{F_{i+1}^{j+1} + F_i^{j+1} - F_{i+1}^j - F_i^j}{2\Delta t} \quad (10)$$

In addition, the value of $F(x, t)$ can be approximated by:

$$F = \frac{\theta(F_{i+1}^{j+1} + F_i^{j+1}) + (1-\theta)(F_{i+1}^j + F_i^j)}{2} \quad (11)$$

The weighing factor θ is given a value between 0.5 and 1.0. A value $\theta=0.5$ is known as the "box" scheme, which is used in this study, while $\theta=1$ is the fully implicit scheme.

Applying the approximation concepts given by **eqs. (9)** to **(11)** to the derivative and non-derivative terms in the unsteady flow, **eqs. (1)** and **(2)**, the finite difference formulations of the continuity, C_i , and momentum, M_i , equations for node i becomes

$$\begin{aligned} M_i = & \frac{1}{2\Delta t} [Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^{j+1} - Q_{i+1}^j - Q_i^j] + \frac{1}{2A\Delta x} [q(Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j + Q_i^j)] \\ & * [q(Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j - Q_i^j)] + \frac{gA}{\Delta x} [q(H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}) + (1-q)(H_{i+1}^j - H_i^j)] \\ & + \frac{1}{4idA} [q(f_{i+1}^{j+1} Q_{i+1}^{j+1} |Q_{i+1}^{j+1}| + f_i^{j+1} Q_i^{j+1} |Q_i^{j+1}|) + (1-q)(f_{i+1}^j Q_{i+1}^j |Q_{i+1}^j| + f_i^j Q_i^j |Q_i^j|)] \\ & + \frac{1}{4A} [q(Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j + Q_i^j)] * [q(q_{wi+1}^{j+1} + q_{wi}^{j+1}) + (1-q)(q_{wi+1}^j + q_{wi}^j)] = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

and

$$\begin{aligned} C_i = & \frac{1}{2\Delta t} [H_{i+1}^{j+1} + H_i^{j+1} - H_{i+1}^j - H_i^j] + \frac{1}{2A\Delta x} [q(Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j + Q_i^j)] \\ & * [q(H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}) + (1-q)(H_{i+1}^j - H_i^j)] - \frac{\sin a}{2A} [q(Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j + Q_i^j)] \\ & + \frac{a^2}{gA\Delta x} [q(Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}) + (1-q)(Q_{i+1}^j - Q_i^j)] - \frac{a^2}{2gA} [q(q_{wi+1}^{j+1} + q_{wi}^{j+1}) + (1-q)(q_{wi+1}^j + q_{wi}^j)] = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Where:

$$q_{wi+1}^{j+1} = 2pK_{eqi+1}^{j+1} \frac{(TMP_{i+1}^{j+1})}{\ln \left(\frac{r_{ot i+1}^{j+1}}{r_i} \right)} \quad (14)$$

Fig. (4) shows a schematic diagram of a fiber membrane insulated in an actual fiber module. The pot distance, L_{pot} is required to seal the fibers by using a special sealant so that all the flowrate of the module will be through the fiber wall and through the fiber channels along the effective length of the fiber, L_{total} . The fiber has two outlets at both ends, which means the flow of the fiber membrane module is symmetrical. Therefore, the flowrate calculations will be carried out on one half and for the whole flow for the fiber is twice the calculated. In this paper, the appropriate length for use in the model is half of the effective length that is L . The length, L is divided into $n-1$ segments each has a length of Δx . Usually, the node numbering starts from the upstream end down to the downstream end, e.g., node number 1 and number n refer to the nodes at the upstream and downstream, respectively. Node number 1 is at the half of the effective length of the fiber, node number n is at the open end.

In eqs. (12) and (13) all the terms associated with the j^{th} time line are known either from the initial conditions or from previous computations. This system of nonlinear equations cannot be solved directly since these four unknowns, H and Q at points i and $i+1$ on the $j+1$ time line, and only two equations. However, if similar equations are formed for each of the $n-1$ segments between upstream and downstream boundaries, a total of $2N-2$ equations with $2N$ unknowns are obtained. Two auxiliary equations are needed to make the number of equations equal to the number of unknowns which is obtained by the upstream and downstream boundary conditions. The systems of nonlinear equations are solved by Newton-Raphson's iterative method.

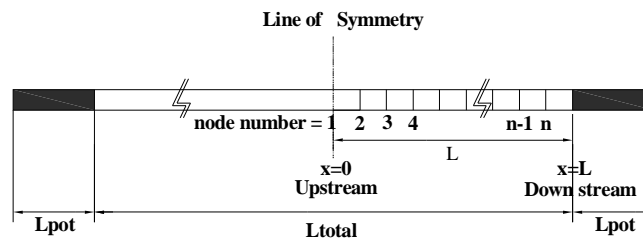


Fig. (4). A schematic diagram of a fiber membrane.

At the upstream boundary, $x=0$, the flowrate is equal to zero. At the downstream boundary, $x=L$, the pressure is constant and is equal to atmospheric pressure. When considering the pot as a part of the fiber, the equations governing the flow conditions through the pot channel are similar to the equations governing the flow through the fiber length except the last terms of eqs. (1) and (2), representing the effects of lateral flow, are ignored.

In order to start the computations of flow, initial flow conditions are required. The initial conditions can be obtained from computation of previous modeling process or it may be assumed arbitrarily then adjusted by operation of unsteady state model with pure water. The solution will converge rapidly, after few iterations in the first and second time steps and the correct results are produced regardless of the values of the assumed initial conditions.

MATHEMATICAL MODEL VERIFICATION

The developed mathematical model was calibrated and verified by using published laboratory experimental data to check the performance of the model and the validity of the assumptions made. Laboratory experiments, presented by Al-Zubaidy, 2007, were selected for verification, and were carried out on polypropylene, with inner and outer diameters of $0.39mm$ and $0.65mm$, respectively. The fibers were divided into four sets each set consists of ten fibers. The flowrate, under a constant head of $2m$, of each set was measured with its initial length, and then the flowrate is measured each once after reducing the length of the fibers.

The data of the first set were used for calibrating the hydraulic conductivity of the membrane with its initial length. It was found that the hydraulic conductivity coefficient of the measuring sets is equal to $4.64 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$ and it gives a minimum sum of squares of relative errors between predicted and measured flowrate.

For purpose of mathematical model operation, a distance increment of 1 cm , weighing factor, θ , of 0.55 , and a calculation tolerance limit of 0.0001 for both head and flowrate were used during the runs. The mathematical model was used then to predict the flowrate values of the fibers sets by just changing the fibers length. **Fig. (5)** shows a comparison between measured and mathematical model predicted flowrate values for different lengths. A good agreement between the measured and predicted flowrates values can be seen with a correlation coefficient value of 0.99 .

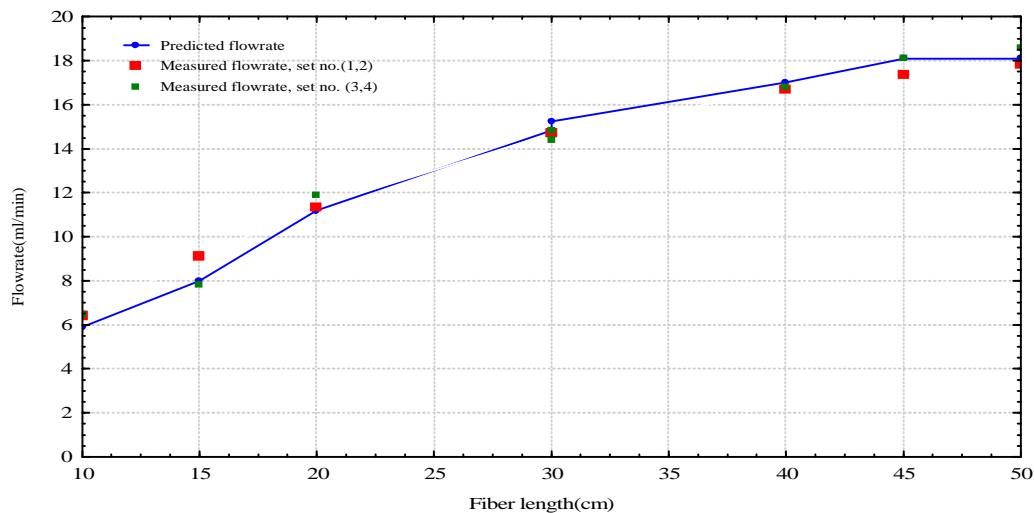


Fig. (5). Comparison between measured and predicted flowrate of fibers with different lengths.

APPLICATION OF THE UNSTEADY FLOW MATHEMATICAL MODEL

The developed mathematical model being calibrated and verified was used to study the hydraulic performance of the hollow fiber membrane. It was applied to investigate the hydraulic performance of three selected existing commercial hollow fiber membrane modules having different specifications under the conditions: the hollow fiber membrane is horizontal, the applied head is 2 m , and the hydraulic performance was studied in half of the effective length of the fiber.

Fouling analysis was performed assuming the water to be treated containing 0.25 mg/l of clay. The hydraulic conductivity coefficient of the clay is 10^{-8} m/sec and the specific gravity of the clay is 1.49 , Singh and Punmia, 1970.

First Hollow Fiber Membrane Module

The specifications of the first type hollow fiber membrane modules that were hydraulically analyzed using the developed mathematical model are listed in **Table (1)**.

Table (1). Specifications of the third hollow fiber membrane module.

Parameter	Value
Fiber inner diameter, <i>mm</i> .	0.25
Fiber outer diameter, <i>mm</i> .	0.55
Number of fibers per module.	20 000
Effective fiber length, <i>cm</i> .	97
Pot length, <i>cm</i> .	10
Hydraulic conductivity coefficient of membrane, <i>m/sec</i> .	2.32×10^{-8}

Figs. (6) through (10) show the variation of the flux, transmembrane pressure head, thickness of rejected material layer along the fiber length with time, total fiber flowrate, and the effect of the pot on the ends of the fiber on the total flowrate.. Initially, the flux is nonuniform distributed along the fiber; the flux is very high near the exit end of the fiber. The flux drops by 99.8% between the two ends of the fiber as a result of the TMP reduction due to high head loss through the fiber's channel. About 80% of the total flowrate is within the 1st 10cm. The nonuniform flux distribution along the fiber leads to a nonuniform distribution of the rejected material along the fiber. A great reduction in the flux accrued within the 8hrs of filtration, at the exit the flux is reduced to 33% of its initial value. The total fiber flowrate is reduced about 50% of its initial flowrate after 24hr of filtration. The flowrate tends to be high during the initial time, after several hours, it declines off dramatically, the flowrate at open end decline, which was defined as $(\text{initial flowrate} - \text{final flowrate}) / \text{initial flowrate}$, is about 38.4% during the first eight hours. Then the flowrate at open end continues to decline, but at a much slower rate, the flowrate at open end declines to 8.6%, and 5% for the second, and last eight hours, respectively. It was found when using a pot at the end of the hollow fiber membrane; the flowrate at open end is reduced because of a very high head loss through the pot length but difference decreases with the time as the flowrate decreases. Initially the decrease is 58%, dropping to 43.2%, 41%, and 39.8% at $t=8, 16, 24\text{hrs}$, respectively.

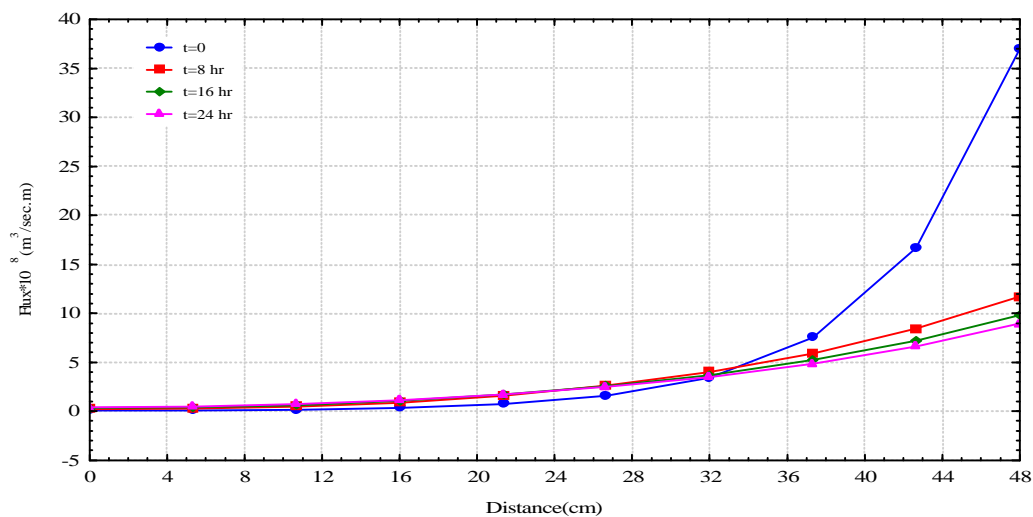


Fig. (6). Flux variation along the fiber with time of the first fiber module.

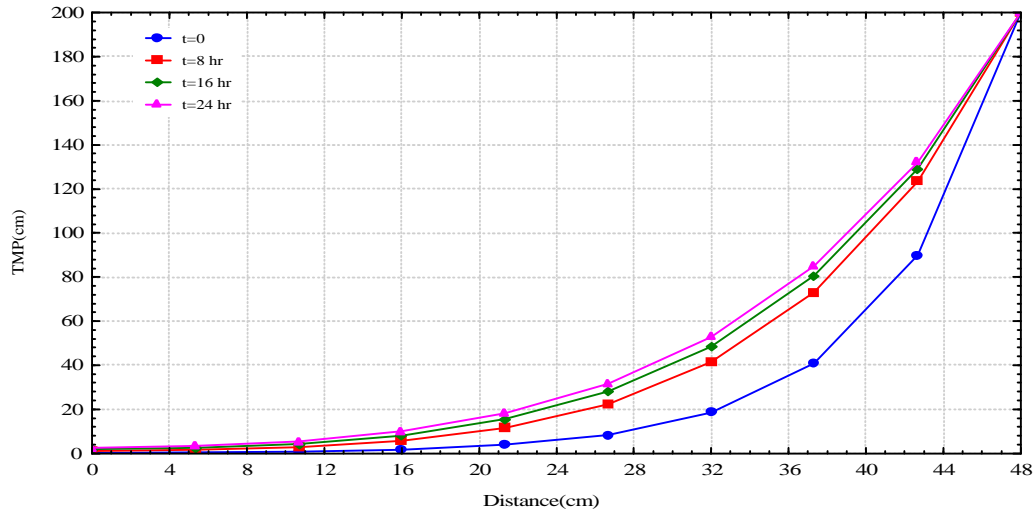


Fig. (7). Variation of TMP along the fiber with time of the first fiber module.

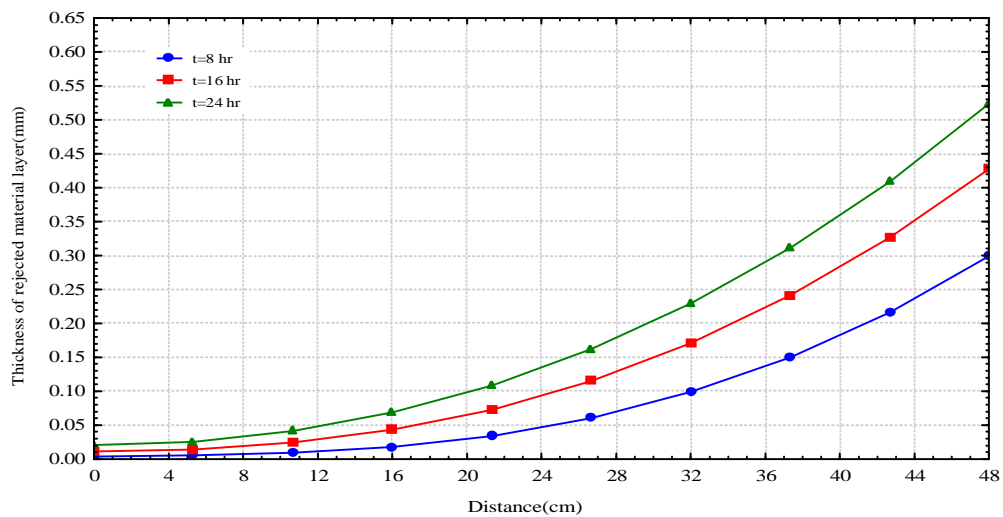


Fig. (8). Variation of the rejected material along the fiber with time of the first fiber module.

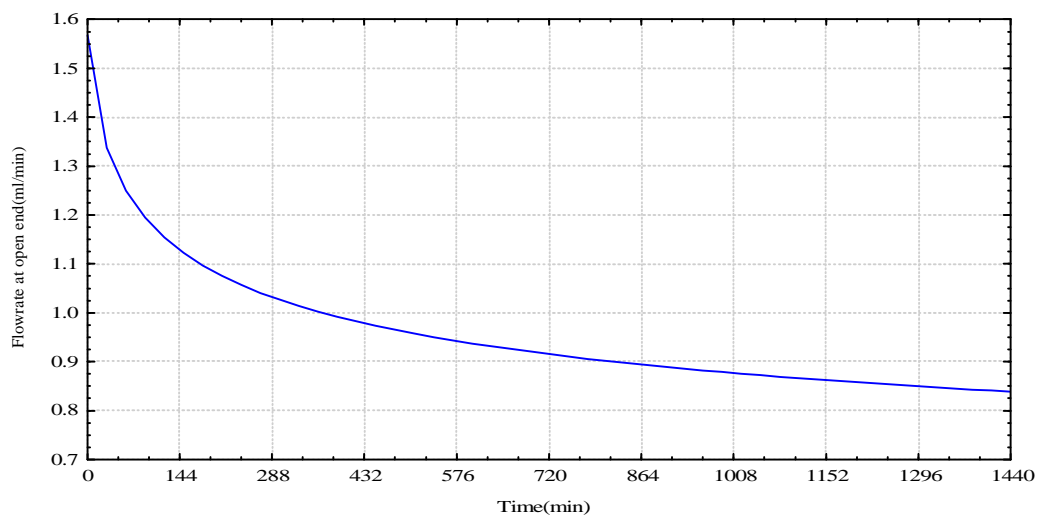


Fig. (9). Variation of the total flowrate with time of the first fiber module.

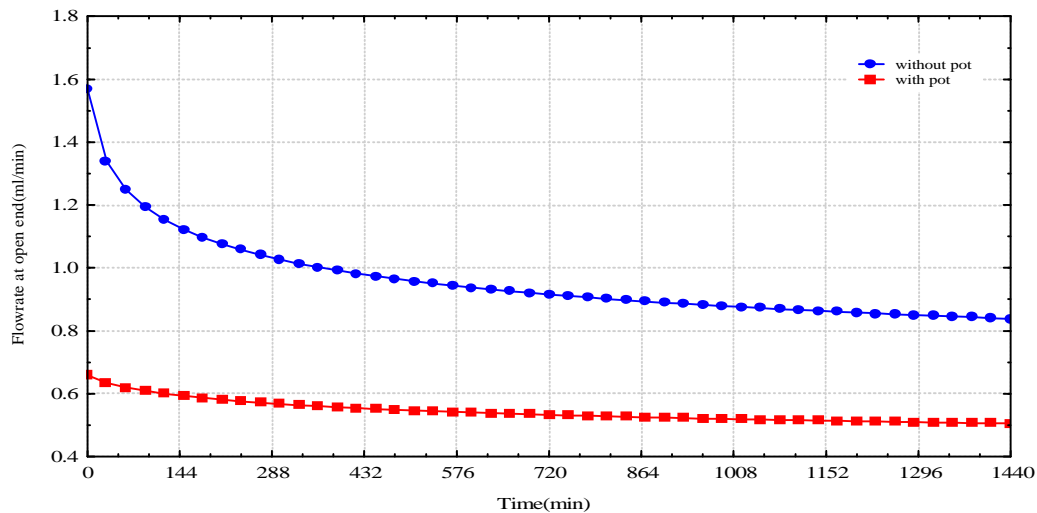


Fig. (10). Effect of pot on the variation of flowrate with time of the first fiber module.

Second Hollow Fiber Membrane Module

The hollow fiber membrane module specifications are listed in **Table (2)**.

Table (2). Specifications of the second hollow fiber membrane module.

Parameter	value
Fiber inner diameter, <i>mm.</i>	0.39
Fiber outer diameter, <i>mm.</i>	0.65
Number of fibers per module.	20 000
Effective fiber length, <i>cm.</i>	100
Pot length, <i>cm.</i>	3.5
Hydraulic conductivity coefficient of membrane, <i>m/sec.</i>	4.64×10^{-9}

Fig.s (11) through (15) show the variation of the flux, transmembrane pressure head, thickness of rejected material layer along the fiber length with time, total fiber flowrate, and the effect of the pot on the ends of the fiber on the total flowrate. Initially, flux follow the same trend of the first type of fiber but the flux drops by 61.5% between the ends of the fiber with less head losses due to the inner diameter is larger then the first type of fibers. The flux drop along the fiber is 48.6% of the $t=8$ hr, dropping to 44.4%, 42.1% for 16 and 24 hrs respectively. The variation of flowrate decline during the first eight hours is about 15.8% down to 7.4% and 4.9% for the second, and last eight hours, respectively. It was found that the flowrate at open end is reduced through the pot length but this decrease change with the time. Initially the decrease is 9.3, dropping to 7.2, 6.6, and 6.2 at $t=8$, 16, 24 hrs, respectively.

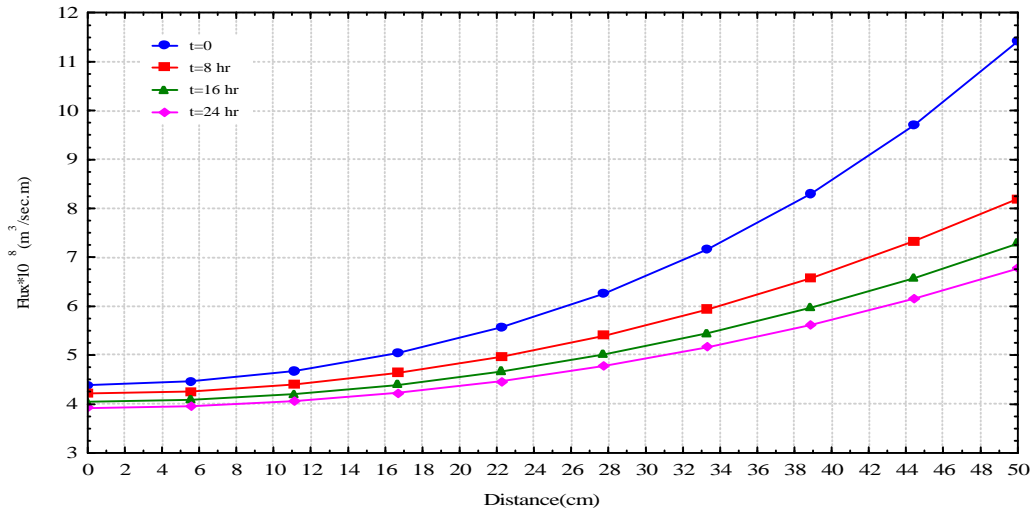


Fig. (11). Flux variation along the fiber with time of second fiber module

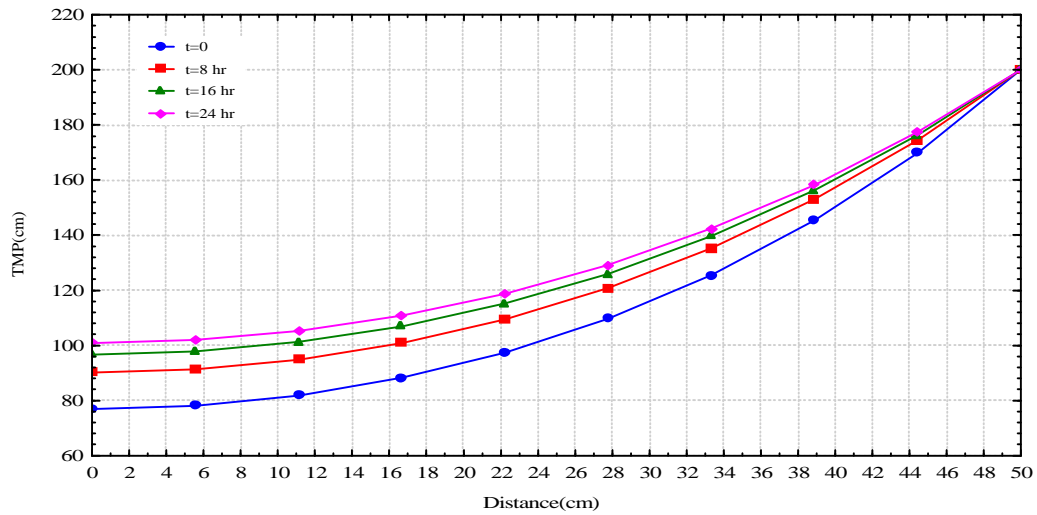


Fig. (12). Variation of TMP along the fiber with time of the second fiber module.

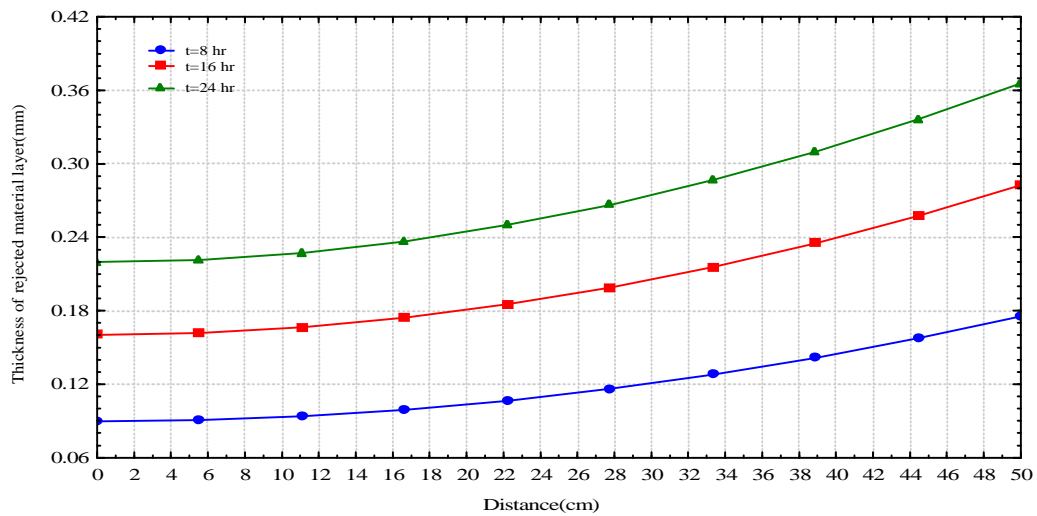


Fig. (13). Variation of the rejected material along the fiber with time of the first fiber module.

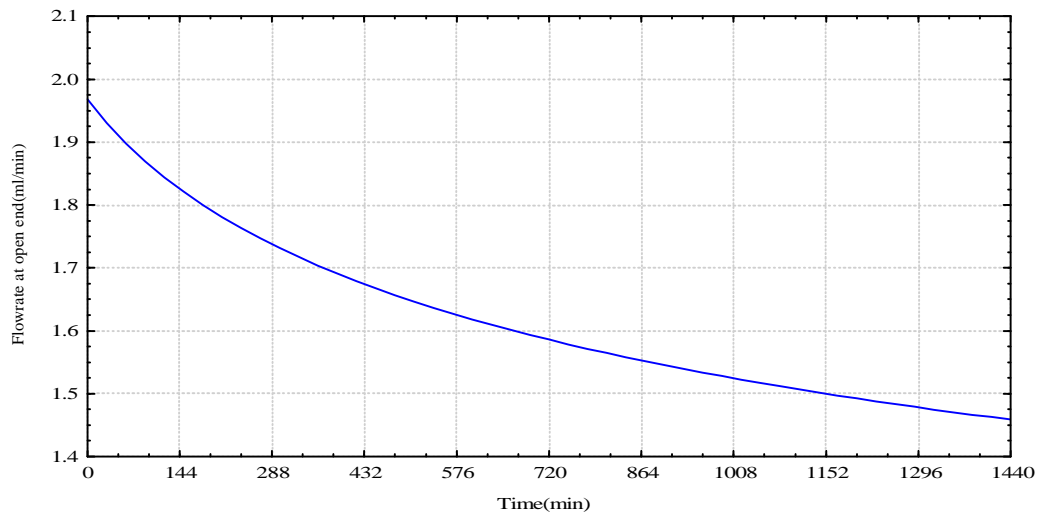


Fig. (14). Variation of the total flowrate with time of the second fiber module.

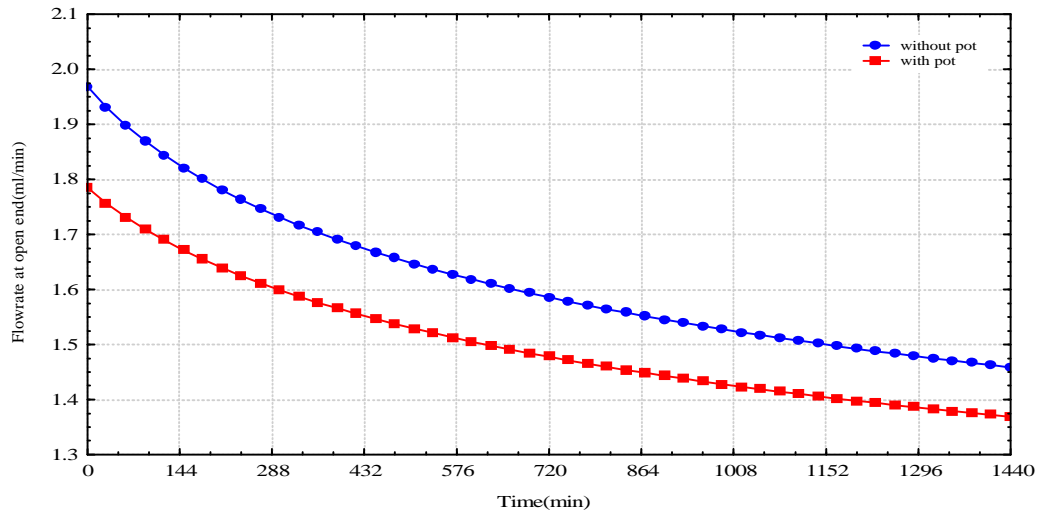


Fig. (15). Effect of pot on the variation of flowrate with time of the second fiber module.

Third Hollow Fiber Membrane Module

The third hollow fiber membrane module specifications are listed in **Table (3)**.

Table (3). Specifications of the third hollow fiber membrane module.

Parameter	value
Fiber inner diameter, <i>mm</i> .	0.8
Fiber outer diameter, <i>mm</i> .	1.20
Effective fiber length, <i>cm</i> .	144.75
Pot length, <i>cm</i> .	4
Membrane hydraulic conductivity coefficient, <i>m/sec</i> .	2.57×10^{-9}

Figs (16) through (20) show the variation of the flux, transmembrane pressure head, thickness of rejected material layer along the fiber length with time, total fiber flowrate, and the effect of the pot on the ends of the fiber on the total flowrate. The flow follows the same trend of the first and second types of fibers with slight differences reflecting the influence of the large inner diameter of the fiber that reduces the head losses through the fiber channel. Initially, the flux drop is just 9.7% along the fiber, and dropping to 8.4%, 7.7%, and 7.2% after 8, 16, and 24 hrs, respectively. The flowrate decline during the first eight hours is about 7.4%, dropping to 5.2%,

and 4% for the second and last eight hours, respectively. The total flowrate is reduced when using the pot, the Initial decrease is 1%, dropping to 0.93, 0.9, and 0.8 at $t=8$, 16, 24 hrs, respectively.

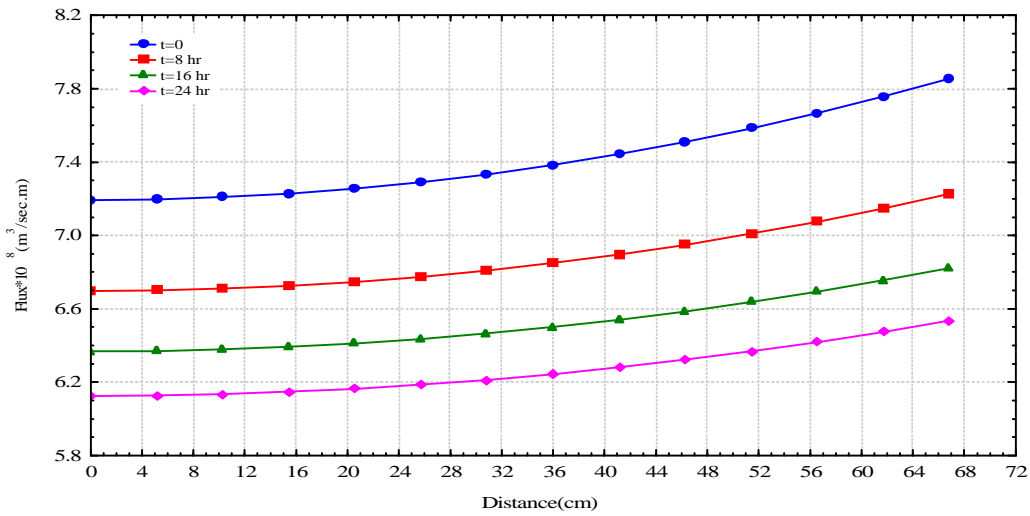


Fig. (16). Flux variation along the fiber with time of third fiber module

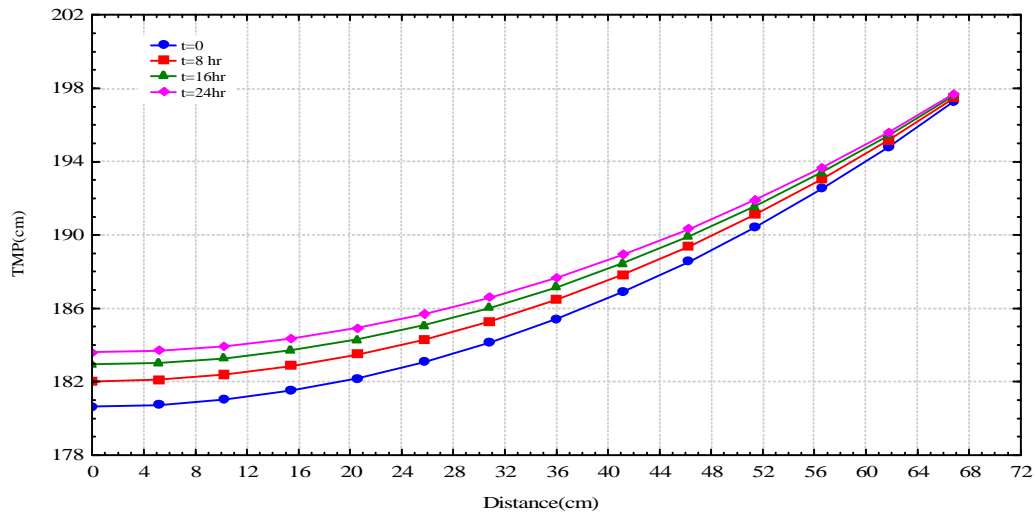


Fig. (17). Variation of TMP along the fiber with time of the third fiber module

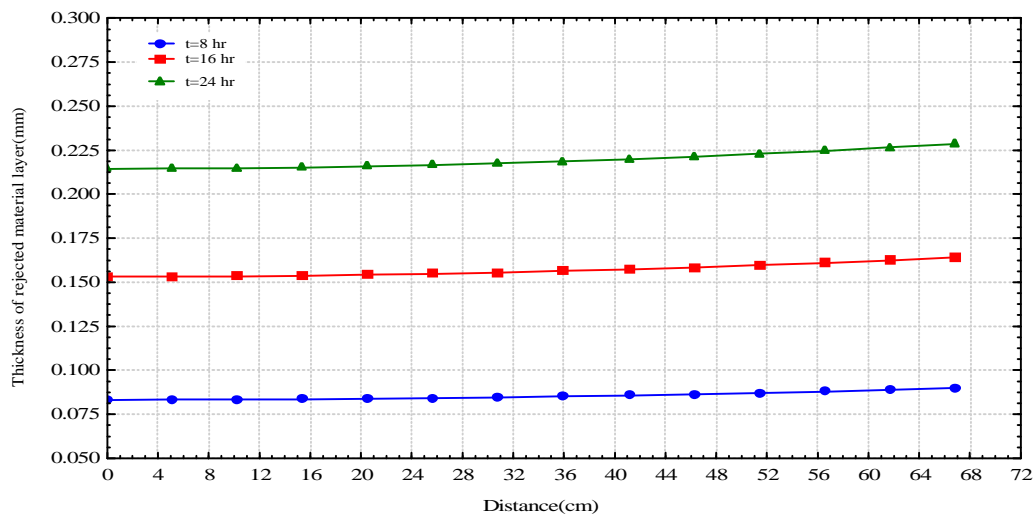


Fig. (18). Variation of the rejected material along the fiber with time of the third fiber module.

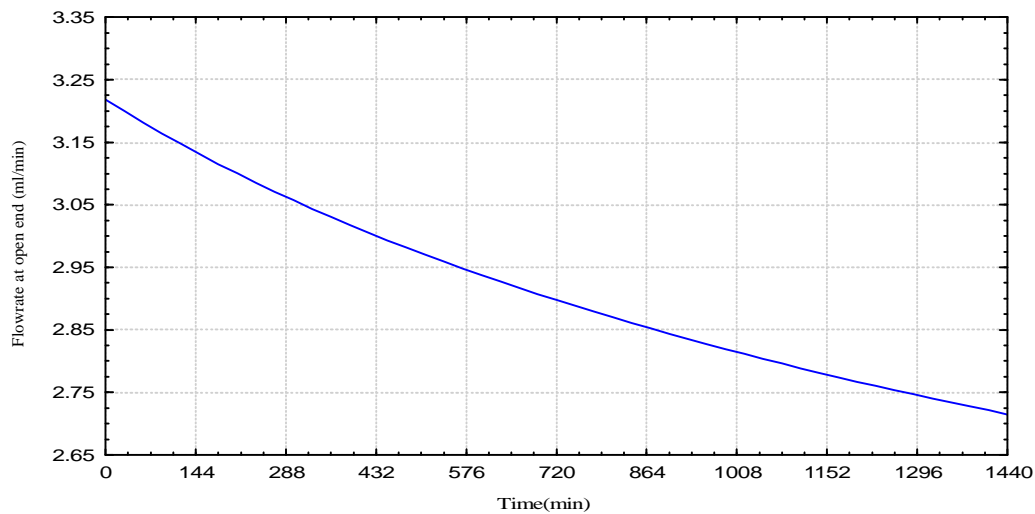


Fig. (19). Variation of the total flowrate with time of the third fiber module.

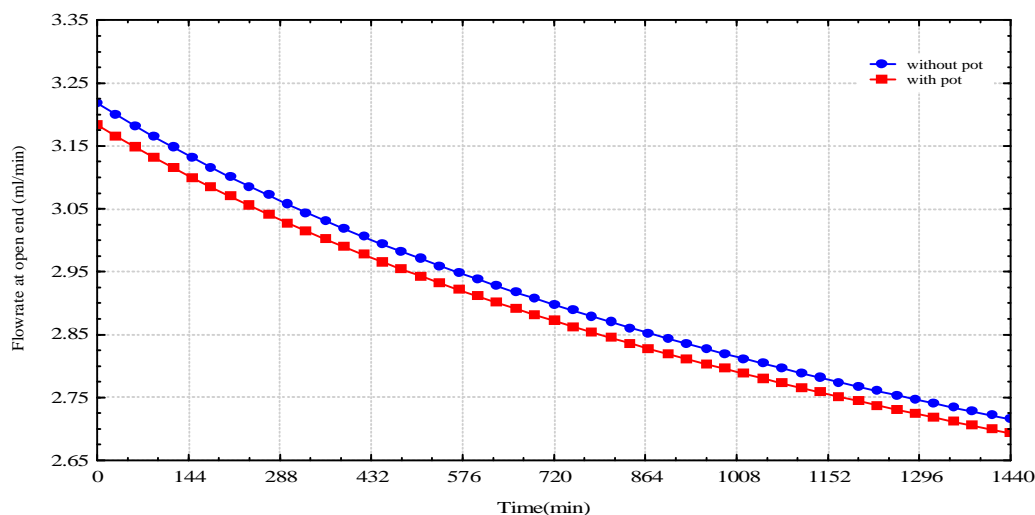


Fig. (20). Effect of pot on the variation of flowrate with time of the third fiber module.

CONCLUSIONS

1. The flow through the hollow fiber membrane under the condition of unsteady flow could be simulated mathematically by applying the equations governing the flow inside the fiber channel, and the fiber wall and equations governing the flow conditions at the boundaries. A very good agreement was found between the laboratory and predicted data under the same conditions.
2. There is a great difference in hydraulic performance of the commercially available hollow fiber membrane and each has its design criteria.
3. The flux is initially nonuniformly distributed along fibers due to the nonuniform distribution of the transmembrane pressure; this fact leads to a nonuniform distribution of the rejected material along the fiber. this nonuniformity increases as the inner fiber diameter decreases.
4. The pot has an effect of reduction the total flowrate. This effect increases as the inner fiber diameter decreases.

5. The thickness of the rejected material on the surface of large inner fiber diameter is of a less thickness than that of small inner diameter for the same amount filtrated water volume, which leads to less flow resistance.

RECOMMENDATIONS

The following recommendations were found to provide a guide for further studies:

1. Study the effect of variation of the applied head with the time under normal operation conditions.
2. Study the optimal design criteria for the hollow fiber membrane.

REFERENCES

- * AL Zubaidy, R. Z. , 2007, Mathematical Simulation of the Flow through Hollow Fibre Membrane under Constant Hydraulic Conductivity, J. Eng., Vol. 13, No. 3.
- * Baker, R. W., 2004, Membrane Technology and Applications, 2nd Edition, John Wiley and Sons Ltd, England.
- * Chaudhary, M. H., 1986, Applied Hydraulic Transients, 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- * Porter, M. C., 1990, Handbook of Industrial Membrane Technology, Reprint Edition, Noyes publications, United States of America.
- * Singh, A., and Punmia, B. C., 1970, Soil Mechanics and Foundations, Rajinder Kumar Jain.

LIST OF SYMBOLS

- α = inclined fiber with the horizontal coordinate.
 ρ_c = particle density, (M/L³).
 Θ = Weight factor for variation with respect to t-axis.
 Δt = the increment of the time, (T).
 Δx = the increment of the distance, (L).
 A = cross sectional area of fiber channel, (L²).
 a = speed of the pressure wave, (L/T).
 A_w = flow sectional area of the fiber wall, (L²).
 C = feed water concentration, (M/L³).
 Ci = Function identifying equation of continuity.
 f = friction factor, (dimensionless).
 g = gravitational acceleration, (L/T²).
 H = piezometric head, (L).
 i = A subscript refers to distance segment sequence; a subscript refers to node number.
 id = inner diameter of the fiber, (L).
 i_w = hydraulic gradient through the fiber wall, (L/L).
 j = A superscript refers to time segment sequence.
 K = The variable of finite difference expressions conveyance.
 Kc = the rejected material hydraulic conductivity, (L/T).
 Keq = equivalent hydraulic conductivity, (L/T).
 K_f = bulk modulus of elasticity of fluid, (M/L.T²).
 K_w = hydraulic conductivity of the fiber wall, (L/T).
 L = Half of the effective length fiber, (L).
 L_{pot} = The pot distance, (L).
 L_{total} = The effective length of fiber, (L).
 Mi = Function identifying equation of momentum.
 N = Subscript identifying downstream boundary.
 Q = flowrate, (L³/T).



qw = flux (lateral inflow rate per unit length of fiber, volumetric flowrate through the fiber wall per unit of fiber length), ($L^3/L.T$).

Q_w = volumetric flux through the fiber wall, (L^3/T).

r = the fiber radius, (L).

r_i = the fiber inner radius, (L).

r_o = the fiber outer radius, (L).

r_{ot} = the rejected material layer outer radius, (L).

t = time, (T).

th = wall thickness, (L).

TMP = Transmembrane pressure head, (H_o-H), (L).

x = horizontal distance along fiber, (L).



INCREASING THE ADSORPTION SURFACE AREA OF ACTIVATED CARBON

Prof. Dr. Abbas H. Sulaymon,

Dr. Shahlaa E. Ebrahim

College of Engineering University of Baghdad

ABSTRACT

Experiments were carried out to study the effect of various activated carbon-glass beads weight ratios, influent phenol concentrations, flow rate and bed depth on the performance of fixed bed adsorption column. The equilibrium data and interparticle diffusion coefficients obtained from separate experiments in a batch adsorber were fitted with theoretical model.

The effect of adding different weight ratios of an inert solid material to the adsorbent bed in the adsorption process of phenol onto activated carbon was carried out. Adding 5 wt % glass beads to the activated carbon bed reduces the amount of activated carbon by 5% and increases the operating time by 80%. Increasing the glass beads from 10 wt % and above makes the adsorption process inefficient compared with 0 wt % glass beads.

A mathematical model was achieved to describe the mass transfer kinetics in a fixed bed column. The results show that the mathematical model includes external mass transfer and pore diffusion using nonlinear isotherms, provides a good description of the adsorption process for phenol in fixed bed adsorber.

KEY WORDS

Fixed bed adsorption, activated carbon, phenol removal, mathematical model of adsorption process.

INTRODUCTION

Phenolic compounds are very poisonous organic compounds that enter the aquatic environment through direct discharge from such industrial sources as cook ovens in steel plants, oil refineries, phenolic resin plants, and pharmaceutical and pesticide manufacturers. The content of the phenolic compounds in the industrial wastewater (about 200-2000 mg/l) is usually higher than the standard limit (0.1 mg/l) established for their release into the environment. Therefore,

attention has been paid to the removal of phenolic compounds from industrial wastewater by many researchers around the world using activated carbon (1, 2).

Granular activated carbon (GAC) is efficient in adsorption of numerous bio-resistance organic pollutants from aqueous system, activated carbon adsorption has been recommended by the U.S Environmental Protection Agency (USEPA) as one of the best available technologies for synthetic organic chemical removal (3).

Due to their high porosity, activated carbon is the most widely used material for adsorption of chemicals (4). The adsorption process of a solute on an activated carbon takes place at the liquid-solid boundary; it is thus clearly a “heterogeneous” reaction, and the interface of the two phases represents a special environment under dimensional or topological constraints (5).

To design and operate a fixed bed adsorption process successfully, the column dynamics must be understood; that is the breakthrough curves under specific operating conditions must be predictable. A mathematical model of fixed bed adsorber is very useful for the proper design and the determination of the optimal operating conditions for this equipment. Different models for the adsorption process have been proposed in the literature (6). The differences in the mathematical models of adsorption processes arise from the different representation of the equilibrium behavior, the different expressions of the mass transfer inside and outside the adsorbent particle and from how the axial dispersion is taken into account in the material balance for the adsorbate in the fixed bed column. Also various numerical techniques have been developed for the solution of the fixed bed adsorber models.

Several rate models have been developed that take into account an external film transfer rate step, unsteady state transport in the solid phase and nonlinear equilibrium isotherm to predict adsorption rates in batch reactor and fixed bed (7).

Under a wide range of operating conditions, the key process parameters in adsorption such as isotherm constants and mass transfer coefficients are established by conducting batch studies of adsorption. Langmuir, Freundlich, Radke-Prausnitz, Reddlich-Peterson and Combination of Langmuir-Freundlich isotherms have been applied to describe the equilibrium between liquid-solid phases. The parameters that are responsible for mass transfer operation are the external mass transfer coefficient and interparticle diffusivity or surface diffusion coefficient.

The liquid hold-up is an important characteristic of packing owing to its relation to the wetted area. There are two types of hold-up; static and dynamic (operating) hold-up. The static hold-up was measured as the weight of liquid retained when the column has drained to a constant weight; this was deducted from the total hold-up to obtain the operating hold-up (8). Investigators measured the hold-up for different aqueous solutions and they found that the static hold-up for carbon is greater than that for porcelain, which may be due to porosity of carbon material (8). Experimental work showed that for water flowing over vertical column of spheres, the total hold-up was equal $(0.4 + 0.596l^{1/3})$ gm per sphere, where l is the flow rate cm^3/sec (9). The first term is the static hold-up due to the meniscus at the junction of the spheres and the second term is the dynamic hold-up in the liquid film. Other investigators found that the dynamic hold-up on random packing varied as a power of the liquid rate between 0.54 and 0.74 (10, 11);



this difference between this power and the theoretical value of 0.33 can be attributed to changes in the wetted area of the packing.

The objective of this study is the removal of phenol by adsorption using granular activated carbon. Although, activated carbon is a preferred adsorbent, its widespread use is restricted due to its high cost. To prove that the system can be made more efficient and /or economical by increasing the adsorption surface area of the adsorbent through the reduction of dead zones between the particles in a fixed bed system by adding a non adsorbent materials, such as glass beads. To achieve this objective an experiment was designed and performed using activated carbon as adsorbent and phenol as adsorbate and to compare the experimental results with that simulated by the numerical solution of the general rate model which includes axial dispersion, film mass transfer, pore diffusion resistance and nonlinear isotherm.

MATHEMATICAL MODEL

Fixed bed

Fixed bed dynamics are described by the convection-diffusion equations, coupled with source term due to adsorption and diffusion inside adsorbent particles. The solution of these equations will give rise to the prediction of the needed breakthrough curves (12).

A general rate model refers to models containing a rate expression, or rate equation, which describes the interfacial mass transfer between the mobile phase and the stationary phase. A general rate model usually consists of two sets of differential equations, one for the bulk phase, and the other for the particle phase (13).

The rate model considers the following; axial dispersion, external mass transfer, interparticle diffusion and nonlinear isotherm (14, 15).

For modeling of fixed bed adsorption the column is divided into bulk-fluid phase and particle phase. The model equations are based on the hypothesis of an interparticle mass transfer controlled by diffusion into macropores (pore diffusion model), and this approach considers three phases; they are: the mobile phase in the space between particles, the stagnant film of the mobile phase immobilized in the macropores and the stationary phase where adsorption occurs (16, 17).

The following basic assumptions are made in order to formulate the model (12):

- The adsorption process is isothermal.
- The packing material is porous, spherical, particles of uniform size.
- The concentration gradient in the radial direction of the bed is negligible.
- Local equilibrium exists for the component between the pore surface and the stagnant fluid phase in the pores.
- The film mass transfer mechanism can be used to describe the interfacial mass transfer between the bulk-fluid and particle phase.
- The dispersion coefficient is constant.

-Surface diffusion can be ignored.

Continuity equation of the mobile phase is:

$$-D_b \frac{\partial^2 C_b}{\partial Z^2} + n \frac{\partial C_b}{\partial Z} + \frac{\partial C_b}{\partial t} + r_p \frac{1-e_b}{e_b} \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \quad \dots 1$$

Using C_p , the concentration in the stagnant mobile phase and writing the expression of the interfacial flux leads to (13):

$$r_p \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{3k_f}{R_p} (C_b - C_{p,R=R_p}) \quad \dots 2$$

Substituting equation (2) in equation (1) gives:

$$-D_b \frac{\partial^2 C_b}{\partial Z^2} + n \frac{\partial C_b}{\partial Z} + \frac{\partial C_b}{\partial t} + \frac{3k_f(1-e_b)}{e_b R_p} [C_b - C_{p,R=R_p}] = 0 \quad \dots 3$$

The particle phase continuity equation in spherical coordinates is:

$$(1-e_p) \frac{\partial C_p^*}{\partial t} + e_p \frac{\partial C_p}{\partial t} - e_p D_p \left[\frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial R} \left(R^2 \frac{\partial C_p}{\partial R} \right) \right] = 0 \quad \dots 4$$

Subjected to the initial and boundary conditions stated in reference (18).

Defining the following dimensionless formula (13):

$$c_b = \frac{C_b}{C_o}, \quad c_p = \frac{C_p}{C_o}, \quad c_p^* = \frac{C_p^*}{C_o}, \quad t = \frac{nt}{L}, \quad r = \frac{R}{R_p}, \quad z = \frac{Z}{L}$$

$$Pe_L = \frac{nL}{D_b}, \quad Bi = \frac{k_f R_p}{e_p D_p}, \quad h = \frac{e_p D_p L}{R_p^2 n}, \quad z = \frac{3Bi h (1-e_b)}{e_b}$$

The model equations can be transformed into the following dimensionless equations:

$$-\frac{1}{Pe_L} \frac{\partial^2 c_b}{\partial z^2} + \frac{\partial c_b}{\partial z} + \frac{\partial c_b}{\partial t} + z(c_b - c_{p,r=1}) = 0 \quad \dots 5$$

$$\frac{\partial}{\partial t} [(1-e_p)c_p^* + e_p c_p] - h \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial c_p}{\partial r} \right) \right] = 0 \quad \dots 6$$



The concentration c_p^* in equation (6) is the dimensionless concentration in the solid phase of the particles. It is directly linked to the isotherm, which is the extended Langmuir model:

$$C_p^* = \frac{q_m b r_p C_p}{1 + b C_p} \quad \dots 7$$

Subjected to the initial and boundary conditions stated in reference (18).

The concentration c_p^* in dimensionless form:

$$c_p^* = \frac{r_p q_m b c_p}{1 + b C_o c_p} \quad \dots 8$$

A finite element method is used for the discretization of the bulk-fluid phase partial differential equation and the orthogonal collocation method for the particle phase equation, an ordinary differential equation system is produced. The ordinary differential equation system with initial values can be readily solved using an ordinary differential equation solver such as the subroutine "ODE15S" of MATLAB which is a variable order solver based on the numerical differentiation formulas (NDFs). Optionally it uses the backward differentiation formulas (BDFs), which is also known as Gear's method.

Batch adsorber

The batch model is described by the following equation:

-Mass balance in the bulk-fluid phase

$$V_L \frac{dC_b}{dt} + \frac{3W_A}{r_p R_p} k_f (C_b - C_{p,r=R_p}) = 0 \quad \dots 9$$

Where V_L = volume of fluid in the batch adsorber.

W_A = mass of activated carbon in the batch adsorber.

$C_b = C_t$

-Mass balance inside the particle

The solute diffusion inside a spherical particle is described by the following equation:

$$e_p \frac{\partial C_p}{\partial t} + r_p \frac{dq}{dt} = e_p D_p \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C_p}{\partial r} \right) \quad \dots 10$$

The solute concentration in the pores is in local equilibrium with the concentration of solute adsorbed on the pore walls.

Subjected to the Initial and boundary conditions stated in reference (18).

For Langmuir isotherm model:

$$q = \frac{q_m b C_p}{1 + b C_p} \quad \dots 11$$

The external mass transfer coefficient for the solute adsorbed at certain particle size and optimum speed, can be obtained by the analytical solution of equation (9).

$$k_f = - \frac{R_p r_p V_L}{3W_A t} \ln \left(\frac{C_t}{C_o} \right) \quad \dots 12$$

Where R_p and ρ_p are the particle radius and density respectively and C_o and C_t are the reactor concentration at time zero and time t , respectively (19, 20).

Experimental concentration-time data are compared to predicted concentration-time profile for the above batch absorber model and the best statistical fit was used to determine the interparticle pore diffusion coefficient.

Experimental work

The granular activated carbon (GAC) used in the experiments was supplied by Netherland Company.

The GAC was sieved into 30/35 mesh with geometric mean diameter of 0.55mm. The GAC was boiled, washed three times in distilled water and dried at 100°C for 24 hours, before being used as adsorbent. The aqueous solution of phenol was prepared using reagent grade. The glass beads were supplied from the local market. They were sieved into 30/35 mesh with geometric mean diameter of 0.55mm. The glass beads were washed and dried at 100°C for 24 hours before being mixed with the adsorbent.

The experiments were adjusted at an initial pH of 5 for phenol (21). The pH value was adjusted with 0.01 mol/l HCl.

The fixed bed experiments were carried out in Q.V.F. glass column of 50 mm (I.D) and 50 cm in height. The GAC was confined in the column by fine stainless steel screen at the bottom and glass packing at the top of the bed to ensure a uniform distribution of the influent through the carbon bed. The influent solution was introduced to the column through a perforated plate fixed at the top of the column. The feed solution was prepared in Q.V.F. vessel supplied with immersed heater and a thermocouple to adjust the temperature of the solution at 30°C through temperature controller as shown in figure (1).



For the determination of adsorption isotherms, 250 ml flasks were filled with known concentration of solute and a known weight of GAC. The flasks were then placed on a shaker and agitated continuously for 30 hours at 30°C. The concentration of phenol in the solution was determined by a UV-160A spectrophotometer at 270nm.

The adsorbed amount was calculated by the following equation:

$$q_e = \frac{V_L(C_o - C_e)}{W_A} \quad \dots 13$$

The determination of interparticle diffusion coefficient needs the following steps:

- Estimating the optimum agitating speed for batch adsorber to reach the needed equilibrium concentration of phenol.
- Estimating the mass transfer coefficient in batch process at optimum agitation speed.
- Numerical solution of batch adsorber model to obtain the interparticle diffusion coefficient. This was done by using the pore diffusion model to best fit the experimental results.

The interparticle diffusion coefficient for phenol was obtained by 2 liter Pyrex beaker fitted with a variable speed mixer. The beaker was filled with 1 liter of known concentration solution and agitation started before adding the GAC. At time zero, the accurate weight of GAC was added. Samples were taken every 5 minutes.

The necessary dosage of GAC, to reach equilibrium related concentration of C_e/C_o equal 0.05, were calculated from isotherms model and mass balance equation as follows(18):

$$W_A = \frac{V(C_o - C_e)}{q_e} \quad \dots 14$$

Results and discussions

Adsorption isotherm

The adsorption isotherms display a nonlinear dependence on the equilibrium concentration. The adsorption data for the system fitted by Langmuir model (22), Freundlich model (23), Radke-Prausnitz model (24), Reddlich-Peterson (25) and Combination of Langmuir-Freundlich isotherm model (26). The correlation coefficient was employed to ascertain the fit of each isotherm with experimental data. From table (1), the correlation coefficient value was higher for Langmuir than other correlations. The Langmuir adsorption model was selected to be introduced in the fixed bed model where:

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e} \quad \dots 15$$

The equilibrium isotherms for phenol onto GAC is presented in figure (2). The parameters q_m , b are the equilibrium isotherm coefficients and they are evaluated to be:

$$q_{m, phenol} = 0.142 \text{ kg/kg} \quad b_{phenol} = 159.4 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Interparticle diffusion coefficient

The amount of activated carbon used for phenol was calculated for final equilibrium related concentration of $C_e/C_o=0.05$. Using the Langmuir equation with mass balance in one liter of solution. The initial concentrations were 0.2 Kg/m^3 with the doses of activated carbon of $2.2 \times 10^{-3} \text{ Kg}$.

The agitation speeds (600, 700, 800, 900, 1000 and 1100 rev/min) were used as shown in figure (3). The optimum agitation speed needed to achieve $C_e/C_o=0.05$ was found to be 1000 rpm. It is clear that, if the speed is above 1000 rpm, the equilibrium relative concentration is less than 0.05; this is due to attrition of activated carbon at high speed agitation.

There were a good matching between batch experimental results and predicted data using pore diffusion model for batch operation as shown in figure (4).

The pore diffusion coefficient for the system is evaluated from batch experiments and found to be $D_{p, phenol} = 5.25 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sec}$.

The external mass transfer coefficients in packed bed model for the system was evaluated by the correlation of Wilson and Geankoplis (21).

$$Sh = \frac{1.09}{e_b} Sc^{1/3} Re^{1/3} \quad \text{For } Re=0.0015-55 \quad \dots 16$$

$$\text{Where: } Sh = \frac{K_f d_p}{D_m}, \quad Sc = \frac{m_w}{r_w D_m} \quad \text{and} \quad Re = \frac{r_w u d_p}{m_w}.$$

In which the molecular diffusion coefficient D_m of phenol in aqueous solution is $9.6 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$. These values are substituted in equation (16) to evaluate K_f at different interstitial velocity in the mathematical model.

The axial dispersion coefficient was calculated from Chung and Wen equation (27):

$$\frac{D_b r_w}{m_w} = \frac{Re}{0.2 + 0.011 Re^{0.48}} \quad \dots 17$$

Breakthrough curves

Figures (5) to (9) show the experimental and predicted breakthrough curves for phenol system onto activated carbon at different adsorbent-glass beads weight ratios, flow rate, bed depth and



initial concentration of adsorbate at constant temperature of 30°C. It is clear from these figures that:

1. Adding 5% glass beads weight ratio to the activated carbon bed reduces its weight by 5% and increases the operating time by 80%. Increasing the glass beads ratios from 10 wt% and above make the adsorption process inefficient compared with 0 wt%. This may be attributed to the nature of activated carbon particles, where it is entirely different from the glass beads regarding the roughness of the surface and the porosity of the material. The glass beads have more or less smooth surface, while the activated carbon particles have nearly rough surface.

The liquid hold-up in a packed column is important for many reasons. It reduces the porosity of the packed bed (28). From the above and from the principle of liquid hold-up, it can be concluded that:

Static hold-up for activated carbon-activated carbon particles > activated carbon -glass beads > glass-glass beads,

This leads to the losses in surface area for adsorption as follows:-

Area losses in adsorbent-adsorbent particles > adsorbent-glass beads,

The dynamic liquid hold-up will have the same behavior as mentioned above; this is related to the difference in the nature of activated carbon and the glass beads. Due to the roughness of the activated carbon surface, the operating liquid film thickness will be higher for the adsorbent compared with glass beads for a given particle diameter, flow rate, pollutant concentration and temperature. Therefore the phenomena will lead to high resident time for the liquid on the adsorbents particles compared with glass particles, and consequently increases the breakthrough time for the adsorption process. Table (2) shows that the bed porosity increases for different adsorbents-glass beads weight ratios.

It is very important to find the optimum weight ratio of glass particles to adsorbent particles, knowing that the matching between the two mechanisms; static hold-up and operating hold-up will save weight of both adsorbents and minimize the losses in surface area for adsorption.

2. An increase in the initial concentration of phenol makes the breakthrough curves much steeper, which would be anticipated with the basis of increases driving force for mass transfer with the increase of concentration of adsorbate in the solution (29).

3. An increase in the bed depth of activated carbon will increase the breakthrough time and the residence time of the adsorbate in the column. An increase in the bed depth will increase Pe number with constant Bi number, where Pe number is the ratio of axial convection rate to axial dispersion rate. When Pe number is small (the effect of axial dispersion is not negligible) the breakpoint appears early and the breakpoint increases with increasing Pe number as shown in table (3).

4. An increase in the adsorbate flow rate decreases the breakthrough time due to the decrease in the contact time between the adsorbate and the adsorbent along the adsorption bed. Increasing the flow rate may be expected to make reduction of the surface film. Therefore, this will decrease the resistance to mass transfer and increase the mass transfer rate. Also, because the reduction in

the surface film is due to the disturbance created when the flow of the feed increased resulting of easy passage of the adsorbate molecules through the particles and entering easily to the pores. This will decrease contact time between the adsorbate and the adsorbent. An increase in the flow rate will increase Bi number and with slight increase Pe number. Bi number is the ratio of external mass transfer rate to the interparticle mass transfer rate (that is, the interparticle mass transfer is the control step) the breakpoint will appear early as shown in table (4).

5. The breakpoint was related to the flow rate, bed depth and initial concentration, i.e. the time required to reach breakpoint decreases with the increase of flow rate, decrease of bed depth, and increase of solute initial concentration.

CONCLUSIONS

The adsorption process can be made more efficient and/or economical by increasing the adsorption surface area of the adsorbent via adding an inert material (glass beads) to activated carbon bed in different weight ratios.

REFERENCES

- * Fernandez, E., Deirdre, H. C., Lopez-Ramon, M. V. and Stoeckli, F. Adsorption of phenol from dilute and concentrated aqueous solutions by activated carbon, *Langmuir*, 2003, 19, 9719-9723.
- * Khalid, M., Joly, G., Renaud, A. and Magnoux, P. Removal of phenol from water by adsorption using zeolites, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2004, 43, 5275-5280.
- * Mukherjee, S., Kumar, S., Misra, A. K. and Fan, M Removal of phenols from water environment by activated carbon, bagasse ash and wood charcoal, *Chem. Eng. Journal*, (article in press) .
- * Cooney, D. O. Adsorption design for wastewater treatment, Lewis Publishers, Baco Raton, FL., 1999.
- * Gaspard, S. A., Passe-Coutrin, N., Ouensanga, A. and Brouers, F. Parameters from a new kinetic equation to evaluate activated carbon efficiency for water treatment, *Water Research*, 2006, 40, 3467-3477.
- * Hsu, Y. C., Chiang, C. C. and Yu, M. F., *Sep. Sci. Tech.*, 1997, 32, 2513.
- * Crittenden, J. C. and Weber, W.J., Predictive model for design of fixed bed adsorbers: parameter estimation and model development. *J. Env. Eng. Div.*, 1978, ASCE, 104, 185.
- * Shulman, H.S., Ulrich, C. F. and Wells, N., *A. I. Ch. E. Journal*, 1955, 1, 247.
- * Shulman, H. S., Ulrich, C. F., Wells, N. and Proulx, A. Z., *A. I. Ch. E. Journal*, 1955, 1, 259.
- * Davidson, J. F., Cullen, E. J., Hanson, D. and Roberts, D., *Trans. Inst. Chem. Engrs.*, 1959, 37, 122.
- * Furans, C. C. and Bellinger, F., *Trans. Am. Inst. Chem. Engrs.*, 1938, 34, 251.
- * Crittenden, J. C., Berrigan, J. K., Hand, D. W. and Lykins, B. Design of rapid small-scale adsorption tests for a constant diffusivity. *J. WPCF*, 1986, 58, 4, 312-319.
- * Gu, T. Mathematical modelling and scale-up of liquid chromatography. Springer, Berlin, 1995.
- * Guiochon, G., Shirazi, S. G. and Katti, A. Fundamentals of preparative and nonlinear chromatography. Academic Press, Boston, MA. 1994.



- * Ruthven, D. M., Principles of adsorption and adsorption processes. John Wiley and Sons, Inc., 1984.
- * Ganetson, G. and Barker, P. E., Preparative and production scale chromatography. Marcel Dekker, New York, 1993.
- * Eggers, R., Simulation of frontal adsorption. HIWI report by Hamburg-Hamburg University, 2000.
- * Ebrahim, Sh. E. Evaluation of a Mixture Adsorbent and Glass Bed for the Removal of Phenol and Methylene Blue from Water, Ph. D. Thesis, University of Baghdad, 2008.
- * Alexander, P. M. and Zayas, I. Particle size and shape effects on adsorption rate parameters, J. Environmental Engineering, 1989, 115, 1, Feb., 41-55.
- * Liu, B., Yang, Y. and Ren, Q. Parallel pore and surface diffusion of levulinic acid in basic polymeric adsorbents, Journal of Chromatography A., 2006, 1132, 190-200.
- * Ping, L. and Guohua, X. (I), Competitive adsorption of phenolic compounds onto activated carbon fibers in fixed bed. J. Environmental Engineering, 2001, August, 730-734.
- * Lucas, S. and Cocero, M. J., Adsorption isotherms for ethylacetate and furfural on activated carbon from supercritical carbon dioxide. Fluid Phase Equilibria, 2004, 219, 171-179.
- * Weber, J. R. and Walter, J., Physicochemical processes for water quality control. Wiley Inter Science, New York, 1972.
- * Radke, C. J. and Prausnitz, J. M., Adsorption of organic compounds from dilute aqueous solution on activated carbon. Ind. Eng. Chem. Funda., 1972, 11, 445-451.
- * Jossens, L., Prausnitz, J. M. and Frits, W., Thermodynamic of multi-solute adsorption from dilute aqueous solutions. Chem. Eng. Sci., 1978, 33, 1097-1106.
- * Sips, R., J. Chem. Phys., 1984, 16, 490-495.
- * Gupta, A., Nanoti, O. and Goswami, A. N., The removal of furfural from water by adsorption with polymeric resin. Separation Science and Technology, 2001, 36, 13, 2835-2844.
- * Cremer, H. W. and Davis, T., Chemical engineering practice. Volume 6, Fluid System II, Butterworths Scientific Publication, London, 1958.
- * Malkoc, E. and Nuhoglu, Y., Fixed bed studies for the sorption of chromium (VI) onto tea factory waste. Chemical Engineering Science, 2006, 61, 4363-4372.

NOTATION

SYMBOLS

A	Bed area, m ²
b	Langmuir constant, m ³ /kg
Bi	Biot number $\left(\frac{k_f R_p}{e_p D_p} \right)$
C	Concentration in fluid, kg/m ³
C _o	Initial concentration, kg/m ³
C*	Micropore stationary phase concentration, kg/m ³
D _b	Axial dispersion coefficient, m ² /s
D _m	Molecular diffusion coefficient, m ² /s
D _p	Pore diffusion coefficient, m ² /s
d _p	Particle diameter, m

k_f	Fluid to particle mass transfer coefficient, m/s
L	Length of column, m
Pe	Peclet number $\left(\frac{vL}{D_b} \right)$
Q	Fluid flow rate, m ³ /s
Q	The amount of adsorbate per unit weight of carbon (Kg/Kg)
q_e	Internal concentration of solute in particle at equilibrium, kg/kg
q_m	Adsorption equilibrium constant defined by Langmuir equation, kg/kg
Re	Reynolds number $\left(\frac{r_w v d_p}{m_w} \right)$
R_p	Radius of particle, m
Sc	Schmidt number $\left(\frac{m_w}{r_w D_m} \right)$
Sh	Sherwood number $\left(\frac{k_f d_p}{D_m} \right)$
T	Time, s
V_L	Volume of solution, m ³
W_A	Mass of activated carbon, kg
Z	Axial distance, m

Greek symbols

ε_b	Bed porosity
ε_p	Porosity of adsorbent
V	Interstitial velocity $\left(\frac{Q}{Ae_b} \right)$, m/s
v_s	Superficial velocity $\left(\frac{Q}{A} \right)$, m/s
μ_w	Viscosity of water
ρ_w	Density of water, kg/m ³

Subscript

b	Bulk fluid phase
e	Equilibrium
l	Liquid phase
o	Initial
p	Particle phase

**Greek symbols****Table 1: Parameters of isotherm for phenol and correlation coefficient for various models**

Model	Parameters	Phenol
Langmuir	q_m , b , m ³ /kg Correlation coefficient	0.142 159.4 0.9992
Freundlich	K , n , Correlation coefficient	0.1915 6.5697 0.9986
Radk-Prausnitz	K_{RP} , F_{RP} , - N_{RP} , - Correlation coefficient	3.0035 0.1420 0.8673 0.9936
Reddlich-Peterson	A_R , B_R , m_R , Correlation coefficient	22116.42 966905.8 0.7904 0.9879
Combination of Langmuir- Freundlich	q_m , b , n , Correlation coefficient	0.3934 0.8658 0.2193 0.9979

Table 2: Bed porosity for different activated carbon-glass beads ratios

Glass beads ratios (%)	ε_b
------------------------	-----------------

weight	
0	0.4
5	0.43
10	0.47
15	0.5
20	0.54

Table 3: Values of Pe and Bi numbers for different flow rates

Flow rate (m ³ /sec)	Pe	Bi
1.39×10^{-6}	19.3	147.6
2.78×10^{-6}	19.7	185.9
4.17×10^{-6}	20.0	212.8
8.33×10^{-6}	20.7	268.0

Table 4: Values of Pe and Bi numbers for different bed depth

Bed depth (m)	Pe	Bi
0.05	19.7	185.9
0.08	31.5	185.9
0.1	39.4	185.9
0.15	59.4	185.9

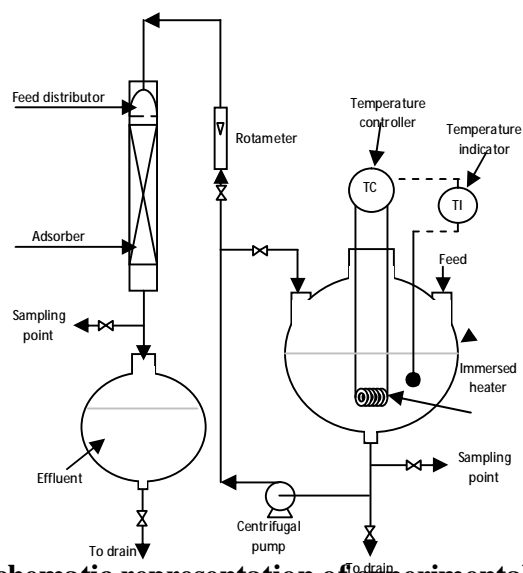


Fig 1: Schematic representation of experimental equipment

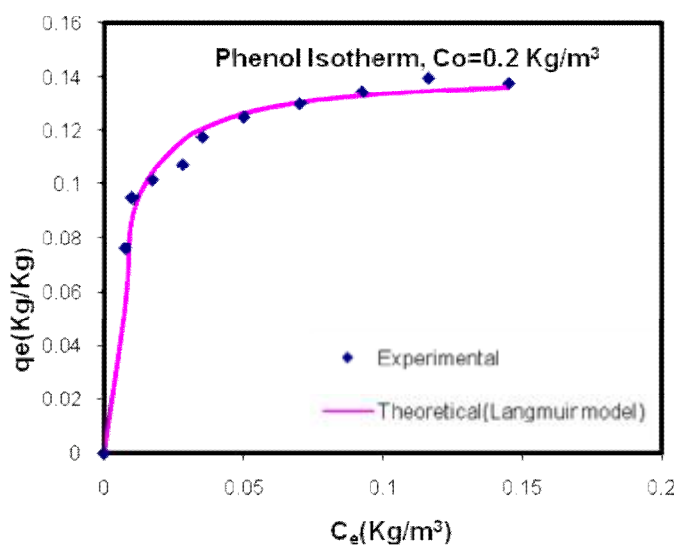


Fig2: Adsorption isotherm for phenol onto activated carbon at 303K

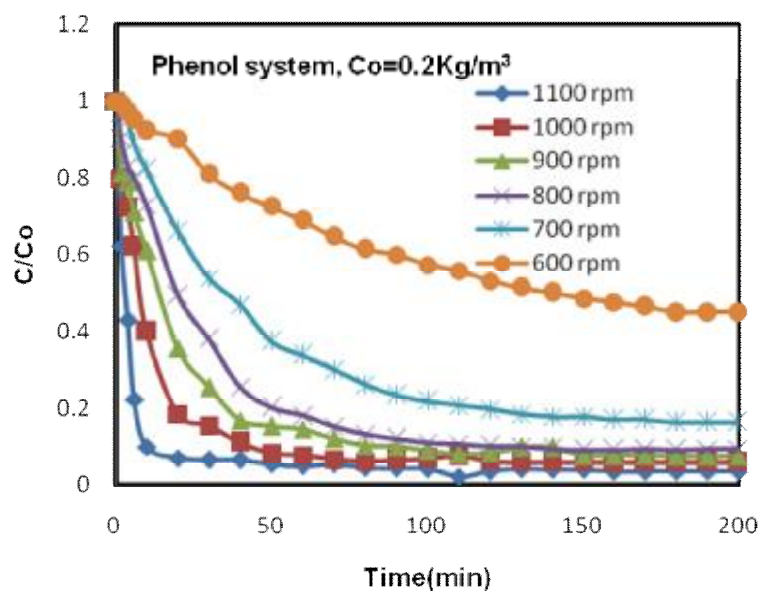


Fig3: Concentration-time decay curves for phenol adsorption onto activated carbon at different agitation speed

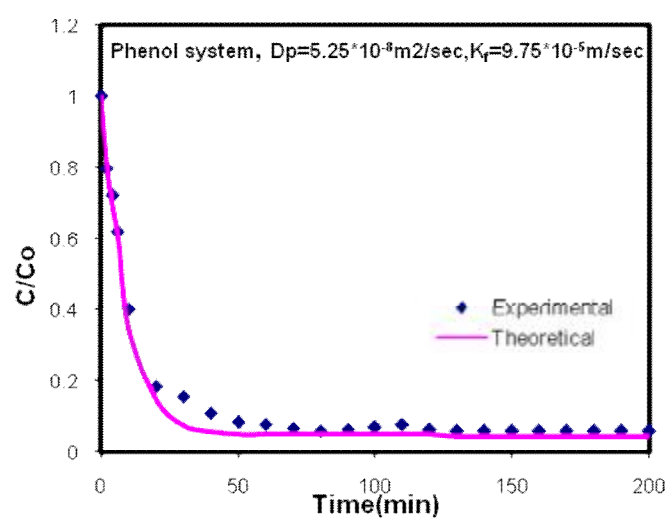


Fig 4: Comparison of the measured concentration-time data with that predicted by pore diffusion model in batch adsorber for phenol system

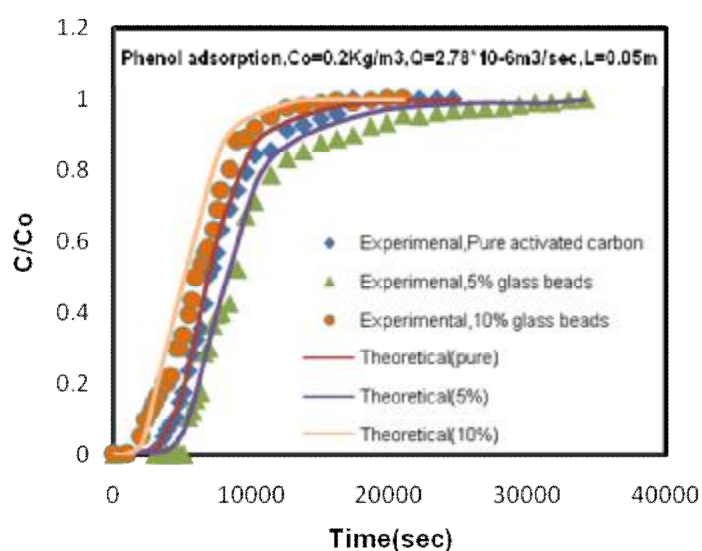


Fig5: Experimental and predicted breakthrough curves for phenol adsorption onto activated carbon at different glass beads weight ratios

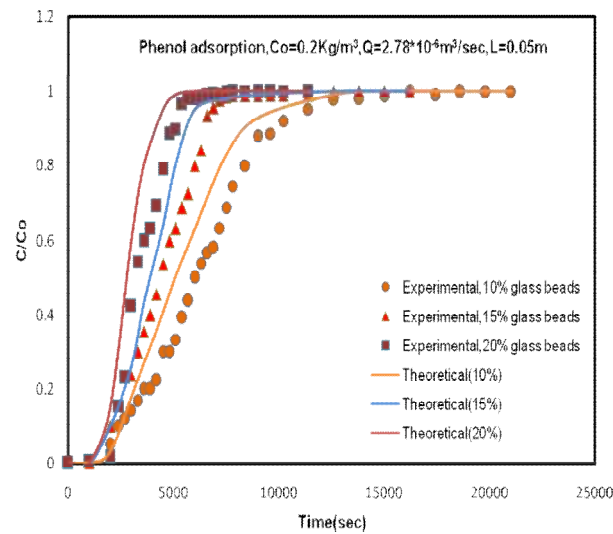


Fig 6: Experimental and predicted breakthrough curves for phenol adsorption onto activated carbon at different glass beads weight ratios

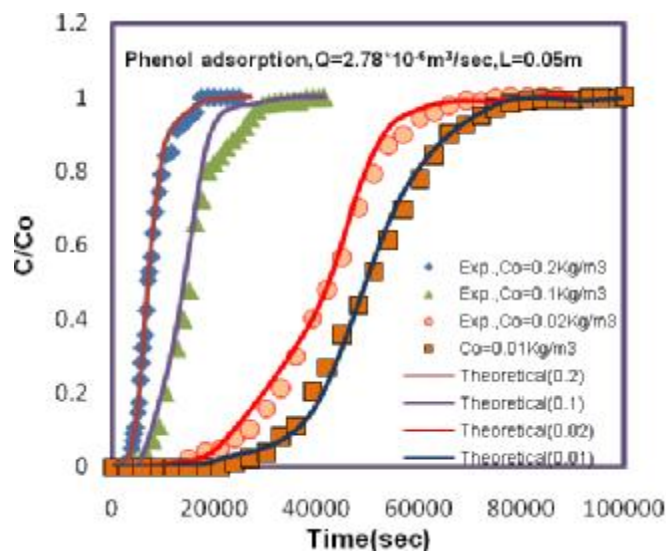


Fig 7: Experimental and predicted breakthrough curves for phenol adsorption onto activated carbon at different initial concentration

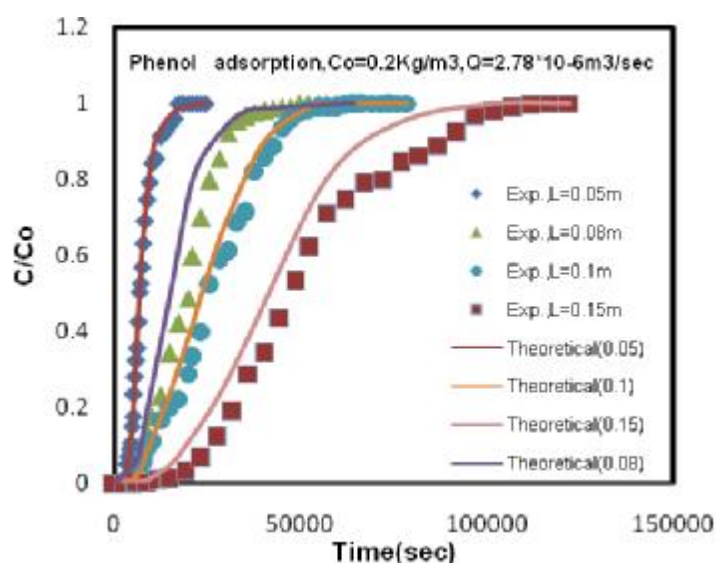


Fig 8: Experimental and predicted breakthrough curves for phenol adsorption onto activated carbon at different bed depths

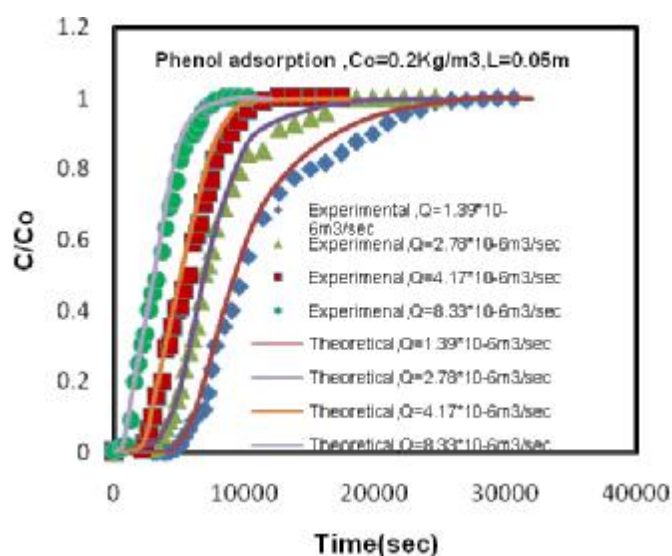


Fig9: Experimental and predicted breakthrough curves for phenol adsorption onto activated carbon at different flow rates

بعض بدائل الاسكان المفضل في مدينة بغداد

د. انتصار قدوري جمعة

مدرس

القسم المدني

معهد التكنولوجيا /بغداد

د. لؤي طه الملا حويش

استاذ مساعد

المعهد العالي للتخطيط الحضري والاقليمي

جامعة بغداد

الخلاصة :-

يُعد التخطيط الاسكاني من اكثر المواضيع اهمية في الدراسات الاسكانية وهو من المواضيع الواسعة والمتشعبة ، وان التخطيط الاسكاني وفق الكلفة والمنفعة الاجتماعية هو الحل للحد من الارتفاعات الخيالية للتكاليف الاسكانية ، لاسيما اذا ما عرفنا ان هناك عجزاً سكانياً هائلاً في العراق يقدر بأكثر من ثلاثة ملايين وحدة سكنية يقابله انخفاض كبير في معدلات التشييد الاسكاني ، الأمر الذي ادى الى تفاقم المشكلة الاسكانية في القطر ، لذا يتطلب من الجهات المسؤولة الاسراع بتبني تلك الاستراتيجية لحل المشكلة الاسكانية في القطر تعتمد مبدأ اقامة المجمعات السكنية منخفضة الكلفة من خلال اعتماد المباني السكنية متعددة الطوابق (3-4) طوابق ، فعند زيادة عدد الطوابق عن (4) فالنتائج الاقتصادية تبدأ بالانخفاض لاحتياج المبنى الى مصاعد وما يتطلب ذلك من خدمات اخرى ، حيث ان تكاليف التنفيذ والصيانة تبدأ بالتزايد وخاصة في حالة ان تكون الكوادر الفنية وتكنولوجيا البناء والادارة غير متطورة ، اضافة الى عوامل نفسية اخرى تنتج عن المباني المرتفعة لا مجال للخوض فيها ، وتنصف هذه المباني (متعددة الطوابق) بكثافات سكنية مناسبة واستعمال فعال واقتصادي للأرض وتقليل الكلف الاسكانية لمواجهة العجز الكبير والطلب السكني المتزايد .

ويقدم البحث دراسة ميدانية لثلاث مجمعات سكنية (3-5) طوابق والتي تهدف الى تقويم ملائمة هذا النمط السكني ومدى تحقيقه للمنافع الاجتماعية وتلبيتها للمعايير التخطيطية والتصميمية المقترحة في مخطط الاسكان العام في العراق ، وقد تم استخدام اسلوب (تحليل الكلفة - المنفعة) لاجراء عملية المفاضلة لاختيار البديل الافضل من المجمعات السكنية الثلاث (حي السلام ، زيونة ، السيدية) الذي يحقق اقل كلفة وافضل منفعة .

وتوصل البحث الى ضرورة اعتماد المباني السكنية متعددة الطوابق (3-4) طوابق ، واستخدام الخرسانة الخفيفة كأحد البدائل العملية لمواد البناء التقليدية كالطابوق لما تمتاز به من مواصفات عديدة وتوفير في الكلفة والايدي العاملة والتقليل من زمن الانجاز وحل للقضايا البيئية ، واختيار البديل الافضل من المجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) الذي يحقق اقل كلفة وافضل منفعة .

ABSTRACT

Housing planning is one of the most important subjects in the housing sector studies. It is wide and has many branches .

Housing planning according to the cost and social benefit is the solution to prevent the escalating rise in Housing shortage .

This fact is combined with which is estimated at more than three million housing unit . And big a reduction in housing construction rate , which lead to increase the housing problem in the country. This matter needs a clear policy from the authorities to accelerate the planning process and to adopt that strategy to solve the housing problem in Iraq.

This strategy should adopt the principal of constructing low – cost housing complexes through the construction of multi-stories unit (3-4 stories) , the economic results will be decrease in case of increase the stories to more than (4) stories because of the buildings required to the lift and other services, as a result the cost of the execution and maintenance will be increase, especially when the technical cadres and the technology of the building and the administration were unimproved , in addition to other psychological elements resulting from the highly buildings , there is no domain to talk about it . and of the efficient characteristics which these units have suitable residential densities , active and economic land use and reducing the housing cost to face the big shortage and increased housing demand.

The research has conducted a field study of three housing complexes (3-5) stories for the purpose of evaluating this type of housing and the extent if serves the social benefit and complain to design and planning criteria proposed in the General housing plan for Iraq.

The research employ (cost & Benefit Analysis) to choose the best alternative from three housing complexes (hay Alsalam , Ziyona , Alsaiddia) which serves low cost and best benefit.

The research concludes to the importance of depending housing complexes (3-4) stories , and using light weight concrete is emphasized which one of the alternative for traditional building materials as bricks which has many specifications , saving in cost and labor , and reduction in time of construction , and solve of environment cases ,and choose the best alternative from three housing complexes (hay Alsalam , Ziyona , Alsaiddia) which serves low cost and best benefit .

المقدمة

تُعد المشكلة الاسكانية احدى اهم المشاكل العمرانية التي تواجه المجتمع العراقي في الوقت الحاضر وبشكل خاص العاصمة بغداد والمدن الرئيسية الاخرى .

اخذت المشكلة الاسكانية في العراق ابعادها الحالية من خلال الزيادة السكانية الكبيرة والسريعة التي حدثت في السنوات السابقة ، ولاسيما في مدينة بغداد وما صاحب ذلك من هجرة سكانية واسعة النطاق من المناطق الريفية وكذلك بسبب الاختلال الحاصل في التوازن بين معدل دخول الأسر وبين كلفة انتاج الوحدات السكنية مما سبب عجزاً كبيراً ، وارتفاع نسبة الاندثار في الرصيد السكني ، اضافة الى الحرب العراقية – الايرانية وما صاحبها من توقف رصد التخصيصات المالية في المناهج الاستثمارية للمشاريع السكنية الجديدة في خطة التنمية القومية للقطر ، وتوقف العمل ببرنامج مخطط الاسكان العام في العراق في مجال الاستراتيجية والسياسات السكنية . بالإضافة الى الظروف الاستثنائية التي مر بها العراق نتيجة الحصار الاقتصادي الذي فرض عليه وترك آثاراً ومشاكل بالغة الحدة على قطاعات التنمية كافة

ومنها قطاع الاسكان ، وتقلص دور القطاع الخاص (الافراد) بشكل كبير في تشييد الوحدات السكنية الجديدة بسبب عوامل التضخم المتسارع في اسعار المواد الانشائية واجور الايدي العاملة في هذا القطاع .
ان من اهم الاسباب الرئيسة التي أدت الى انتشار التخطيط في قطاع الاسكان هو ظهور الأزمات الاسكانية في مختلف ارجاء العالم وغياب النظرة الشمولية في علاج الازمات السكنية .
ومن أهم عناصر التخطيط الاسكاني هي التمويل والتشريعات الاسكانية وتوفر الأرض الحضرية ومواد البناء والتقنيات المستخدمة في البناء .

مشكلة البحث الرئيسة

- 1- وجود فجوة كبيرة بين الحاجة الفعلية والرصيد من الوحدات السكنية القائمة بسبب ارتفاع كلف انشاء الوحدات السكنية وتكاليف الارض والموقع وقصور موارد التمويل الموجهة للاسكان للقطاعين العام والخاص ، وعدم توفير مواد البناء اضافة الى قصور التشريعات في مجال الاسكان .
- 2- غياب النظرة الشمولية في علاج ازمة السكن الحادة وعدم التخطيط السليم لمعالجتها .

المشاكل الثانوية

ارتفاع الكلف الاسكانية نتيجة لعوامل واسباب عديدة وضعف الاهتمام بصورة عامة بتوفير السكن المنخفض الكلفة والاكثر منفعة للمجتمع وغياب البدائل العملية لمواد البناء والاعتماد على مواد معينة في البناء جعل من ارتفاع كلف البناء عائقا لانشاء المجمعات والدور السكنية .

هدف البحث

يهدف البحث الى :-

- 1- دراسة اثر التخطيط الاسكاني وعناصره على حل الازمة السكنية وفق الكلفة والمنفعة الاجتماعية من خلال اعتماد الاسكان المنخفض الكلفة لزيادة عدد المستفيدين في ثلاثة مجمعات سكنية.
- 2- التخطيط لاعتماد المباني السكنية متعددة الطوابق (3-4) طوابق لمواجهة الحاجات السكنية المتزايدة من خلال استخدام الارض الاقتصادي .
- 3- اختيار البديل الافضل بين المجمعات السكنية الثلاث (حي السلام ، زينة ، السيدة) لاعتبارات (اقتصادية ، اجتماعية ، بيئية ، تصميمية ، انشائية) .

فرضية البحث الرئيسة

كلما امكن تحديد الاسباب الرئيسة لتفاقم ازمة السكن كان ايجاد الحلول الناجعة لمعالجتها ممكناً من حيث انخفاض التكاليف واداء الوظيفة الافضل .

الفرضيات الثانوية

- 1- كلما كان التخطيط الاسكاني اقل كلفة كان اكثر نفعاً على الصعيد المجتمعي الاستثماري .

2- هناك علاقة وثيقة بين التخطيط الاسكاني من خلال الاستخدام الامثل (للأرض والموارد المالية ومواد البناء والتشريعات) والمنفعة الاجتماعية .

منهجية البحث

- 1- اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والكمي فيما يخص التخطيط الاسكاني والمشكلة السكنية .
- 2- المسح الميداني من اختيار مجتمعات سكنية منخفضة الارتفاع (3 طابق) والآخرى عالية الارتفاع (5 طابق) ، وتوزيع استمارة استبيان على الأسر الساكنة لهذه المجتمعات ومن ثم تحليل نتائج الاستبيان .
- 3- استخدام الاسلوب التخطيطي (تحليل الكلفة - المنفعة Cost-Benefit Analysis) لأختيار البديل الافضل الذي يحقق اقل كلفة وافضل منفعة .

هيكلية البحث

يتكون البحث من المقدمة مع محورين تلبيها الاستنتاجات والتوصيات النهائية له وكما يلي :

المحور الاول / الجانب النظري

ويتضمن اهمية السكن والتخطيط الاسكاني والخطة الاسكانية وعناصر التخطيط الاسكاني ، تخطيط المجمع السكني وانماط المباني السكنية ، الوحدة السكنية ومعايير اداءها ، الكلف الاسكانية ، المنفعة الاجتماعية .

المحور الثاني / الدراسة الميدانية

يتضمن المحور الثاني الدراسة الميدانية ، حيث تم اختيار المجتمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدة) بهدف اظهار الواقع السكني لهذه المجتمعات . وشملت استمارة الاستبيان الموضحة في الملحق اسئلة واستفسارات تخص المتطلبات الدنيا لهذه الأسر ومدى الاستجابة والارتياح فهي تخص نواحي (اجتماعية واقتصادية) واختيار البديل الافضل بين المجتمعات السكنية الثلاث لاعتبارات (اقتصادية ، اجتماعية ، بيئية ، تصميمية ، انشائية) من خلال استخدام اسلوب تحليل (الكلفة - المنفعة) ويختتم البحث بجملة من الاستنتاجات والتوصيات التي توصل اليها البحث .

المحور الاول / الجانب النظري

اهمية السكن

يُعد موضوع السكن من اكثر المواضيع حيوية وأهمية للانسان بوصفه حقاً أساسياً من حقوقه كفلتها له الديانات السماوية ومن ثم القوانين الدولية ، اذ بدون السكن لا تستقيم الحياة .
والمسكن حاجة اساسية وجوهرية تبرز اهميته من خلال اعتباره من الحاجات الاساسية والمرتبطة في بدء سلم اولويات حاجات الانسان كالمأكل والمشرب والملبس .
 واجمع العالم على الاعتراف بالحق في السكن الملائم باعتباره الحد الأدنى من متطلبات الحياة الكريمة ، لذا فقد شكل مركز في الأمم المتحدة يعني بهذا الجانب هو مركز الامم المتحدة للمستقرات البشرية (الموئل) [1] .

التخطيط الاسكاني Housing Planning

هو مجموعة المبادئ التي تقوم عليها سياسات الاسكان والمتعلقة بمراحل واهداف ومقومات الخطة الاسكانية بهدف تلبية المتطلبات المستحقة من المساكن لاصحابها [2] .

اسباب ظهور التخطيط الاسكاني

- ان من أهم الاسباب التي أدت الى ظهور التخطيط الاسكاني هي :-
- * ظهور الأزمات الاسكانية في مختلف ارجاء العالم .
 - * غياب النظرة الشمولية في علاج الأزمات السكنية الأمر الذي يتطلب ايجاد البدائل المختلفة من خلال الأساليب التخطيطية .
 - * الحد من الارتفاعات الخيالية للتكاليف الاسكانية .
 - * للتغلب على المعوقات التي تواجه عملية التنمية .
 - * ظهور الجدوى الاقتصادية للمشروعات السكنية بعد ان سيطر الفكر الاقتصادي في عدم جدوى الاستثمار في المشروعات السكنية [2] .

الخطة الاسكانية

- ان الخطة الاسكانية ينبغي ان تتضمن سياسة توفير الاراضي السكنية ووضع سياسة التمويل التي تتيح للعوائل المتوسطة والفقيرة شراء منازل خاصة بها عن طريق تقديم التسهيلات ومنح القروض على ان تكون الاقساط الشهرية صغيرة تتمكن العائلة من دفعها .
- ووضع الاساليب الكفيلة لمواجهة مشكلة عدم تناسب بين قدرة محدود الدخل على تحمل التكاليف الحقيقية للوحدات السكنية والعمل على توجيه الاستثمارات الى الاسكان الاقتصادي والمنخفض الكلفة واعطاء الأولوية للمستثمرين في الحصول على مواد البناء بأسعار منخفضة . كما ان التشريعات الاسكانية من المقومات التي تقوم عليها الخطة الاسكانية [2] .
- وينبغي ان تحقق التشريعات الصادرة بعض من الاهداف التالية :-
- 1- توفير رؤوس الاموال اللازمة للبناء وتشجيع القطاع الخاص .
 - 2- تحقيق التوازن في العلاقة بين المؤجر والمستأجر من خلال اصدار تشريعات ايجار المساكن واعادة النظر في قانون الايجار بما يضمن حفظ حقوق طرفي العقد .
 - 3- توفير الاراضي السكنية للبناء بأسعار رمزية .
 - 4- توفير احتياجات البناء [3] .

عناصر التخطيط الاسكاني

ان من اهم عناصر التخطيط الاسكاني هي :-

- 1- التمويل 2- التشريعات 3- الأرض الحضرية 4- مواد البناء

التمويل

يعتبر التمويل العمود الفقري لكل سياسة سكنية فنجاح أية سياسة سكنية ترتكز على السياسة التمويلية [4] وذلك بأيجاد القنوات والمنافذ الملائمة في توفير التمويل اللازم للأفراد والمؤسسات المعنية بتأمين السكن وفق شروط مناسبة . وتختلف مؤسسات التمويل من دولة الى أخرى من ناحية الشكل والهيكل ويعتمد ذلك على طبيعة النظام الاقتصادي والمالي المعمول به في تلك الدولة [2] .

التشريعات الاسكانية

تعتبر القوانين الصادرة في مجال الاسكان من المقومات التي تستند اليها الاستراتيجية الاسكانية ، ولما كان هذا الاسلوب ينطوي اساسا على احداث التغير الاداري الشامل في النشاط السكني ، فأن التغير ينبغي ان يتناول كذلك ما يتم سنه من التشريعات التي تتعلق به .

الأرض الحضرية (الأرض المخصصة للسكن)

تُعد الأرض العامل الاساسي والحاسم في امكانية تأمين السكن وتمتاز الأرض الحضرية بكونها متعددة الاستعمالات ، والاسكان وهو احدها يتنافس بدوره مع الاستعمالات الاخرى الصناعية والتجارية والادارية ... الخ . وتُعد قطعة الأرض الحضرية المخصصة للسكن والتي توفر التسهيلات ضمن الحد المقبول موطئ القدم للأسرة الواطنة الدخل في المجتمع الحضري ، فهي الضمان بالنسبة لها وذلك لكونها تحقق الأمان والاستقرار اضافة الى اعطائها الشعور بالهوية والوقار [5] .

مواد البناء Building Materials

تؤلف مواد البناء بين (55 – 65%) من كلفة البناء واحيانا تصل الى (70%) [6] ، ولهذا فهي تشكل جانبا مهما واساسيا ينبغي اعتماده في اختيار الاساليب البنائية من ناحية :

- * وفرة المادة البنائية محليا .
- * اقتصادية المادة البنائية من حيث الكلف الاولية وكلف النقل والتركيب والصيانة بعد الانشاء .
- * الكفاءة الادائية للمادة البنائية من حيث :

- القوة والمتانة الانشائية .
- خواص العزل الجيد (الحراري والصوتي) ومقاومة الحريق .
- التناسب الجيد بين ثقل المادة والاثقال التي تتحملها .

وفي القطر تمت دراسة مواد البناء المستعملة في الأبنية السكنية وكمية انتاجها وحجم النقص الحاصل فيها وتم التوصل الى النتائج الآتية :-

- 1- ان مادة الطابوق هي المادة البنائية الرئيسة في العراق حيث ان 70% من الوحدات السكنية في القطر مشيدة من الطابوق ويزداد استعماله بشكل خاص في المنطقة الوسطى .
- 2- هناك نقص في مختلف مواد البناء وبخاصة في مادتي الطابوق والسمنت ، مما يتطلب التخطيط لأيجاد البدائل المختلفة لمواد البناء للتعويض عن النقص الحاصل في هذه المواد [7] .

استخدام البدائل لمواد البناء

ان غياب البدائل العملية لمواد البناء والاعتماد على مواد معينة في البناء جعل من ارتفاع اسعار مواد البناء عائقاً لإنشاء المجمعات والدور السكنية ، وهذا يظهر جلياً من خلال التكاليف الباهضة لهذه المواد مما يتطلب استخدام عدد من البدائل التي يمكن استخدامها على نطاق واسع لتخفيف الضغط على المواد التقليدية الحاضرة مثل الخرسانة الخفيفة والواح الترمستون المسلحة والكتل الخرسانية وعناصر البناء الاخرى المتمثلة بالجدران والسقوف الخرسانية الجاهزة [8] .

ان استخدام البدائل لمواد البناء كالخرسانة الخفيفة للتخفيف من تأثير العقالية المرتبطة بالمواد التقليدية والتقليل من تحكم السوق الذي يعتمد على هذه المواد ومنها الطابوق ، ومن ثم الى التقليل من الكلف الاسكانية والتخفيف من الازمة السكنية .

مكانية استخدام الخرسانة الخفيفة (Light Weight Concrete) في العراق

يمكن استخدام الخرسانة الخفيفة على نطاق واسع في العراق لتخفيف الضغط على المواد التقليدية (كالطابوق والبلوك) لما تتميز به هذه المادة من الخواص الفيزيائية مثل العزل الحراري وخفة الوزن ومقاومتها للحرائق وتوفر المواد الأولية المصنعة لها وعدم حاجتها الى ايدي عاملة ماهرة ومعدات معقدة لتصنيعها وقلة كلفتها وتوفرها بكل سهولة لتكون وحدة بناء سهلة الصنع والاستعمال ذات الانتشار الواسع في العالم وخاصة المتطور تفي بالمتطلبات المعمارية والانشائية والفيزيائية [9] .

فهذه المادة المصنوعة من السمنت والرمل فقط المتوفران محلياً مع اضافة مادة كيميائية (Foam liquid) (*) مصنوعة محلياً بعد ان كانت مادة مستوردة وبأسعار عالية جداً مقارنة بالمادة المحلية الصنع ذات الكفاءة العالية جداً حيث ان سعرها أقل بمقدار سبع مرات عن المادة المستوردة .

تخطيط المجمع السكني

يعتمد تخطيط المجمع السكني على عدة نقاط أهمها الأخذ بنظر الاعتبار عناصر الجذب البصرية في المواقع المجاورة ومدى تأثيرها على موقع الاسكان الجديد اضافة لواقع الفضاءات الحضرية للمناطق المجاورة وتضاريس وطوبوغرافية شكل الأرض المقام عليها المشروع وطبيعة توزيع مسارات الحركة والتوزيعات التجميعية للكتل الاسكانية والخدمات والفضاءات المفتوحة اضافة الى تفاصيل الوحدة السكنية [10] .

انماط المباني السكنية

يمكن تصنيف المباني السكنية الى نوعين اساسيين :-

- 1- النمط الواطيء :- ويشمل الابنية السكنية ذات ثلاث طوابق أو أربعة بحسب ما تحدده المعايير في كل دولة . يأتي التصنيف من امكانية القدرة العضلية والنفسية للانسان في الصعود الى آخر طابق عن طريق السلالم ومن دون استخدام مصعد كهربائي [11] .

(*) (Foam liquid) مادة مكونة للخلايا تنتج محلياً في العراق من قبل المهندس فائق الأسدي ولديه براءة اختراع فيها .

2- النمط المرتفع :- يشمل الأبنية السكنية ذات خمسة طوابق فأكثر تستخدم مصاعد كهربائية . يعتمد الحد الاعلى لعدد الطوابق على عوامل عديدة منها (نوعية المصاعد ضمن الحدود الاقتصادية للارتفاع ، تقنية البناء ، قوانين البناء والسلامة [11] .

الوحدة السكنية

هي عبارة عن مجموعة من الفضاءات ذات مواصفات عمرانية ثابتة تؤثر وتتأثر بطبيعة تصرف الأسرة الساكنة وسلوكها . والوحدة السكنية هي النواة الاساسية لأي مجمع سكني التي تعتبر المؤشر الرئيسي لكثير من المحددات والقيم التخطيطية في الاسكان [12] . ويمكن تصنيف الوحدات السكنية الى صنفين اساسيين :

1- الوحدات السكنية المنفردة الأسر .

2- الوحدات السكنية المتعددة الأسر .

الكلف الاسكانية

يدخل في انتاج المسكن مكونات عديدة تساهم جميعاً في تحقيق المسكن الملائم . وهي تعمل معاً ومن دون استقلال بعضها عن البعض الآخر وكل منها ينتج بطرق وبكلفة مختلفة بحكم عوامل المكان والزمان . ويمكن تحديد هذه المكونات فيما يلي [13] :-

- 1- الأرض المخصصة للسكن
- 2- الخدمات
- 3- مواد البناء
- 4- عملية التشييد
- 5- التمويل الاسكاني
- 6- العملية التخطيطية والتصميمية
- 7- الادارة والتنظيم

Social Utility المنفعة الاجتماعية

تشمل المنفعة الاجتماعية عناصر عدة منها خمسة عناصر رئيسية هي [14] (الصحة العامة ، والامان ، والراحة ، والاقتصاد ، والنواحي الجمالية) .

المحور الثاني / الدراسة الميدانية

تمهيد

يتناول هذا المحور الدراسة الميدانية للمجمعات السكنية في مدينة بغداد ، حيث تم اختيار المجمعات السكنية : (حي السلام ، زيونة ، السيدية) كما موضحة في الصورة (1-2) والمخططات (1-2) و (2-2) و (2-3) . وقد تم تحليل البيانات الخاصة بهذه المجمعات عن طريق اختيار عينة عشوائية تضم (5%) من أرباب الأسر ، وقد روعي في اختيار هذه العينة ما يلي :-

1- تمثيلها للمجمعات الثلاثة المبحوثة .

2- استخدام استمارة استبيان تم تصميمها وتوزيعها خاصة لهذا الغرض وزعت على أرباب الأسر المشمولة بالعينة واشرف على ملئها وتوزيعها (20) احصائياً ، وقد تم تحليل بيانات الاستمارة بجدول تم تصنيفها ساعدت على تحقيق اهداف البحث .

ويوضح الجدول (1-2) نتائج الدراسة الميدانية للمجمعات السكنية الثلاث (حي السلام ، زيونة ، السيدية) .

ت	المؤشرات التخطيطية	حي السلام	زيونة	السيدية
1	معدل حجم الاسرة	5.1	5	6

ومن خلال اسلوب تحليل (الكلفة - المنفعة) تم اعداد خطة لأختيار البديل الافضل من المجمعات السكنية الثلاث (موضوع الدراسة) من خلال تحقيق (خمسة اهداف) كل من هذه الأهداف (يحقق منفعة اجتماعية معينة) وكل منها يتطلب مجموعة من التكاليف وقد كانت الأهداف الموضوعة كما يلي :-

(* الاهداف الاقتصادية)

تتضمن تقليل كلف البناء وتقليل الأحمال الميتة (Dead load) وزمن الأنجاز وكلف النقل والتوفير في الطاقة والتقليل من المواد الرابطة ، كما تتضمن كلفة الأرض وكلفة الموقع بكل امكاناته وتحقيق كثافة اسكانية عالية والاستغلال الامثل لرقعة الارض الحضرية والاقتصاد في كلف البناء .

(* الاهداف البيئية)

تتضمن توفير معالجات بيئية ومناخية خاصة للأبنية من حيث التوجيه المناسب لاشعة الشمس والرياح وعمل مظلات شمسية للفتحات وزيادة التشجير في الحدائق والساحات العامة داخل المجمع السكني .

(* الاهداف الاجتماعية)

تتضمن توفير الوحدة السكنية المناسبة للمواطن (بأقل كلفة) وتوفير في الأيدي العاملة الماهرة والتخفيف من الأزمة السكنية . كما تشمل حصة الفرد من الخدمات الاجتماعية وخدمات البنى التحتية المساندة كما تتضمن تحقيق مستوى مقبول من عدم الشرفية البصرية والسمعية مع تحقيق اكبر قدر ممكن من الخصوصية وتحقيق علاقات جيرة متطورة من خلال العلاقات الاجتماعية والتفاعل الاجتماعي بين الاسر في المجمع السكني الواحد وتوفير الفضاءات التي من الممكن ان تساهم في تطوير هذا النوع من العلاقات .

(4 الاهداف التصميمية)

تتضمن توفير عزل حراري عالي دون الحاجة الى استخدام اجهزة تبريد وتدفئة باستخدام مواد انشائية تحقق ذلك الهدف .

(* الاهداف الانشائية)

تتضمن الوصول الى افضل التصاميم للشقق السكنية ومراعاة الناحية المناخية لهذه التصاميم والتقليل من تلف المبنى . وقد تم وضع (3) بدائل بعد عملية تحليل المعلومات كل منها يتضمن (كلف ومنافع) متباينة لأجراء عملية التقييم والمفاضلة بينها لأختيار (البديل الأفضل) الذي يحقق الأهداف مجتمعة وكما يلي :-

البديل A : مجمع زيونة السكني .

البديل B : مجمع السيدية السكني .

البديل C : مجمع حي السلام السكني

ولغرض الوصول الى الهدف واختيار (البديل الافضل) من المجمعات السكنية نتبع الخطوات التالية:-

اولاً:- ترتيب الاهداف وفق المخطط على اساس الكلف وكما موضح في الجدول (2-2)
ملاحظة : نفرض الرقم الأقل هو الافضل

البدائل / الأهداف	(A) مجمع زيونة السكني	(B) مجمع السيدية السكني	(C) مجمع حي السلام السكني
الاقتصادية	8	10	9
البيئية	9	11	8
الاجتماعية	8	9	10
التصميمية	8	10	9
الانشائية	9	11	10
المجموع	42	51	46
الترتيب حسب الكلف	1	3	2

جدول (2-2) الكلف

من خلال تحليل جدول الكلف اعلاه يظهر لنا ان البديل (A) هو الافضل لتحقيق الأهداف مجتمعة ويليه البديل (C) في المرتبة الثانية ثم البديل (B) على التوالي .

ثانياً :- ترتيب الأهداف وفق المخطط على اساس (المنافع) بأشتقاق جدول (المنافع) من جدول (الكلف) واعطاء الرقم (1) للخطة الأقل كلفة وكما موضح في الجدول (3-2) .

البدائل / الأهداف	(A) مجمع زيونة السكني	(B) مجمع السيدية السكني	(C) مجمع حي السلام السكني
الاقتصادية	2	3	4
البيئية	3	4	2
الاجتماعية	2	4	3
التصميمية	2	5	3
الانشائية	2	3	4
المجموع	11	19	16
الترتيب حسب الكلف	1	3	2

جدول (3-2) المنافع

من خلال تحليل جدول المنافع اعلاه يظهر لنا أن البديل (A) يأتي بالمرتبة الأولى ويليه البديل (C) في المرتبة الثانية ثم البديل (B) على التوالي .

من خلال هذه الطريقة يظهر لنا انها اعتبرت جميع الأهداف (رئيسة) ولم تعطي افضلية أي لها نفس الأهمية وهذا غير منطقي من الناحية العملية إذ ان هناك أهداف لها أهمية نسبية اعلى من بقية الأهداف الأخرى لذلك نعتمد على طريقة (الأوزان الترجيحية) أي تعتمد في وضعها على قدرة المخطط وخبرته والمبررات التي يطرحها في ترجيح هذا الهدف عن غيره .

ثالثاً: - نفرض الأوزان التالية للأهداف وكما يلي (ترجيح المنافع)

الهدف الأول نعطيه الوزن (6) ، والهدف الثاني نعطيه الوزن (4) ، والهدف الثالث نعطيه الوزن (5) ، والهدف الرابع نعطيه الوزن (3) ، والهدف الخامس نعطيه الوزن (3) . وعلى نفس الفرضيات في الجدول السابق وكما موضح في الجدول (4-2) . ملاحظة : تم اعطاء الأوزان للأهداف اعلاه حسب أهميتها النسبية .

الأوزان	(C) مجمع حي السلام السكني	(B) مجمع السيدية السكني	(A) مجمع زينة السكني	البدائل / الأهداف
6	24	18	12	الاقتصادية
4	8	16	12	البيئية
5	15	20	10	الاجتماعية
3	9	15	6	التصميمية
3	12	9	6	الانشائية
	68	78	46	المجموع
	2	3	1	الترتيب حسب الكلف

جدول (4-2) المنافع المرجحة

من خلال تحليل الجدول اعلاه يظهر لنا أن البديل (A) يأتي بالمرتبة الأولى في تحقيق الأهداف المرجحة ويليهما البديل (C) ثم البديل (B) على التوالي .

رابعاً :- آلية تنفيذ اسلوب الكلفة – المنفعة

طريقة مجموع ارتباط الكلفة بالمنفعة : واعتماداً على جدولي الكلف والمنافع

الترتيب	(A) مجمع زيونة السكني	(B) مجمع السيدية السكني	(C) مجمع حي السلام السكني
من الجدول (2-2)	1	3	2
من الجدول (3-2)	1	3	2
المجموع	2	6	4

من الطريقة أعلاه نلاحظ أن الخطة (A) هي الفضل بموجب هذه الآلية . وبالعودة الى جدول ارتباط (الكلف بالمنافع)

الترتيب	A مجمع زيونة السكني	B مجمع السيدية السكني	C مجمع حي السلام السكني
من الجدول (4-2)	1	3	2
من الجدول (3-2)	1	3	2
المجموع	2	6	4

•. الخطة (A) هي الأفضل بموجب هذه الطريقة .

الطريقة الترجيحية

في هذه الطريقة تؤخذ مجموع الأوزان المرجحة بجدول (المنافع) ويتم ضربها في مجموع الكلف الكلية لكل خطة

(A) مجمع زيونة السكني	(B) مجمع السيدية السكني	(C) مجمع حي السلام السكني	
46	78	68	مجموع المنافع الترجيحية
42	51	46	مجموع الكلف
1932	3978	3128	حاصل الضرب

بموجب هذه (الطريقة الترجيحية) نجد أن الخطة (A) هي الأفضل على مستوى الكلف والمنافع المرجحة لأنها حققت (اقل

كلفة وأفضل منفعة) . وبموجب ما ذكر سابقاً ينبغي أن تكون النسبة

$$1 < \frac{\text{المنفعة}}{\text{الكلفة}} \text{ وبخلاف ذلك لا تحقق الهدف المطلوب .}$$

الاستنتاجات :

توصل البحث الى الاستنتاجات التالية :-

- * فيما يخص الدراسة الميدانية للمجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) فهي تهدف الى تقويم ملائمة هذا النمط السكني ومدى تحقيقه للمنافع الاجتماعية كالخصوصية والراحة والأمان وكفاءة الخدمات الاجتماعية وخدمات البنى التحتية الفنية المساندة لهذه المجمعات .
- * يتوزع عدد الاشخاص العاملين في الاسرة على العديد من المهن المختلفة مما يدل على وجود مجتمع متنوع وغير متجانس في المجمع السكني نتيجة لتباين الفئات الاجتماعية – الاقتصادية التي تنتمي اليها الأسر .
- * العلاقات الاجتماعية بنسبة (27% ، 10% ، 54%) للأسر جيد جدا في كل من المجمعات (حي السلام ، زيونة ، السيدية) ، بينما كانت جيدة بنسبة (70% ، 80% ، 38%) على التوالي في المجمعات نفسها .
- * لقد رأت (82% . 85% ، 50%) من الأسر في المجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) ان خدمات البنى التحتية الاجتماعية كفوءة بينما رأت (13% ، 6% ، 25%) من الأسر في المجمعات اعلاه ان هذه الخدمات قليلة وينبغي توفيرها بكفاءة اعلى .
- * تبين بأن خدمات الطرق (جيدة) في المجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) وبنسبة (65% ، 72% ، 63%) على التوالي ، اما بالنسبة لكفاءة ممرات السابلة للتنقل داخل المجمعات السكنية في اعلاه فهي (جيدة) كذلك وتبلغ نسبتها (77% ، 81% ، 62%) على التوالي .
- * ان عملية الوصول بين المجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) مناسب وبحدود (90% ، 92% ، 75%) وذلك لتوفير وسائل النقل العامة وسهولة ربط المجمعات بالطرق المؤدية الى مركز المدينة .
- اما بالنسبة لمواقف السيارات فكان رأي السكان بانها مناسبة بنسبة (93% ، 96% ، 85%) للمجمعات السكنية (حي السلام ، زيونة ، السيدية) على التوالي .
- * الاسكان حاجة اساسية لكل أسرة ، ولكن الاسكان هو ايضا سلعة تخضع لقوى السوق من عرض وطلب . ويُكون قطاع الاسكان جانباً مهماً من الاقتصاد الكلي للبلد يؤثر فيه ويتأثر به . لكن دون التفكير به كسلعة استثمارية تجني ارباحاً مادية مباشرة وانما ينبغي ان ننظر اليه على انه خدمة تقدمها الدولة لمواطنيها ويكون الاستثمار الحقيقي فيما تقدمه تلك الخدمة للسكان من منافع تؤدي الى رفع انتاجيتهم وتحقيق الامان والراحة والخصوصية والرفاهية .
- * تُولف مواد البناء بين (55 – 60%) من كلفة البناء واحيانا تصل الى اكثر من ذلك ، ولذلك فهي تشكل جانبا مهما واساسيا ينبغي اعتماده في اختيار الأساليب البنائية من حيث القوة والمتانة الانشائية وخواص العزل الجيد (الحراري والصوتي) ومقاومة الحريق والتناسب الجيد بين ثقل المادة والاقبال التي تتحملها .
- * من خلال استخدام اسلوب تحليل الكلفة – المنفعة (Cost – Benefit Analysis) لأجراء عملية التقييم والمفاضلة بين البدائل التخطيطية السكنية الثلاث وجد ان البديل A (مجمع زيونة) هو الافضل على المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي ومواد البناء .

التوصيات :

تتلخص التوصيات بالفقرات التالية :-

* ان المشكلة السكنية في العراق هي مشكلة غير تقليدية وان حلها لا يكون الا بحل غير تقليدي ، فالعراق بحاجة الى ثورة في قطاع الاسكان ، اذ ينبغي على القطاعات جميعها ان تسهم في القضاء على اكبر ازمة يمر بها القطر هي ازمة السكن . اذ لابد من تخطيط سليم ولابد من جرد جميع الأراضي التي تصلح ان تقام عليها المشاريع السكنية مع التشريع القانوني الذي يتم وفقه تخصيص الاراضي وتوزيعها أو انشاء المشاريع السكنية وتوزيعها على الشرائح الاجتماعية الأكثر حاجة لهذا الدعم . كما ينبغي اطلاق القروض العقارية للمواطنين بشروط ميسرة لاسهام السريع في حل المشكلة السكنية .

* ضرورة تبني اساليب جديدة في حل ازمة السكن تتعدى الحل الجزئي التي كانت متبعة سابقاً ، اذ ان مدينة بغداد تعاني الآن من مشاكل عديدة وأهمها المشاكل (العمرائية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتشريعية) نتيجة لتوسعها ونزوح الاعداد الكبيرة من المهاجرين منذ الخمسينات من القرن الماضي اليها وذلك لتركز الفعاليات الصناعية والتجارية والادارية والثقافية والتعليمية فيها ، مما يتطلب معالجة هذه المشاكل التي تعاني منها مدينة بغداد من جهة والعمل على تنمية الأقاليم او المحافظات تنمية متوازنة وعادلة من جهة اخرى لتقليل الفوارق بين المدن ولتحقيق تيارات الهجرة المعاكسة من بغداد الى الأقاليم . لاسيما وان البلد يمر حالياً بتحولات اجتماعية وسياسية مما يتطلب تضافر جميع الجهود والجهات المسؤولة والمخلصة لإنجاح ذلك .

* اعتماد المباني السكنية متعددة الطوابق (3-4) طابق لمواجهة الحاجات السكنية المتزايدة لما تتصف به من كثافات سكنية مناسبة يمكن من خلالها توفير الخدمات اللازمة للسكان جميعها وتطبيق جميع المعايير التخطيطية للمناطق السكنية ، اضافة الى ما تتميز به من استعمال فعال واقتصادي للأرض وتقليل الكلف الاسكانية .

* ينبغي استمرار دعم الدولة في تشجيع البناء السكني وذلك عن طريق رفع المستوى المعاشي للمواطنين ، اذ يُعد الدخل احد العوامل الرئيسة في الطلب على السكن . وضرورة تخصيص نسبة من الدخل الوطني لقطاع الاسكان ، ودعم سياسات البناء العمودي والأفقي ومحاولة استثمار اراضي الدولة غير المستغلة والأماكن التي انتفت الحاجة اليها مثل منطقة (معسكر الرشيد) وبما يؤمن توفير مساحات اضافية يمكن استغلالها للأغراض السكنية حيث تتوفر فيها الخدمات والبنى الارتكازية تقدر بحوالي (70000-100000) وحدة سكنية .

* تشجيع شركات الاستثمار السكني للمساهمة في حل ازمة السكن من خلال تعاون القطاع العام مع اصحاب رؤوس الاموال الخاصة وبدعم من الدولة وكما يلي :-

أ- تخصيص الأراضي لمشاريع الاسكان الاستثمارية وضمن التصميم الاساس لمدينة بغداد .
ب- توفير المواد الانشائية المنتجة محلياً وتشجيع المستوردين لاستيراد المواد الانشائية غير المتوفرة لاستيرادها وفق تسهيلات معينة .

ج- الاعفاء من بعض الرسوم عن النشاط الاسكاني .

د- تخفيض سعر الفائدة عن القروض الممنوحة من صندوق الاسكان لغرض الاستثمار السكني .

* استخدام الخرسانة الخفيفة في الابنية السكنية بوصفها أحد البدائل العملية لمواد البناء التقليدية كالتطابق لما تمتاز به من موصفات عديدة وتوفير في الكلفة والأيدي العاملة والتقليل من زمن الانجاز .

صورة (1-2)

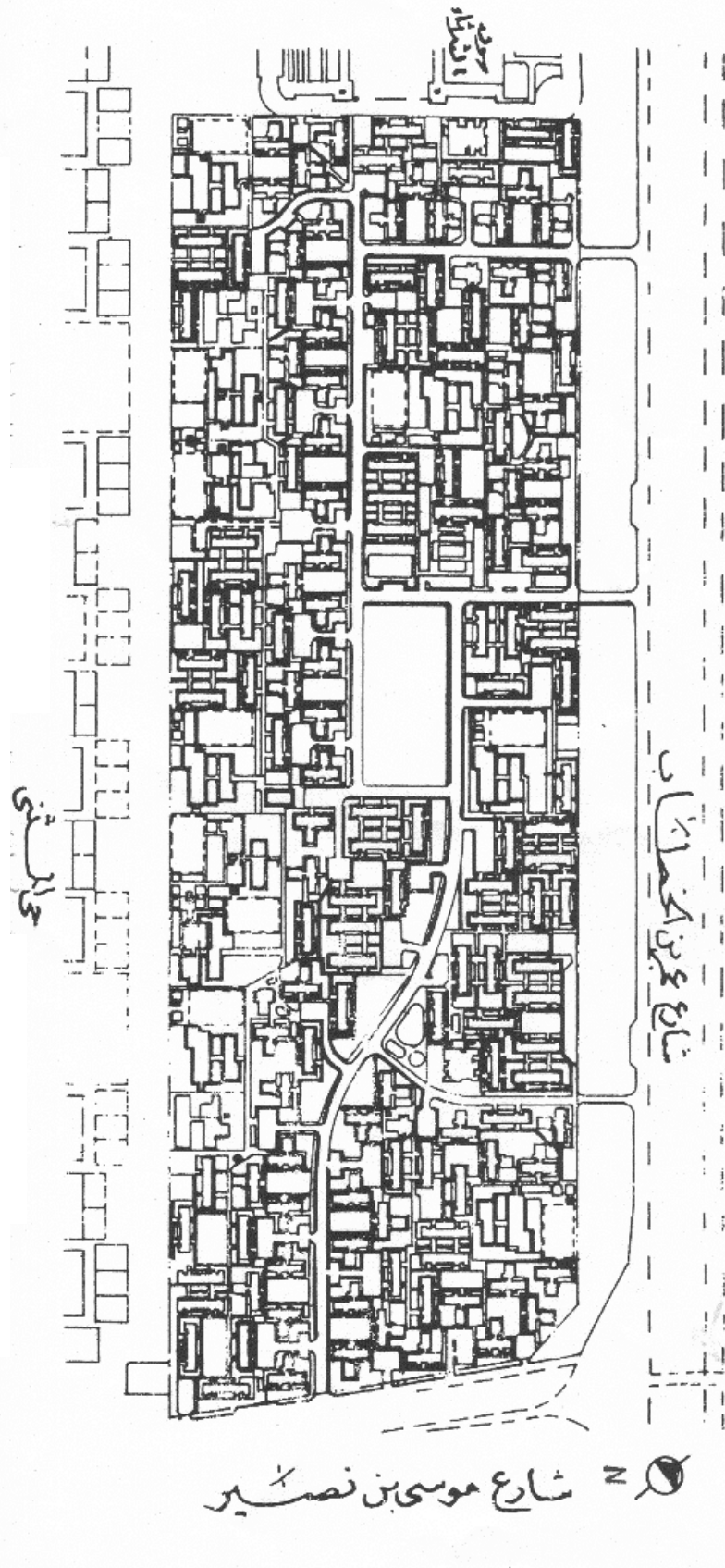
مجمع حي السلام الاسكاني (حي صدام سابقاً) التقطت من الأقمار الصناعية.



المصدر : [www.ertmaper.com]



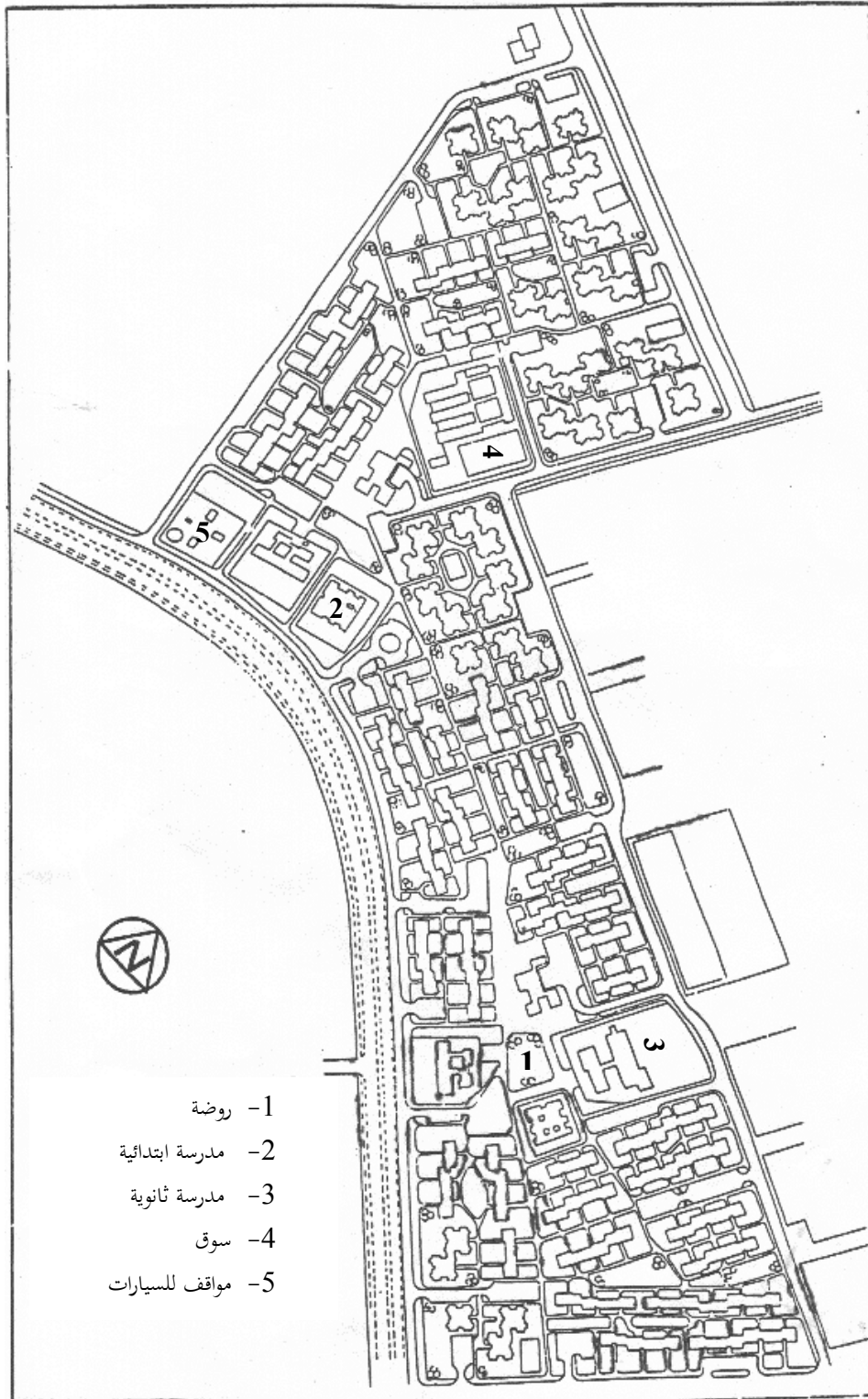
مخطط (1-2) يوضح موقع مجمع زينة السكني



المصدر / الباحث بالاعتماد على المؤسسة العامة للسكان / دائرة التخطيط والدراسات

مخطط (2-2)

يوضح موقع مجمع السيدة السكني



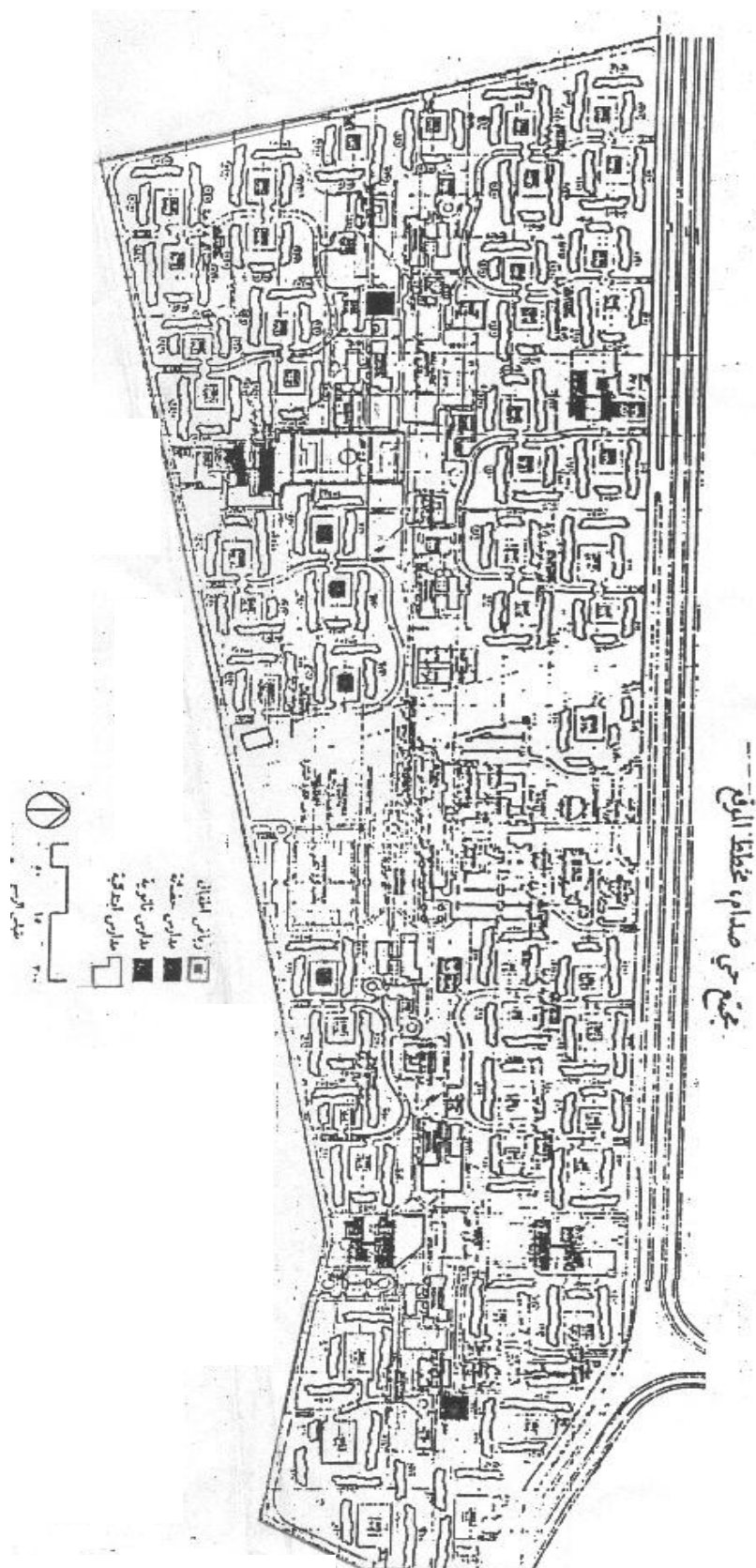
- 1- روضة
- 2- مدرسة ابتدائية
- 3- مدرسة ثانوية
- 4- سوق
- 5- مواقف للسيارات

المصدر / الباحث بالاعتماد على امانة بغداد ، قسم التصميم الهندسية

مقياس الرسم 1 : 5000



مخطط (2-3)



المصدر / الباحث بالاعتماد على امانة بغداد ، شركة ميكروفلورسنت الهندية ، حي السلام 2000 وحدة سكنية ، 1985 ، ص 1

المصادر

- * مركز الامم المتحدة للمستقرات البشرية (الموئل) ، "المأوى للجميع " ، نيروبي ، 1990 ، ص. 3 .
- * الشيخ درة ، د. اسماعيل ابراهيم ، "اقتصاديات الاسكان " ، الكويت ، 1988 ، ص (175 – 241) .
- * الحميدي ، ابتسام محمد علي ، "دراسة اثر التمويل والتشريع الاسكاني على مشكلة السكن في العراق " ، رسالة ماجستير مقدمة الى الجامعة التكنولوجية / قسم هندسة البناء ، سنة 2000 ، ص (63 – 64) .
- * الانصاري ، د. باسم ، "السكن الاجتماعي ودور البناء الذاتي في انجاح هذا النوع من السكن " ، الندوة المنعقدة في تونس ، سنة 1988 ، ص . 10 .
- [*] Orville and Grimes , Jr., "Housing for low Income Urban Families , Economic and policy in the developing world " , 1979 , p.42 .
- [*] Rapfenbauer , Ural , " Housing the Impact of Economy and Technology" , proceedings of the International Congress, Vienna , Austria , Pergamon press , New York , 1981 .
- [*] Polservice , " General Housing for Iraq " , Report one , 1977 , P. 181 .
- * ساعور ، نائرة نجيب ، "دراسة لكلف البدائل المستخدمة في تصميم وتنفيذ الدور السكنية " ، ندوة البدائل الاقتصادية في تصميم وتنفيذ الدور السكنية ، وزارة الاسكان والتعمير ، 1993 ، ص (6-9) .
- [*] " what is cellular light weight concrete " , 2001 , p.2 .
- [*] Dechiara , Joseph , " Time – sarver standards for Housing & Residential Development " , second Edition , part 1 . Mc Graw – Hill International Editions , 1995 , p. 361 .
- * النقيب ، ايمان علي ، "الاسكان العالي الكثافة – ضمن الخصوصية السلوكية للمجتمع العراقي " . رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الهندسة / جامعة بغداد ، 1993 ، ص. 82 .
- * العيداني ، سنان وسام عبد الرزاق ، "مشاكل تنفيذ الاسكان متعدد الأسر في العراق " ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الهندسة / قسم الهندسة المعمارية – جامعة بغداد ، 2004 ، ص. 20 ,
- * ناصر ، بشار حكمت ، "المفاهيم الاجتماعية والاقتصادية للمشكلة السكنية " ، رسالة ماجستير مقدمة الى جامعة بغداد / قسم الهندسة المعمارية ، 1997 ، ص. 72 .
- * علام ، د. احمد خالد ، "كتاب تخطيط المدن " ، مكتبة الانجلو المصرية ، 165 شارع محمد فريد ، القاهرة ، 1991 ، ص . 322 .

مفهوم المنظومات التقنية لفكر عمارة الأبنية الذكية

حيدر اسعد عبد الرزاق

مدرس مساعد

جامعة بغداد - كلية الهندسة

قسم الهندسة المعمارية

الدكتور أمجد محمود عبد الله البدري

مدرس

جامعة بغداد - كلية الهندسة

قسم الهندسة المعمارية

The Concept of Technique Systems in the Notion of Smart Buildings Architecture

ABSTRACT

The magical brilliance between the information abilities and the abilities of controlling the environment and consuming power, which distinguishes the smart buildings. It becomes unavoidable and common things in different fields of architecture like governmental, public, service and productive. Even on the level of planning the city center and urban.

That might be attributed in first rank to the vital role of the computer in all aspects of life until the conditioned buildings that are able to fulfill necessary needs of the consumer. It also becomes necessary to provide the conditions of comfort, kindness and entertainment, as regard smart buildings depends in basically in design and the work of the internal, utilitarian and service structure on service systems. They are developed technological techniques that depend in their work on high development and keeping pace with the changes and developments of the information revolution in order to give the fruit of perfect and interactive buildings that offers to the resident comfort environment in order to able to perform their tasks highly.

خلاصة البحث:

إن التآلق السحري بين القدرات المعلوماتية وقدرات التحكم بالمحيط وخفض استهلاك الطاقة ، الذي يميز المباني الذكية ، قد أصبح أمراً مسلماً به وشائعاً كمعيار لبنية المبنى الذكي عند مختلف حقول العمارة بتعدد مبانيتها الحكومية والعامة او الخدمية والإنتاجية ، وحتى على مستوى تخطيط مراكز المدن وأطرافها . ولعل ذلك يعود بالدرجة الاولى الى التسليم بالدور الحيوي للكمبيوتر في جميع جوانب وأشكال الحياة ، حتى بات تصميم المباني المتكيفة والمستجيبة القادرة على سد الاحتياجات الحياتية والمعلوماتية للمستعمل ، أمراً محتملاً وضرورياً، لتوفير شروط الراحة والمتعة وحفظ الطاقة ، على اعتبار ان المباني الذكية يُعتمد أساساً في تصميم وعمل بنيتها الداخلية الوظيفية والنفعية والخدمية وحتى النفسية ، على المنظومات الخدمية والنفعية ، وهي منظومات ذات تقنيات تكنولوجية متطورة تعتمد في عملها على التقنية العالية والتطور الحاصل في مجال التكنولوجيا ومواكبة ثورة المعلومات التي يشهدها عالمنا اليوم ، لتعطي ثمارها ببنية متكاملة متفاعلة توفر لسكانها بيئة داخلية مريحة وظيفياً وبصرياً وبإولوجياً ليتمكنوا من اداء مهامهم باعلى أداية .

هدف البحث ومشكلته:

يكمن هدف البحث بتوضيح المفهوم الرئيس للمبنى الذكي ووضع تعريف عام يعتمد فيه ، وصولاً إلى تحديد مشكلة البحث الخاصة بتحديد ماهية العلاقة التي تربط مفهوم المبنى الذكي وبنيته من جهة ، ومفهوم النظام ومنظومات التكنولوجيا الذكية من جهة أخرى .

المقدمة:

إن العوامل التي تحكم نشوء الحركات المعمارية والالية التي تصل الى ظهور الحركة المعمارية الجديدة لتحل محل الحركة القديمة بعد اضمحلالها ، تعود نتيجة لظهور المشاكل في تطبيقاتها العملية او بسبب تغير الفكر السائد في مرحلة التغير، لغرض الوصول الى نتيجة نهائية في تحديد الجدلية القائمة حول أولوية العمارة والغاية من وجودها.

وإذا أمعنا النظر نجد ان كثيراً من الدراسات المعمارية كانت قد تناولت الخصائص الرئيسة للحركات المعمارية المتناوبة لمختلف الأزمان والعصور كون العمارة كظاهرة حضارية تأخذ اهميتها من خلال تعريفها للخصائص والاسس التي سببت ظهورها . (عبد القادر, 1997, ص8) .

وبالتالي فان النظر إلى العمارة كموضوع معرفي , له خواصه وتطبيقاته في ممارساته العملية والمتمثلة في تصنيف تلك الطروحات التي تطرقت الى الموضوع من خلال (طروحات تخص النتاج المعماري واساسه النظري, وطروحات تخص المنشأ الفلسفي للاسس النظرية). والتي كانت مقاصدها جميعاً توضيح المنشأ الفلسفي للحركة ، والاسس النظرية التابعة من ذلك المنشأ ، وأخيراً طبيعة النتاج فيها لتوضيح وجود علاقة الترابط بين طروحات المنشأ الفلسفي من جهة وطروحات الاساس النظري والنتاج من جهة أخرى في كل حركة معمارية, حيث اظهرت تلك العلاقة بين اصناف طروحات الحركات المعمارية الناجمة عن طبيعة المنشأ الفلسفي في كل منها على حدة . (محمد , 1986, ص27) .

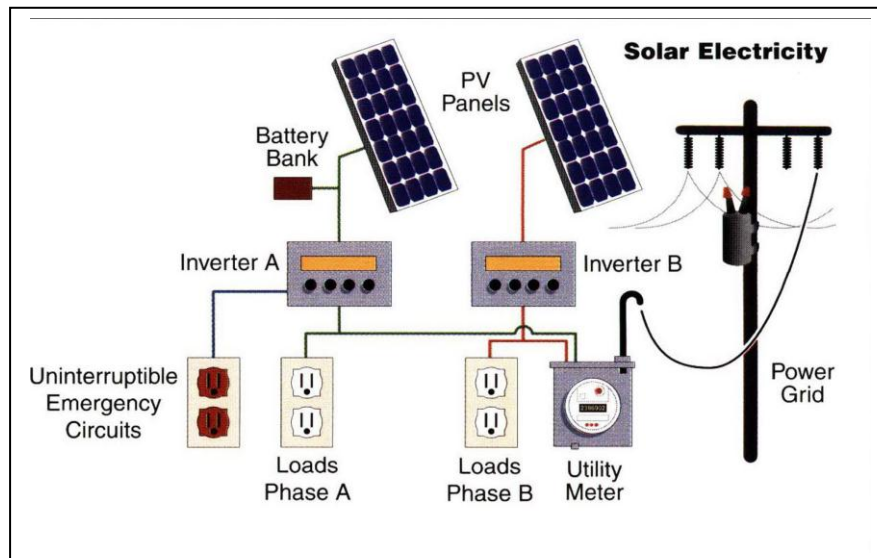
وعليه سيكون للوجود الفلسفي الاساس في تحقق النتاج المعماري والذي هو فكر ينتج عن الفكر السائد في مرحلة النشوء للعمارة الجديدة , وهو بدوره يعطي ويتبلور من خلال مبادئ اساسية عديدة (نظرية) للنتاج الجديد . ليكون وفي حالة حصول انقطاع في التسلسل المنطقي للاحداث, فان النتاج المعماري لايمثل حركة معمارية معاصرة جديدة بل سيمثل افرازات لفعل انساني في مكان وزمان معينين . (تايلور, 1985, ص19).

ووفقاً لاعتبار ان العمارة تمثل ظاهرة حياتية لها خواصها وتطبيقاتها في ممارساتها الدائمة ، فإن الأدبيات التي تناولت العمارة كموضوع معرفي صنفت فيها الطروحات إلى الأصناف الثلاثة سابقة الذكر .

وعلى الرغم من ان اغلب النقاد يرون ان الهدف الاساس للحركات المعمارية منذ فيتروفيوس وحتى ليكوروبزيه هو المتعلقة بهذه الاصناف ، فان العمارة العصرية بدأت الان بتوسيع حدود اهتماماتها متأثرة بالمتغيرات والمنجزات الحاصلة في كل مجال وحقول المعرفة المختلفة شاملاً بذلك كل العلوم والمنجزات التكنولوجية والتقنية. (Arbor,2006,p.463). لتكون العمارة شكل من اشكال المعرفة مثل الرياضيات والفيزياء والأدب ، ولتوسيع شكل هذه المعرفة ، يجب النظر الى علاقاتها بالانظمة الأخرى ، فالعمارة لاتستورد فقط اشياء وعناصر من انظمة أخرى ، بل تصدرها لها أيضاً بحكم كونها المستفيد الاخير والمؤثر الاول. (الخفاف ، 1996،ص65). وبموجب هذا ، فقد بدأ المعماريون في الآونة الأخيرة يتحدثون عن ضرورة الاستفادة من كل ما يحدث حولهم لتوظيفه في العمارة ، لتشرع كتبهم ودورياتهم تتناول مواضيع مختلفة كانت تعد سابقاً خارج حدود العمارة ، والتي تؤكد في مجملها على ضرورة متابعة اخر التطورات العملية في مجال الحواسيب وبرمجياتها (software) ، والاستفادة من احدث تقنيات محاكاة الكمبيوتر (computer simulation) للقوى الفيزيائية والبيئية التي تؤثر على مبنى معين ، حيث يمكن باستعمالها التوصل الى الشكل النظري الذي ستشهده كل قوة من هذه القوى ، ودمج الاشكال معاً يمكن التوصل الى الشكل البنائي المثالي الذي يجعل التنبوء بالأداء الفيزيائي للمستقبلي للمبنى اكثر واقعية. (Batte ,1994,p.33). وهذا ما يستلزم

الآتي :-

- 1- الدوران ضمن فلك المعلوماتية والشمولية لفكر العولمة حيث إن سرعة وسهولة الاتصال وانتقال المعلومات بين انحاء العالم يجعل العالم كله يبدو واحداً (فكرة القرية الصغيرة) ، مما سينمي الاحساس باختلاف وخصوصية الأفراد، والتي تؤكدنا النقطة الثانية .
- 2- ان معظم الدراسات المعمارية الحديثة كانت ولا زالت تؤكد على خصوصية الافراد وعدم وجود مقاييس دقيقة مشتركة بينهم . فمعايير ومقاييس الراحة المناخية التي تعتمد عليها في تهوية الابنية مثلاً اثبتت فشلها ، وان نسبة كبيرة جداً من ساكني هذه الابنية يفضلون عليها وسائل التهوية والاضاءة الطبيعية. مما مكن وعن طريق الكمبيوتر تكوين نماذج بثلاثة ابعاد للبيئة الملائمة التي تمكن من خلق فضاء يوفر تنوعاً من الظروف التي يتطلبها الإنسان ، متداخلاً ومتكاملاً للمنظومات الفعالة والمنفعلة (Passive and active systems) في تأمين بيئتها الداخلية عن طريق غلاف المبنى. (Zaera,1994,p.679). (شكل - 1) .



(شكل - 1) المنظومات الفعالة والمنفعلة التي تؤمن البيئة الداخلية الملائمة عن طريق غلاف المبنى. (Zaera,1994,p.679).

اما على مستوى المدينة وعلى اعتبار تأثر البنية الحضرية لعصرنا هذا بالازمات والتطورات الرأس مالية الحديثة , مع محاولتها ان تحافظ على مرونة معينة لكي لا تبقى صلبة وغير مرنة بمواجهة التغيرات المستمرة, فقد ادى هذا الى انتاج سلوك فوضوي للمدينة المعاصرة, الامر الذي جعله جزءا من اعادة تحويل الانظمة (orders) بدلاً من كونها دليلاً على اختفاء النظام. (Zaera, 1994,p.57). مما سيؤدي وعلى مستوى البيئة الحضرية الى حصول تجانس للطوبوغرافيات الحضرية بينما يطور في نفس الوقت وعياً حاداً بخصوصية كل اقليم عن طريق زيادة وعينا بالاختلافات , فالمواقع التي ستوفر وسائل نقل واتصال ومواصلات متطورة جداً ستصبح مراكز جذب , وستتحول المدن الى بنى (لاعضوية) متعددة المراكز وبذلك يصبح التنافس إقليمياً ما بين منطقة واخرى على مختلف الصعد والمناخات والامكانات , مولدا مفهوم التعددية. (Zaera,1994,p.2). (شكل - 2).



(شكل - 2) البنية المتعددة للمدن الجديدة (Zaera,1994,p.2)

تعددية الحركات المعمارية:

لقد ادت التوجهات الجديدة والتغيرات الكبيرة التي طرأت في العالم , إلى تغير افكار النشوء للعمارة وساعدت على سرعة تغير وتعدد الحركات المعمارية الواحدة تلو الأخرى , إذ انعكس التنوع والتعدد الحاصل في مجالات اهتمام المماريين بالديناميكية الفيزيائية والتغير السريع في المفاهيم ووجهات النظر والتكنولوجيات في العالم الغربي على التوجهات المعمارية الحالية , إذ جعلت التوجهات المعمارية الحالية تركز جل اهتمامها على التكنولوجيا المتقدمة والعلوم الحديثة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات . الامر الذي جعل التنوع الفكري المعتمد على التطور التكنولوجي اساسا في الانتاج السائد, مما دفع معظم النقاد الى ان يروا ان التعددية كصفة للعمارة الحالية , اصبحت هي التعبير عن تعددية الاحداث التي تجري في العمارة كحرية جديدة تسمح لكل معماري أن يعمل ويصمم مايشاء لأنه حر ومسلح بتقنيات ذات قدرات غير محدودة , وهذا الشيء لم يكن ممكناً فعله في العقود السابقة كما هو الآن , مما يجعله في هذه اللحظة تعددي , لتكون بهذا التعددية تعني التنوع , الاختلاف , الغنى وليس الوفرة , وهو من الصفات الملازمة للطبيعة الانسانية خصوصا اذا ما علمنا ان التنوع والاختلاف هو النظام الطبيعي في العالم الانساني الاصيل , لتصبح صفة التعددية صفة شرعية اصيلة غير دخيلة . (Girardet.1998, p.23).

معايير ظهور الحركة المعمارية :

وبموجب ظاهرة التعددية الاصلية, واستنادا إلى التسلسل المنطقي للنظام الكامن المولد للنظام الظاهر لكل مظاهر الحضارة ومنها العمارة كظاهرة حضارية أصلية , وعلى اعتبار ان الحركة المعمارية تأخذ مسيرتها بالظهور من خلال ظهور فكر فلسفي جديد يقبض الفكر الفلسفي القديم ضمن نظام كامل . فان بعض النقاد يرون انه لكي تثبت حركة معمارية جديدة وجودها فعلاً , فإنها يجب ان تكون مثل باقي الحركات التي تحاول ان تتجدد ضمن مفهوم (خطوات اعادة الاحياء الواعية (revival) وليس محاولة الابقاء (survival) لمفاهيم وأفكار معينة من اجل تحقيق اهداف واغراض جديدة) . (عبد القادر, 1997, ص21).

وعليه يتطلب ان تكون مسلحة وحاملة ومتملكة لفلسفة جديدة نابعة من متطلبات التغيير الحاصل في الفكر , أي ان خطوة الظهور الجديدة تستلزم وجود واظهار استيعاب (جمالية) جديدة New Aesthetic , كون ان مسيرتها النضالية الجديدة ستكون محفوفة بالانتقادات والهجمات النقدية على مستوى الفلسفة والتطبيق , الامر الذي يحتم ان تكون الاستيعاب الجديدة قادرة على أن ترد على الانتقادات التي وجهت الى العمارة التي تأتي هي محلها وتتعامل مع المشاكل السابقة للحركة التي قوضتها بما هو حل لها.

وهذا يعني ان مبادئ الفن والعمارة ما هي إلا سلسلة من أفكار تنشأ من وعي وعقل الإنسان نتيجة لتأثره بكل الظروف والأسباب التي توجه وتؤثر في مجتمعه على مختلف قواها وتأثيراتها, مما يحتم ان تتغير الأفكار معها والا فان افكاره ومبادئه ستثبت فشلها وعدم استمراريتها. ولعل ما يؤيد ذلك طروحات جنكيز في كتابه (The New Moderns) والذي يعلل فيه سرعة تغير الحركات المعمارية والفنية, يكون من خلال ان سر التهديم الذاتي الذي تعاني منه الحركات المعمارية والفنية الحديثة على مدى اكثر من 200 سنة الماضية , وعدم استمرارية هذه الحركات بالكاد عشر سنين في القرن التاسع عشر ومجرد سنتان في عصرنا هذا , هو ان هذه الحركات هي مجرد موضة (Fashions). (الخفاف , 1996, ص150). ويساند ذلك ان الموضة مرتبطة بحلقات الانتاج والاستهلاك والاعلان والدعوة الدائمة الى التجديد , والتي أصبحت دعوة إلى المختلف لان الاقتصاد يتطلب ذلك , وتدوير الإنتاج وليس الاستيعاب , وكذلك الإبداع والتجديد والتنافس وليس التثبيت والالتصاق بالمبادئ والاخلاق , فالشعار الدائم لهم هو الابتكار والتجديد المستمر .

وعلى الرغم مما يحمله هذا الطرح من مفاهيم , قد نتفق مع بعضها ولاننتفك مع الآخر, الا انه يظل وجهة نظر وطرح جديد يتوجب معرفته كونه اثبت حضورا مجتمعيا . إذن لظهور حركة معمارية جديدة يجب ان يكون لنتاجها المعماري أساساً نظرياً معتمداً على الاساس الفلسفي النابع من الفكر الجديد للمجتمع في زمان ومكان محددين وفقاً لتبدل في الفكر السابق الذي اصبح نتيجة لتغير الظروف الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والعلمية والتقنية , وعليه فان ذلك التبدل السريع للحركات المعمارية وتسمياتها جاء نتيجة لتبدل مفاهيم المجتمع المختلفة ونتيجة للتطورات السريعة التي تطرأ على العلوم المتنوعة. (Krueger, 1991, P.29-33).

عمارة الابنية التي تتصف بالذكاء:

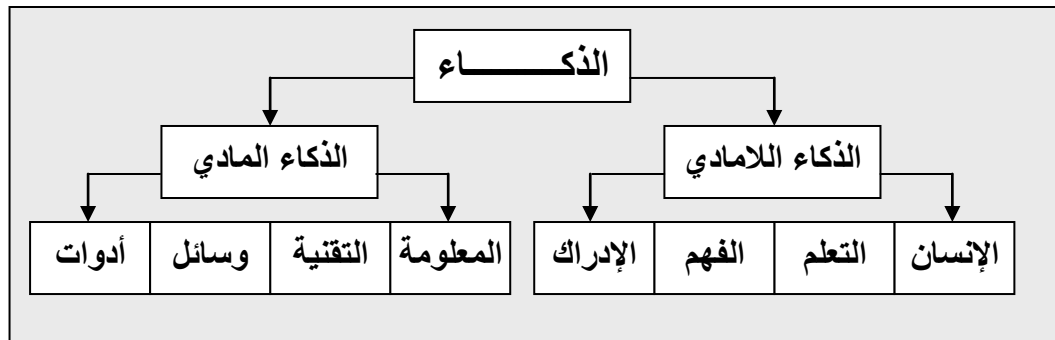
واقع الحال يشير إلى ان لوجود لبنة ظاهرة معمارية معينة تسمى بالبنية المعمارية الذكية (أو حتى الحركة المعمارية الذكية) , فمن النادر ان نجد اشارات مفردة الى من يقول مبان ذكية (Intelligent buildings) مع الأخذ بنظر الاعتبار بانه هناك الكثير من الاشارات التي تشير إلى مصطلحات التصميم الذكي (Intelligent Design) والأنظمة الذكية (Intelligent System) كإشارة إلى ارتباط الجزء (صورة العمارة) او النتاج المعماري وهو المبنى (الموديل) بالذكاء كصفة ملازمة للمبنى وليس للعمارة كبنية لحركة

جديدة. (Papadakis, 1992, p.112). وهنا تبرز مشكلة دراسة العمارة الذكية من خلال التوجه الواضح والمقصود من دراسة الأبنية الذكية، لتظهر أهمية تحديد السبب وراء اظهار حقيقة هذه القصيدة في ادراك ماهية الموضوع ، لتعيين المشكلة المعرفية في تسمية الابنية الذكية وليس العمارة الذكية والتي تستند على الاتي :-

- 1- ان موضوع الذكاء كان قد تعلق فقط ببنية المبنى الهيكلية والمنظومية ، وحالة وجوده عند ظهور هذا التطبيق يقتصد على حالة جزئية من العمارة (المبنى) ، مشابها الى التطبيقات الميدانية العملية الصرفة للذكاء في النتاجات الحياتية المتعددة (كالسيارة او الماكينة) ، والذي تعداه فيما بعد الى اشكال وماهيات اخرى تتجاوز المحدد الفيزيائي أو صفته المادية ، وبالتالي اصبحت سمة الذكاء بصفة حالة مقترنة بالمبنى والتي تشير الى الحالة العلمية التي لازمت تطبيق الحركة المعمارية وانتاجها للموديل (Model) أو المبنى الذي يتسم بالذكاء. لتبقى صفة الذكاء مقتصدة على بعض التطبيقات التقنية الحديثة على الرغم من إنها عدت كدلالات لبداية الابنية الذكية فيما بعد، مما مهد إلى أن ينظر إليها كإمكانية تقنية حديثة منظمة للمبنى ليعادل أو يشابه الامكانيات الاخرى الداخلة ضمنه من تقنيات ميكانيكية ونظم سيطرة . (Papadakis, 1992, p.124)
- 2- وعلى اعتبار ان صفة وتقنية الذكاء اقترن تطبيقها ضمن حقول المعرفة والتطبيق لما هو خارج حقل العمارة ، فان هذا جعل من رؤية العمارة مرادفا للمبنى وهي صورة ينبغي ان لانستغربها ، حتى عندما أخذت تطبيقات هذا المجال حيزها في الظهور ضمن حقول البناء، الا انها ظلت تُدرس في مجالات تصب في العمارة كالهندسة المدنية او الميكانيكية، مما جعل النتاج من رؤيتها كمجال اقرب الى الجانب المادي (هيكل، خدمات، انشاء) منها الى الجانب الاستطقي الأخلاقي، وقد كان من إسقاطات هذا الامر ان لم ينظر الى تطبيق الذكاء في المبنى كحركة معمارية او موديل مشابهة للحركات المعمارية التي ظهرت على مدا تاريخ العمارة، وإنما نظر إليه كتطبيق دور يعزز دور المبنى ويقويه، لذلك فقد اطلقت مصطلحات العمارة الحديثة (Modern Architecture) وعمارة ما بعد الحداثة (Post Modern Architecture) ، ولم تطلق عبارات او مصطلحات العمارة الذكية (Intelligent Architecture) او الحركة الذكية (Intelligent Movement) مع مراعاة ان هذه حالة نسبية ، فقد تظهر مستقبلاً ما يمكن ان نسميه بالعمارة الذكية. (Suad, 1996, p.44).

- 3- وهنا نجد ان صفة الذكاء جاءت مقتصرة كتطبيق فيزيائي عملي في المبنى وفي اجزائه ، وليس اساساً فكرياً فلسفياً لحركة معمارية جديدة ، وهو ما يؤكد الاستنتاج السابق عن كيفية ظهور أية حركة معمارية جديدة ، والذي من خلاله نجد انه ليس هنالك مايشير او يؤكد وجود مفردة العمارة الذكية كمفهوم وانما هنالك موديلات (Models) لأبنية (ذكية)- وهو مفهوم الجزء - الذي يجسد مفهوم المرآة العاكسة للعمارة الذكية والتي اختلفت بهذا عن كل حركة معمارية ، ففي الوقت الذي كانت فيه كل الحركات المعمارية السالفة قد وجدت مفاهيمها مستنبطة من اسس فلسفية فكرية جديدة تقوم بواسطتها على تقويض الفكر السائد الذي سبقها ، فان نزعة المباني الذكية كانت قد اتخذت من التفصيل المستجيب والمنظومات المتحركة اساساً في سير عملها وفي تامينها للبيئة الداخلية المريحة لتمثل عمارتها . فضلاً عن إن الذكاء بصورته الكلية لا يتكامل من خلال وجوده المفرد (المطلق) كمنظومة او مقدرة عقلية، وانما تتداخل معه العديد من المقدرات او (الاستعدادات و المهارات والتقنيات) التي من خلالها يتأكد دور الانسان الفاعل في المجال المادي ، والتي ستمثل اغلب هذه المفاهيم

وسائلاً تبرز الكيفية التي يتم بها النقل من حالته اللامادية الى صورته المادية في الواقع. (Shvhel, 1987, p.221), (Stephen, 1988, p.115). وعليه فان المفهوم الاصطلاحي للذكاء يمتلك معانٍ ومفاهيم عديدة يعرف بها فنيا وعلميا وهندسيا وفقاً لطريقة فهمها لماهية الذكاء , والتي لا تخرج عن نوعين اساسية , فمنها ما يتعلق بالذكاء اللامادي والمرتبط بعلاقته مع الانسان وفطرته في القدرة على التعلم والفهم والادراك للأشياء المحيطة ضمن بيئته الخاصة , ومنها ما له علاقة بالذكاء المادي الذي يختص بالمعالجات المعلوماتية والتقنية العالية وما يتعلق بها من وسائل وتقنيات وادوات . وبهذا فان صفة الذكاء اقتصرت كتطبيقات عملية لمفاهيم التكنولوجيا المتقدمة التي تدخل في اجزاء المبنى والتفاصيل, لتحقيق مفهوم المبنى الذكي من غير ان تصل الى تحقيق مفهوم الكل وهو العمارة الذكية. (CNMI,1998,p.21). (شكل - 3) .



(شكل - 3) مفهوم المبنى الذكي (CNMI,1998,p.21)

تعددية صفة الذكاء :

يعرف الذكاء بأنه مَلَكَ عَقْلِيَّةٌ مقترنة بالكائنات ذا تكامل تام بين ماهيتها وطبيعتها , وحقيقة وجود الكائن بشكل يلبي حاجته ومدى تكيفه ضمن البيئة , موضحاً بشكل اساس في القابلية التي يتم فيها التعامل مع الماديات التي تحيط به . ويتفاوت مقدار هذه القابلية نسبة الى طبيعة الكائن من حركة بسيطة في الكائنات الدنيا الى ارادة واتخاذ قرار عند الانسان وبموجب هذا يمكن تصنيف الذكاء الى اشكال اساسية لاتخرج عن :-

❖ **الذكاء الفطري الموهوب :** يرتبط بالغريزة بشكل نشاط سابق التكوين لدى الكائن ليقوم من خلاله بالاستجابة لإثارة المحيط (كما هو عند الحيوانات) .

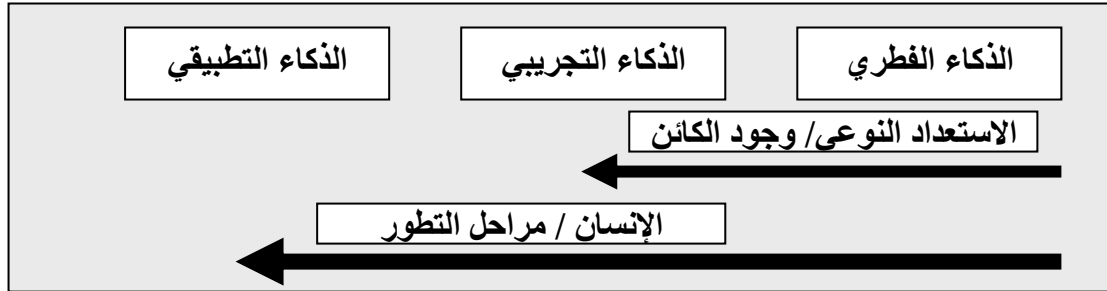
❖ **الذكاء التجريبي المكتسب :** وهو القدرة النسبية التي يتمتع بها الانسان بشكل ردادات فعل حركية تستند كفاءتها عند تجميع وتركيز فوريين لمجموع الاختبارات السابقة وعلى اعتبار ما يمتاز به الإنسان من مقدرة على التغير من محفز ذاتي يساندها طبيعة الاستعدادات التي يمتلكها مع امتلاكه عامل اللغة كمنظومة رمزية اساسية في حياته, أي القدرة على اعادة خلق التجربة السابقة وفق المنظار الحالي وليس من خلال تراكم التجارب والأخطاء كما هي الحال عند الحيوان. (Ruse,1993. p.13-35).

❖ **الذكاء التطبيقي المتكيف :** الذي يمثل تطبيق المفاهيم المجردة والعامة على الأشياء والأحداث والتكيف وفقاً لها وفقاً لمنهج الاستدلال, ليكون كمقدرة واعية للذات تتميزه فيها عن الموضوع (Tony,2004.p.54).

ان الخطئين الفاصلين اللذين يظهران تمييز اشكال الذكاء عند مخطط الذكاء في الكائنات هما الخط الفاصل بين الارتكازات الفطرية الاولى وبين الذكاء التجريبي ليولد طاقة فكرية خاصة بالانسان للقيام ببعض الحالات والتجارب الخاصة , وكذلك الخط الذي يفصل بين الذكاء التطبيقي المتكيف والذكاء التجريبي المكتسب . و يأخذ هذان الخطان عند الخط الأول ليبداً

الذكاء كطاقة فكرية ، وعند الخط الثاني تبدأ اشكال الفكر العليا (أي الحركة الفكرية). (Leupen,1997,p.86).

ان بروز الذكاء بمفهومه الموهوب او التجريبي يكون محققاً بوجود الكائن وبروزه بشكله الكلي وليس حالة من حالات التطور, لان دخول الانتقال الكامل من حالة الموهوب الى المكتسب سيكون مقترناً أساساً بوجود الاستعداد النوعي لديه مسبقاً الذي لا يتحقق في الاشكال الاخرى للكائنات . اما عند الانسان وبالرغم من تغير صورة الذكاء عند كل مرحلة , الا انه يحويه شكل من الأشكال ، ويكون لازماً لوجوده بشكل تام ان يأخذ ضرورة وجود مرحلة تطويرية في تتابع الظهور ليبرز متخذاً لشكلي الذكاء (التطبيقي) و(التجريبي) , حيث إن وجود الأول مدعاة إلى ضمه في الثاني عند الإنسان . (Jencks, 1997, p.93). (شكل – 4).



(شكل – 4) المرحلة التطويرية لتتابع الظهور عند الكائنات. (Jencks, 1997, p.93).

ماهية الأبنية التي تتصف بالذكاء:

إن الثورة التي حدثت في حقل تكنولوجيا المعلومات وماتبعه من توسع وانتشار سريع في تطبيقاتها , قد غير فكرة الاعتبارات الجمالية الفنية التي ظلت متربعة على قمة اهتمامات المعماريين في كل انحاء العالم والتي جعلت العمارة وفي جانب كبير منها- فناً جميلاً , ليحل محلها اعتبارات الذكاء التي تدرج بالطبع في فئة الاعتبارات الوظيفية والتكاملية لتوفير مفهوم الراحة للسكان . لنجد هذا واضحاً وقتما بدأ تعريف الأبنية الذكية لأول مرة بمفهوم حدد لها في عام 1980 من قبل المعهد الامريكي للأبنية الذكية الذي عرفها بتكامل الأنظمة المختلفة لإدارة المصادر الفيزيائية وغير الفيزيائية الداخلة في المبنى بادائية وفعالية عالية ، والتي تنظم طبيعتها أو نسقها لتحقيق اقصى ما يمكن من (الأدائية التقنية Technical Performance / تقليل كلفة الاستثمار والتشغيل والطاقة Investment and Operating and Energy Cost saving / المرونة Flexibility) . (فلوم.دي , 1994, ص2), (بونت , 1996, ص33).

ووفقاً لهذا , فان الابنية الذكية قد تضمنت تطبيق تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مع اشكال الهندسة والبناء الأخرى , كطرق وأساليب التحكم والمراقبة والمواد والتركيب والانظمة, وتطوير العمل من خلال الكيفية في تصميم الابنية الملائمة والمرنة (Flexibility) , لستجيب لكل المتطلبات المتغيرة لرب العمل (Client) والشاغلين (Occupants) والمستخدمين (Users) (Gayna , 1989,p.1) على اعتبار ان الابنية الذكية هي عمارة مستجيبة ومتحركة (Dynamic and Responsive Architecture) تزود الشاغلين بالمقدرة الانتاجية وفعالية الكلفة (Cost Effective) , وبيئياً تؤمن شروط استمرار التفاعل والعلاقة بين العناصر الاساسية الاربعة (المكان – الإدارة – الناس – المعالجة) لتزويد الاستجابة (Responsive) والفاعلية (Effective) وتثبيت البيئة الذكية (Intelligent Environment) داخلها ليعمل التنظيم على تحقيق موضوعاته العلمية المقصودة , لتكون الأبنية الذكية هي الابنية القادرة بشكل مستمر على الاستجابة والتكيف وتحسين البيئة الداخلية الملائمة لشاغلها

من خلال الاستجابة إلى التغير في المناخ الخارجي والمناخ الداخلي مع التغير في المتطلبات الوظيفية والحيزية الموضوعة فيها. (Groak, 1993, p.6).

وبالتالي يظهر ان الابنية الذكية هي المنشآت التي باستعمالها للتكنولوجيا والتقنيات الحديثة ذات الادائية المنفردة والعالية في الاقتصاديات وتطبيقها لمبادئ الثورة المعلوماتية , أصبحت قادرة بشكل مستمر على الاستجابة والتكيف وتحسين بيئة شاغليها من خلال تأمين الاتي (Jencks, 1990, p.28):-

1- الاستجابة الحساسة والسريعة في مجارة التقدم العلمي الحاصل في التكنولوجيا والمعلوماتية ونتاجاتها المتنوعة فضلاً عن الثورة الهائلة في المعلومات والاتصالات.

2- الاستجابة الحساسة والسريعة لتحقيق الراحة والأمان وسرعة الاتصالات.

3- الاستجابة الحساسة والسريعة لتحقيق الحاجات الوظيفية لشاغلي المبنى .

4- تحقيق الذكاء بإدخال منظومات السيطرة والتحكم المؤتمتة وربطها مع الأنظمة المعلوماتية لتنفيذ متطلبات شاغلي وتلبية حاجات المبنى .

لتكون الابنية الذكية هي التي توفر وتؤمن بيئة إنتاجية مؤثرة بشكل ايجابي على الكلفة من خلال الوصول إلى أقصى عناصرها الأربعة الأساسية (التفصيل او التقنية ، الأنظمة ، الخدمات ، الإدارة او القيادة) ، والعلاقات المترابطة بين هذه العناصر ضمن مفهوم ما يسمى بالتغذية الاسترجاعية Feedback . حيث إن تركيب البناء الذكي وأساس عمله هو في التحكم وتنظيم الراحة ، وأنظمة مكافحة الحريق والأمان، مع تأمين والسيطرة على الأنظمة الإلكترونية وشبكات الاتصال والخدمات والهيكل ، وخدمات السكن والإقامة المشتركة وإدارة الطاقة وتوجيهها. (Jim , 1989, p.459). فبالإضافة إلى كل هذا فان نظم أتمتة المبنى ستحتوي نظم حفظ الطاقة (Energy Saving System) على اعتبار اكتظاظ المبنى الذكي عادة بتجهيزات الكمبيوترات والاتصال والتحكم التي تعتمد بشدة على الطاقة الكهربائية، مما يولد حاجة في هذا المبنى الى استخدام تقنيات تساعد على خفض مستوى استهلاك هذه التجهيزات نفسها من الطاقة ، ومستوى الاستهلاك الناجم عن السعة الإضافية اللازمة لتسهيلات تكييف الهواء من اجل تبديد الحرارة المنبعثة من تلك التجهيزات وتوفير الطاقة في عموم المبنى. (John, 1992, p.8).

الاسس المفاهيمية للأبنية التي تتصف بالذكاء :

يرى معظم نقاد العمارة الى ان بداية ثمانينيات القرن العشرين قد كانت تمثل مرحلة تأسيس مفاهيم الابنية الذكية بتزامن مع حدثين اساسيين في تكوينه ، يرتبط الأول بناحية مقتردة متمثلة بالوضع ولأول مرة لمبادئ وأفكار ومصطلحات الأبنية الذكية . أما الناحية الأخرى فهو إنشاء معهد الأبنية الذكية (Intelligent Building Institute) في واشنطن - الولايات المتحدة الامريكية - وتحديد تعريف خاص بالابنية الذكية واستخدام مصطلح (Intelligent Building) كمصطلح أمريكي . وعلى الرغم من إن بداية تطبيقات أنظمة التحكم الذاتي واساسيات الذكاء الصناعي واستخدامات الكمبيوتر في المجالات كافة تعود بدايتها تقريباً الى مابعد الحرب العالمية الثانية كتطبيقات عملية داخل وخارج مجال الحرب والتسلح ، نجد إن الأمر قد تطلب أكثر من ثلاثة عقود حتى اعلان دخول مفهوم الذكاء الى مجال العمارة والبناء كمصطلح قائم . (اوزياس , 1975 , ص84).

وقد ادى ظهور نظرية السايبرناتيك (Cybernetic) والنظرية العامة (General Theory) الى أظهر أشكالا من النتاج ذي التحكم الذاتي الذي يمكنه من اتخاذ القرارات استناداً الى الظرف الذي تتواجد فيه . ومن خلال نظريات التحكم (Control Theory) والاتصال (Communication) , فقد أمكن التعامل مع موضوع الابنية الذكية كاحد الاشياء

الذكية التي ظهرت مع تعقيد المقياس والمشكلة واسلوب المعالجة والتفصيل . (نوبلر , 1988,ص45).

وعلى اعتبار إن استخدام إمكانات الكمبيوتر قد جاءت بدايةً في إظهار ما ينظر إليه كإمكانية ذات خصائص سحرية (Magical Properties) ليتم من خلاله إبراز الأشكال والمعالجات الدقيقة من خلال البيانات المعزى بها وتعريفه للمعلومات. فان ظهور مفهوم الابنية الذكية لم يكن نتاجاً لتطور الابنية الذكية وليس نتاجاً لتطور الابنية مؤتمنة الأعمال (Automating Of Work) , وإنما هي نتيجة طبيعية من المعلومات (Information) ذات التنوع والاختلاف النوعي المتكامل لكلا النظامين (الأتمتة , المعلوماتية) لكون المادة المنتقلة هي المعلومة والتي هي ليست متحركات فيزيائية كالوسائل والأوراق وإنما فكرة ومعالجة وأمر منقول ضمن نظام الكمبيوتر , مما جعل ظهور الذكاء في العمارة كمصطلح في بداية الثمانينات من القرن المنصرم يعود في اساسه لكون العمارة مجالاً يصعب اظهار التغيرات عليه بصورة سهلة وقابلة للتغيير المباشر والسريع , كونها تعرف كما هي في نمط وجودي ملموس استقر في شكله وبنيته منذ ان بنى الانسان مسكنه الأول قاصدا الراحة في مأوى قابلا للسكنى لي طرح وبكل مفاصله طبيعة تاريخه وعقيدته وطباع ساكنيه ومجتمعهم . (Broad Bent , 1973, p.22).

الأنظمة الذكية في المباني:-

واذا ما وضعت كل الاعتبارات السالفة , فان المعالجة الفاعلة ضمن الابنية التي من الممكن ان تتصف بالذكية, لا يمكن ان تتحقق في غياب منظومات ذات قابلية على تحقيق المتطلبات الادائية والتي تعرف بالانظمة الذكية (Intelligent Systems) او الانظمة الاوتوماتيكية (Automation Systems) , والتي تكون في ذاتها ذكية على اعتبار انها مبنية على قابلية فائقة في الاتصال لكل جزء من أجزائها , مع المساهمة بشكل أساسي في تطوير المبنى .

يقصد بالانظمة الذكية ذلك الجزء المادي (Hardware) منها المتمثل بمفاتيح التحكم وقنوات الاتصال والايصال كالاسلاك ووسائل الادخال وغيرها والتي تلعب دوراً مهماً في اقتصاديات المبنى والكيفية التي يتعامل معها. (Henman, 1997, p.62-63). وبموجب هذا فان المتطلبات الحديثة للانظمة في المباني تستلزم التجهيز بالمتطلبات الاتية : (التنوع في الخدمات الوظيفية Function Diversity كالاضاءة والتدفئة وغيرها , التشغيل الاقتصادي Economic Operation , الملائمة Convenience , المرونة Flexibility , وكذلك عامل الامان Safety) . وتساهم الانظمة الذكية بشكل كبير في تحقيق هذه المتطلبات من خلال العوامل الاتية :-

- 1- عامل النوعية العالية باستخدام انواع من المواد الناقلة أو العازلة, والتي جميعها تمتلك مواصفات عالية جدا وذات كفاءة فائقة في النقل والعزل والتوصيل.
- 2- عامل الدمج الذي يجمع عدة فعاليات في ذات الوقت كالاسلاك الناقلة التي تعتمد على وجود سلك ناقل مفرد (Signal Cable) او مفتاح واحد (Signal Plug) يمكنه التحكم في وسائل الاضاءة والتدفئة والتبريد والخدمات سوية وبكفاءة.
- 3- عامل التعددية بين المتغيرات المحددة نحو غاية بالغة التعقيد والصعوبة, خاصة اذا ما كانت هذه المتغيرات متباينة المصادر.
- 4- عامل ادارة الذروة (Peak Management) والتي تمكن النظام من التغلب على الحمل المسلط عليه في استهلاكه اثناء فترة الذروة بتقليل فعالية الاحمال التابعة وبشكل مباشر.

5- عامل النهاية المفتوحة (Open End) . اذ ان الانظمة الذكية مكنت قابلية الاتساع والتحديد باضافة اجزاء متحركة اشبه بالمفاتيح (Plugs) تعمل على انشاء امتداد جديد للنظام المباشر يمكن اضافته في أي مكان وقابل للتوافق والانسجام مع النظام السابق نوعا وكما ووظيفة واطهارا شكليا , وهو ما احدث تغييرا في التعامل مع المنظومات التي كانت في السابق التي تعرف بانها منظومات ذات نهاية مغلقة (Closed End) كونها تعتمد على ان الاضافات المستقبلية للانظمة تتضمن عملية تأسيس نظام جديد منفصل يتم انشاءه بشكل كامل او قد يربط مع النظام الاصلي وفق حدود معينة. ("Intelligent Instalation System", 2006,p.3).

مراحل التحكم في الأبنية التي تتصف بالذكاء :

على اعتبار ان الذكاء هو النظام الذي يهدف الى تبني طبيعة ذكاء الانسان عن طريق بناء برامج حاسبة بإمكانها تقليد التصرف الذكي و عن طريق استثمار التطور الصناعي الحاصل في الحاسبات والمعلومات , لما تمتلكه الحاسبة من ان تكون لها القدرة على إبداء قدر معين من الاستنتاج او الاستدلال ومن ثم خروجها من طور الاعمال التقليدية التي تتصف بها الحاسبات التقليدية الى ان يكون الذكاء هو القدرة على الاستنتاج واكتساب معرفة جديدة وتطبيقها وادراك ومعالجة الاشياء ليكون مجال القدرة على التعلم من خلال التجارب والامثلة المحيطة بنا , فان الدراسات المعملية اشارت الى ان الذكاء هو استجابة المكان او الحاسبات (بعد برمجتها من قبل الانسان) , وقد اختصت ابحاث علمية عديدة بقضايا التفكير والاستنتاج والمنطق ومحاكاة العقل البشري والتي ترجع في تاريخها الى زمن الفلاسفة.(شكاره, 1998, ص24-34) . الا ان اغلب المراكز البحثية والدراسات العلمية والصناعية في هذا المجال اجمعت على وضع البناء الذكي كنظام من قبل الشركات المصنعة لتكنولوجيا الأبنية الذكية بعدة مستويات للذكاء متدرجة في التعقيد تبدأ وفقا لـ (Croom, 1998,p.32):-

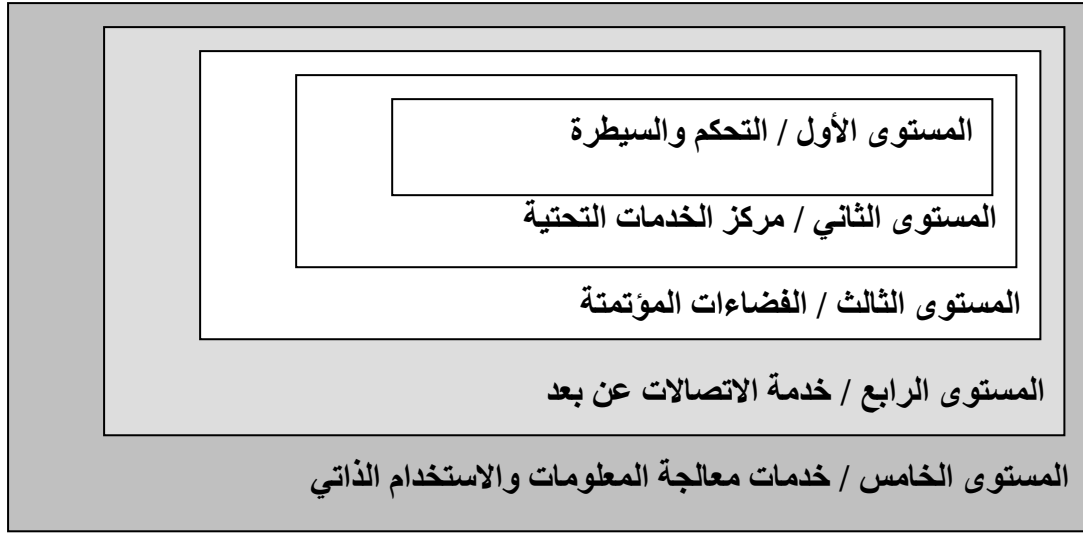
1- المستوى الذي يجهز التحكم و السيطرة بدون الحاجة إلى توظيف الحاسبة أو استخدام الحاسبات على ادارة او توجيه الطاقة . مع احتمال امتلاكها لأنظمة الحياة والأمان أو الضمان (وهذا النوع من البناء لا يمتلك وسائل الراحة الذكية ولا يعتبر مؤهلاً لتصنيف البناء الذكي ذا المراحل المتقدمة لذا يعد ضمن حدود المستوى الأول).

2- المستوى الذي يتم فيه توفير مركز الخدمات التحتية (Infrastructure) الذي يضم أنظمة الحاسبات لإدارة و توجيه الطاقة وحفظها من خلال توفير مستويات مريحة ومحفوظة من الحرارة والتهوية وتكييف الهواء والتحكم بمستويات الإضاءة المناسبة داخل الفضاء . لذا يكون اعلى من المستوى السابق ليصنف كمستوى ثاني .

3- وعندما يزود المستخدمين بقابليات وقدرات المستوى الثاني فضلاً عن توفير الفضاءات المؤتمتة المشتركة ذات التقنيات المتقدمة ومراكز معالجة الأوامر و الترجمة ومنظومات الاتصالات الالكترونية , فان هذه الخدمات ستصنف كمستوى ثالث .

4- وفي هذا المستوى يتم التوفير والتزويد بقابليات وقدرات المستويات الثلاثة السابقة مع اضافة خدمة الاتصالات عن بعد (Remote Services), ليكون مستوى رابع .

5- هذا المستوى يصنف كمستوى خامس كونه يجهز مستخدمي المبنى بقابليات وقدرات المستويات السابقة جميعا , مع اضافة خدمة جديدة ومتطورة تعتمد على خدمات معالجة المعلومات والاستخدام الذاتي (Automatic) لمكتب الاتصالات المعقدة كتقنيات اللقاءات المرئية والاتصالات بواسطة البيانات الصوتية ذات السرعة الفائقة , مع كل ما يلحق ذلك من تقنيات الاتصال عن بعد . (Cynthia, 1995; pp.103-111). (شكل - 6).



(شكل – 6) مستويات الذكاء . (Cynthia, 1995; pp.103 -111).

النظم النانومترية في الأبنية التي تتصف بالذكاء:-

وفقا للتطور التكنولوجي والفكري الفلسفي الجديد , والتي تجسدت بتطوير توليفاً لصور وانساق لا نهائية نظرياً عن كيفية انشاء البيانات الحسية والفئات العقلية لبعضها البعض من خلال الأنساق الذهنية Schemata والتي لا تعطي بالولادة ، وانما تتطور بطريقة تنظيمية تفاعلية مع البيئة الخارجية ، أي أنه سيعتمد إلى وضع نظمه الداخلية وحواصه موضع الاختبار والاختيار والتغذية الاسترجاعية ليصل بها إلى النسق الجديد الملئم لحل المشكلة المعترضة لحياته . ولا يختلف الأمر في هذه الحقيقة حينما استثمرت في طبيعة تصميم نظم السيطرة الذكية الجديدة النانومترية في العمارة لما تتطلبه من سيطرة آلية فاعلة على البيئة الداخلية والخارجية واصدار الأحكام على المتغيرات الخارجية ، لتعطي انظمتها الحاسوبية مجموعة من الأوامر تبعاً لهذا التغير، لتستعيد بموجبها تنظيم خلاياها وتقنياتها ونظمها الغلافية والداخلية محافظة على بيئة داخلية مريحة لشاغلها. ان هذه الأنساق المحفوظة بهذه النظم ستكون فعالة بموجب ثلاثية التفاعل مع تغيرات البيئة الخارجية، التي هي (Gelerenter, 1996, p.268):-

التمثيل Assimilation :- الذي يمكن الحاسوب من التعامل بسهولة مع المشاكل والظروف المسجلة والمبرمجة سابقاً وبصورة فورية .

التكيف والتلائم Accommodation :- الذي يمكن الحاسوب من توسيع انساقه المبرمجة والتعامل مع مشاكل جديدة غير موجودة وفقاً لنظام معمول به مسبقاً يعتمد على احداث تغذية استرجاعية Feed back فيما بينها للوصول إلى حل للمشكلة واعادة تكيف التقنيات للسيطرة على البيئة الداخلية.

التمسخ أو التحول Metamorphosis :- لينتج تكيفات جديدة تتلائم مع المتغيرات الجديدة.

وبموجب هذه التفاعلات سنضمن وجود نظاما متكامل التفاعل بنيوي الهيكل مستجيب مع البيئة الخارجية ومتحسس بمتغيرات ظروفها موفراً بواسطة تفاعل النظم التقنية الذكية . (De Bruyn, 2002, p.37). (ألبري , 2006 , ص 113).

تعددية متطلب الحاجة الى الابنية التي تتصف بالذكاء :

لقد تنوعت وتعددت المتطلبات والحاجات الى وجود المنظومات الذكية والمتطورة المؤهلة للاستخدامات المتعددة بمساعدة والاعتماد على التطور التقني والتكنولوجي بمختلف المجالات , التي تشمل تكنولوجيات المعلوماتية والاتصالات عن بعد ومنظومات الاتصالات الالكترونية الحديثة والذكاء الصناعي وتكنولوجيا المواد وما يلحق وينتج عنها . كل هذا ساعد على وجود الذكاء في المبنى لتحقيق وتوفير افضل خدمة للشاغلين ومواكبة التطور الحضاري الذي اخذ يتزايد بصورة سريعة ومتواترة . وبموجب هذا نستطيع تحديد تعددية الحاجة الى المنظومات الذكية داخل المباني وفقا لعدة جوانب تتركز في اكثرها على تأمين الخدمات التي توفر للمستعملين الراحة مع التأكيد المتزايد على تحسين الإنتاجية , وخفض استهلاك الطاقة يرافق ذلك الهدف الى تعزيز عمليات الانتاج أثناء صيانة أو حماية وتقليص استخدام المصادر الطبيعية وبصورة اقتصادية . (Croom , 1998,p.124).

وعلى اعتبار عامل نضوج الاقتصاد العالمي الذي يتم تزويده بمنتجات وخدمات عالمية, فان هذا يحتاج الى بيئات عمل تستوعب كل مناطق الوقت الارضي والاختلافات الثقافية لتسمح باتصال كامل ومتحرر في اي وقت من الليل أو النهار موسعاً قابلياته أو قدراته للعاملين او الاعمال 24 ساعة في اليوم ، 365 يوما في السنة ، وفي مواقع عمل بعيدة او نائية . وفي عالم الصناعة والابنية الادارية يكون الاهتمام منصبا بشكل حيوي على الإنتاجية ، حيث ان الناس سوف يرغبون على الأرجح في أن يستخدموا وبشكل ذاتي اكبر عدد ممكن من الفعاليات الروتينية المتكررة ليؤمنوا أدائية وظائفهم . لذلك فان البناء الذكي المستقبلي يمكن أو يستطيع على الأرجح ان يقوم بعمل كل شئ من تدقيقات الامان الى التحكم و تنظيم الراحة بشكل أوتوماتيكي للشاغلين دون الحاجة الى تدخلهم .(Webster, 1973. p.600).

المبنى الذكي كمنظومة متكاملة:-

لقد ظهر ان السبب الرئيس في عدم التكافؤ الحاصل بين ما يتوقعه المستخدمون من الابنية الذكية وماذا يمكن ان يقدم لها من قبل مجهزي انظمتها ، بان الابنية الذكية بشكل عام تعرف في عبارات التكنولوجيا المتضمنة فيها اكثر مما هي اهدافاً في التنظيم المحتوى فيها , خصوصاً في حالات يكون المستعمل للمبنى خاضعاً للتكنولوجيا غير الملائمة لاحتياجها , وهذا سيغير بالتأكيد من انتاجية وكلفة الاداء . ان هذا المنظور الى الابنية الذكية في كونها تنظيم يتطلب في ذات الوقت التأكيد على المستخدم واهداف التنظيم (غاياته) , فانه سيؤدي الى تغير مفهوم التكامل بينهما الذي يستند على تكامل التكنولوجيات بحد ذاتها , ثم تكاملها مع تكنولوجيا العمل وادارة الفضاء لخدمة الفعالية وادائية التنظيم خصوصاً في المباني النفعية. (Croom , 1998,p.4-5) . وهنا سيكون من الضروري واللازم فهم هذا التكامل , لكونه يمثل نقطة حرجة نحو انجاز موضوعات ومتطلبات الشاغلين الحالية والمستقبلية , وان عدم ادراك جدواها يبرز صعاب ادائية تعيق الفاعلية على المستوى الكمي والنوعي الناتج من المزج غير السليم للتكنولوجيا المستخدمة وطبيعة التنظيم الموظف , مسبباً ارتفاعاً كبير في تعقيدات المبنى وارتفاع كلفته الذي يتجاوز موازنة التنظيم التقليدي او المضاف . (فيو, 1979,ص234).

ان صياغة البناء الذكي كتنظيم يظهر تجلي حقيقة تداخل المبنى بالانساق التنظيمية المتكاملة فيها , والتي تكون لها القابلية لتغيير العمل المتضمن للتنوع العالي في بنيته , وكذلك الاستخدام الملائم لتقنيات الاتصالات ووسائلها المتزايدة , اذ ان توظيفها الملائم سيظهر انظمة او شبكات ذكية اكثر من كونها ابنية , جاعلة منها عُقد Nodes في الشبكة المعلوماتية

المنظمة Organizational Net . حيث ان توزيع انتشار هذه الشبكة الذكية الرابطة لعدة عقد (بنيات ذكية) ضمن منظومة الاتصالات المقترنة بالانظمة المؤتمتة للأبنية سيولد ما يعرف بالابنية الافتراضية Virtual Building التي تعطي مقدرة عالية من الفاعلية Effectiveness والكفاءة Efficiency ضمن البنية العامة , مكونة حالة جديدة لمحيطنا البيئي بمنظومة يمكن ان تفهم كالعالم او المدينة او المبنى . اذ ان كل حالة هي تجلي لحالة تعكس صورة للاكبر منها ضمن بنية واحدة , وعند تحقيق بنية المنظومة المشكلة ضمن نظام يتألف من عدة منظومات تكنولوجية ومعلوماتية متعددة سيحقق عندئذ عدة نقاط منها (Horby, 1987, p.95), تحقيق منظومة البنية المعلوماتية والتي تتطلب منظومة ذات تقنية عالية. حيث تعتمد على الدمج بين منظومتي المعلومات والاتصالات مع البنية الحضرية بهدف خلق شبكة تخدم المجتمع بصورة فعالة , مما يتطلب توفير منظومات رئيسة تتمثل بمنظومة المعلومات العامة والتفصيلية لربط الفضاءات العامة ضمن نظام المبنى الذكي , والتي تدار بالشكل (الخاص والعام) الذي يجعل مستخدميها يستفيدون من المعلومات الموفرة بسهولة ويسر والتي ترتبط بالمراكز المعلوماتية المتخصصة (Croom , 1998, p.110), وهي:-

- 1- منظومة المعلومات المتصلة بالمباني العامة والحكومة وسلطة ادارة البلاد.
- 2- منظومة المعلومات المتصلة بالمراكز الصناعية والتجارية والمهنية والحرفية.
- 3- منظومة المعلومات لربط المستخدم للنظام العام للمبنى الذكي مع الشركات المتخصصة بالانتاج والتسويق والاستيراد .
- 4- منظومة المعلومات المحلية لاستحداث الانشطة الحديثة التي تربط مبنى معين بمبنى ذكي آخر على مختلف الصعد والمستويات .

ان الغرض وراء هذا التنظيم داخل بنية البناء الذكي , هو لجعل المبنى ملائماً للاستعمال الإنساني في القرن الحادي والعشرين , وظهورها كمنظومة انسانية تحدد صفتها كشكل مغاير للتوجه في صفة المباني في كونه مبناً إشغالي , لتكون متضمنة الشعور لكل الفعاليات بإنسانية الإنسان في المعرفة والصناعة والتجارة والحياة الاجتماعية, ولتحديد الهوية الجديدة للمبنى لتأشير نقطة الانطلاق والتي تتطلب معالجة جديدة تشترط حاجة مكثفة للإبداع والابتكار ولتأسيس مفهوم جديد لعملية التخطيط العامة على مستوى المدينة والخاصة على مستوى الكتل المتجاورة . (Degw, 1996, p.251).

لقد أحدثت التغيرات الحاصلة في ثقافة ونمط معيشة المواطنين , حاجة الى نوع جديد من الخدمات وأسلوب جديد لتوفيرها وبالتالي الابتعاد عن الطرق التقليدية في المعالجة . مما يعني وضمن هذا النسق من التنظيم الذي يبين التوحد في مدخلات أعمال البنية الخاصة بالمنظومة الذكية من قيم إنسانية واجتماعية وتاريخية , والتي تعزز بالوجود التكنولوجي كوسيلة في هذا الإظهار , فإنها ستبرز فائدتها القيمة في الاستخدام والإقامة ضمن مفهوم التغير الحاصل في المحيط الذي يتطلب اكثر من مجرد تطبيقات لتكنولوجيا انماط العمل القديمة , حيث تكون التكنولوجيا الحديثة هنا معززة ومقومة للتنظيم لاعادة تعريف موضوعاته واعادة التفكير في التطبيقات والمعالجات وتطوير أساليب جديدة لبنية التنظيم ومعالجة العمل واستخدام الفضاء وبنية ادارة الاعمال والتسهيلات لتهيئة بيئة التخطيط والتصميم . (Croom , 1998, p.81).

تخطيط وتصميم وتشبيد الأبنية الذكية :

ان عملية تصميم المبنى الذي يتصف بالذكاء , تتطلب تحديد الاحتياجات للمعلوماتية الراهنة والمتوقعة مستقبلاً لشاغلي المبنى بدقة شديدة ولفترات زمنية طويلة . فلقد بلغ من سرعة وتطور وتنوع نظم الاتمة المكتبية أن باتت بعض المباني التي لم يكد يمضي على تشبيدها عقد واحد , عقيمة تماماً وعاجزة عن التكيف خدماتيا ووظيفيا مع ما يستجد من متطلبات التوصيلات الالكترونية في مد شبكات الاتصال الحديثة والمتطورة وشبكات التغذية لمثل تلك النظم . وعليه

فقد باتت مسألة "ماذا سيحدث بعد ذلك" الشغل الشاغل لمصممي أنظمة الكمبيوتر، وأصبح يتوجب على المعماريين والمشيدين ان يمارسوا معاً دوراً فعالاً في توفير هامش التصميم القادر على استيعاب اي تطور ، على اعتبار ان المباني التقليدية مرتبطة بالفعل التصميمي اما البناء الذكي فقد وظف مجال الإبداع فيه بالتوظيف والتفنن في استعمال التكنولوجيا والتعامل بحرفية في معالجة العمارة الذكية في حقيقة العلاقة بالتصميم والتكنولوجيا خاصة. (Degw, 1996,p.33), (ديكارت, 1951, ص223).

وحتى يتمكن المبنى الذكي من استيعاب ما قد يلزم ادخاله من توسيعات واضافات مستقبلية في مختلف النظم والمعلوماتية منها على الأخص, فانه يجب أن يحسب حساب هذه التوسيعات والاضافة بدقة عند تخطيط المبنى وتصميمه . وينبغي هنا تصميم كل خدمة من خدمات المبنى الذكي بحيث يمكن استبدالها لدى حدوث اي اضطراب تتسبب به فعاليات المبنى, ذلك لان مدة خدمة الخدمات عموماً تكون في العادة اقصر من العمر الافتراضي للمبنى والهياكل المعمارية . حيث إن البنية الذكية للابنية الحديثة تعتمد في تصميمها على استخدامات التقنية الحديثة والمعلوماتية بصورة اساسية في خلق انظمة اتمتة وسيطرة المبنى وتوفير أنظمة الاتصالات الحديثة ، تكون هذه الانظمة متكاملة في ما بينها ، من جهة، ومتكاملة مع باقي انظمة اجزاء المبنى المختلفة من جهة أخرى ، حتى تكون ادائية هذه المباني في اعلى إمكاناتها موفرة للفضاءات التي يستخدم فيها الشاغليين تجهيزات الأتمتة المكتبية على نطاق واسع لانجاز احجام ضخمة من الاعمال التي يجب ان لا تكون مصدر تعب واجهاد لأولئك المستعملين للمبنى الذكي ، الأمر الذي يستدعي الوعي لتأثيرات الحرارة ، الضوء ، اللون والصوت على اداء الشاغليين ، وتوفير القدر الكافي للملائم من التنسيق بين هذه العوامل وتأثيرها عليهم . ولتحقيق هذا فان للمباني الذكية معايير تأخذ بنظر الاعتبار في معالجتها وفي تحقيق متطلباتها الوظيفية والخدمية والنفسية لشاغليها من جهة ، وتوافق المبنى مع محيطه الخارجي من جهة أخرى. (Groak. 1993,p.43) , وبهذا فان الأبنية الذكية يجب ان توفر :

❖ عامل الملائمة Comfort التي ستسهل وبشكل مريح الوظائف والفعاليات التي يقوم بها الشاغلون .

❖ حساب تقبل المبنى للتغيرات المستقبلية الآنية المناخية والآجلة الحاصلة التي تخص إضافة أو إقصاء وتعديل شبكات الاتصال والمعلوماتية وفقاً لتطور خطوات التقدم التكنولوجي للثورة المعلوماتية , مما يعني توفير عامل المرونة Flexibility. (D.Achen, 1998,p.34) .

❖ توفير متطلبات الأمان Safety بإدخال المنظومات الالكترونية المتطورة للتنبيه عن وجود ومكافحة الحرائق والمنظومات الأمنية والخاصة بالسيطرة على وظائف وادوات ومعدات البيئة الداخلية وغلاف المبنى .

❖ قدرة البناء الذكي Capability على توفير الخدمات وتلبية وظائف المبنى باقل جهد واسرع وقت , مع تأمين الراحة السايكولوجية والفسولوجية لشاغلي المبنى وتلبية الحاجات الوظيفية لتضمن الاقتصاد في الطاقة ، والحالة الأمنية, وتوفير شبكات الاتصالات والمنظومات المعلوماتية المتطورة ضمن فضاءات المبنى من جهة وربط المبنى بالمحيط الخارجي والنسيج العمراني من جهة اخرى ضمن شبكة معلوماتية اكبر. (MEE, 1996,p.45).

وبموجب كل هذا فان مستخدمي الأبنية الذكية سوف يرحبون وبصورة كبيرة بالأنظمة التي تعمل على تنظيم وتبسيط معالجة كل من الانتقالات الروتينية واللاروتينية التي لا ترتبط مع أهدافهم ذات المستوى الاعلى خصوصاً تلك المتعلقة بتأمين البيئة الداخلية المريحة. مما يجعل الابنية الذكية, تعمل بصفة مساعد لموظفيها أو شاغليها لتحقيق حل اسرع للحالات الاستثنائية ولتحقيق بيئة اقتصادية على مستوى مفاهيم حفظ الطاقة , مع الاحتفاظ بموقع عال

من الإنتاجية . مما يولد حاجة ملحة جداً الى ادخال منظومات عمل بتكنولوجيا متقدمة لتوفير الراحة للشاغلين وللسيطرة على إدارة وحفظ الطاقة وأنظمة السيطرة الأمنية مع السيطرة على الإضاءة ، والتحكم بمنظومات الحريق والسلامة الداخلية وغير ذلك من محققات الراحة الداخلية , الامر الذي سيجعل المباني الجديدة التي تتصف بالذكاء , ممتلئة لبيئة عمل ذات شكل حاوي لنتائج شبكة القوى المعقدة والمتوسطة من المنظومات , كتكنولوجيا متطورة من خلال تحسينها لنوع البناء و لبيئة الشاغلين لمثل هذه المنظومات في المبنى , لتكون من خلال علاقاتها وتفاعلاتها اساسا في انتاج البيئة الداخلية الانسانية المريحة بكل معانيها . (D.Achen, 1998, p.37).

الاستنتاجات :

ان عملية تصميم وانشاء المبنى الذكي الذي يؤسس ويؤمن كفاءة الأساليب التصميمية والتقنية المتكاملة والنظمية المكونة للمبنى , سيوظف الاعتبار لدورة الحياة الكاملة والتخمينية للمباني , أخذاً الخواص البيئية والوظيفية للمباني والقيم المستقبلية بالحسبان . ففي الماضي كان الانتباه مركزاً بصورة ابتدائية على حجم البناء والشكل فقط , أما بموجب التوجهات المعمارية الجديدة , فان الاهتمام والرجوع إلى الخواص البيئية والخصوصية المجتمعية , قد جعلها تلعب دوراً قوياً كقاعدة أساسية بانئة . وأصبح تطبيق اسس وافكار الرجوع الى الطبيعية وبالاخص تقليد الذكاء الانساني والسلوك البيئي الاعظم للطبيعة في حقل البناء , واجب التنفيذ مع ادراك الأهمية لحالات وشروط البيئة الموجودة والمختلفة كل بحالتها , كذلك باعتبار حاجات المستعملين والوظيفة و كفاءة مصادر الطاقة المتجددة وتقليل التلوث . وان كل هذا قابل للتطبيق ويكون ملموسا اذا ما تحقق الذكاء بصفته النفعية .

ونتيجة لتبدل مفاهيم المجتمع المختلفة وللتطورات السريعة التي طرأت على العلوم المتنوعة وظهور التقنيات الحديثة , فقد كان هذا سببا اساسا في التبدل السريع للحركات المعمارية وتسمياتها المتنوعة , حيث إن كل حركة معمارية تستوجب أن يكون لنتاجها أسساً وقواعد نظرية ناتجة عن أسس وقواعد فكرية مستندة على فكر المجتمع التي نبعث منه . ان الابنية التي تتصف بالذكاء , هي الابنية المزودة بأنظمة التحكم المؤتمتة والانظمة المعلوماتية المستفيدة من التقدم التكنولوجي وتطبيقاته العملية والتقنيات العالية في الاتصالات والثورة المعلوماتية , بحيث أصبحت قادرة بشكل مستمرة على الاستجابة والتكيف مع تحسين شروط الراحة لساكنيها من خلال الاستجابة المؤتمتة السريعة والحساسة لتحقيق متطلباتهم الوظيفية والبصرية والسايكولوجية , ولتحقيق شروط الراحة والأمان وسرعة الاتصالات والتي يؤمنها مجارة التقدم العلمي في تكنولوجيا الثورة المعلوماتية ونتاجاتها المتنوعة . معتمدة في تامين ذلك على عمل مجموعة من المنظومات الخدمية الحديثة المكونة من الانظمة المؤتمتة وانظمة المعلومات العالمية .

وهنا اصبح الذكاء صفة مقتصرة على تطبيقات تقنية تدخل في اجزاء المبنى لتحقيق مفهوم المبنى الذكي , ولا تعطي مفهوم كلي شامل يقصد به العمارة الذكية . حيث لا يوجد اسس وقواعد فكرية لمثل هذه العمارة الى الان . لذا فقد بقي الذكاء صفة ملازمة للمبنى جاءت متضمنة كتطبيقات عملية لتطور التكنولوجيا ومواكبة قفزات ثورة المعلومات في عصرنا الحالي . وبالتالي فإن تخطيط المبنى الذكي وتصميمه وتشيدته سيحتاج إلى إمكانيات بشرية مقتدرة فعلاً ومتعاونة فيما بينها تعاوناً وثيقاً . مما يدفع بضرورة الترابط بين القائمين على عملية التصميم والقائمين على عملية التشييد , بتداخل مع تطبيقات تكنولوجيا المعلومات بشكل كبير على الابنية الذكية .

المصادر العربية:

- * ألبدي ، امجد محمود عبد الله ، 2006- " التطور والتغير في الفكر الجديد لعمارة الأبنية الصناعية الذكية " - أطروحة دكتوراه - جامعة بغداد .
- * الخفاف ، راستي عمر "العمارة التفكيكية"، رسالة ماجستير مقدمة الى جامعة بغداد/الهندسة المعمارية، 1996.
- * اوزياس ،حبان ماري "الفلسفة والتقنيات" ترجمة د. عادل العواد؛ منشورات عويدات؛ بيروت، لبنان؛ 1975.
- * بونتا ، خوان باباو "العمارة تفسيرها- دراسة للمنظمات التعبيرية في العمارة"، ترجمة د.سعاد عبد علي ؛ دار الشؤون الثقافية العامة ؛ بغداد ؛ العراق ؛ 1996.
- * تايلور، جون .ج، " عقول المستقبل "، ترجمة لطفي فطيم ،عالم المعرفة، الكويت، 1985.
- * ديكارت ، رينيه ، " تأملات في الفلسفة الأولى "، ترجمة د. عثمان أمين ،مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة ،مصر ، 1951.
- * سيلفر، ناتان ، "هندسة معمارية بدون مبان" في معنى المدينة؛ ترجمة د.عادل العواد ؛ وزارة الثقافة والارشاد القومي ؛ دمشق؛ سوريا؛ 1978.
- * شكاره، عقيل عز الدين- تعبيرية العمارة في عصر الثورة المعلوماتية وتأثيرها على مفهوم الهوية- رسالة ماجستير- جامعة بغداد- 1998 .
- * عبد القادر، رافد عبد اللطيف ، "المكان كنظام"، اطروحة الدكتوراه؛الجامعة التكنولوجية، قسم الهندسة المعمارية؛1997.
- * فلو.م.دي . روكاخ.س.بال "نظريات الاعلام"؛ ترجمة د.محمد ناجي الجوهر؛ عمادة البحث العلمي؛ جامعة اليرموك: الاردن؛ الطبعة الاولى؛ 1994.
- * فيو؛غاستون "ذكاء" ترجمة د.خليل الجبر؛ المنشورات العربية؛ 1979.
- * لاينز ، جون "علم الدلالة" ترجمة مجيد عبد الحميد الماشطة؛كلية الاداب؛ جامعة البصرة؛ العراق؛ 1980.
- * محمد ، إسماعيل إبراهيم "معجم الألفاظ والإعلام القرآنية"؛ الجزء الثاني؛ دار الفكر العربي؛ القاهرة؛ مصر؛ الطبعة الثامنة، 1986.
- * نوبلر ، ناثان "وظيفة العمارة المعاصرة" ترجمة فخري خليل؛ مجلة افاق عربية؛ العدد1؛ 1988.

REFERENCES

- * Arbor, Ann "sustainable architecture", center of sustainable systems, University of Michigan, U.S.A., 2006 .
- * Batte , Mecarty. " Genesis of Natural , Forces, Multi-Sovrce Synthesis " Architectural Design N; Aspect of Minimal Architecture ; Vol. No. 718; London ; Academy. Edition; 1994.
- * Berny, James "The story So Far" in passenger Terminal World; April; 1999.
- * Broad Bent , Geoffrey "Design In Architecture", John Wiley & Sons; London; 1973.
- * CNMI, "Theories of Intelligence"; Compton New 52 Century Encyclopedia and Reference Collection; Compton's New Media Inc.; Collection 2; Compton's New Media Inc.; CD-ROM.,New York , 1998.

- * Croom, T.D.G. Clements " Future Horizons in Building. Environmental Engineering " Paper ; Dept. of Construction Management & Engineering; University of Reading; U.K. 1998.
- * Croom, T.D.G. Clements "What Do We Mean by Intelligent Building", Paper; Dept. of Construction Management & Engineering; University of Reading; U.K.; 1998.
- * Cynthia, C. Davidson , Ismail, Serageldin "Kaedi, Regional Hospital" In "Architecture Beyond Architecture"; the Agckhan Award for Architecture Academy Editor; 1995.
- * D.Achen, ."Business Development 1996/1997 "Krantz-TKT Bday Group; Medialog GMBH; Germany; 1998.
- * De Bruyn, S. "Dematerialization and rematerialization as two recurring phenomena of industrial ecology," Ahadbook of Industrial Ecology, Edward Elgar press Northampton, U.S.A. 2002 .
- * Degw, Ovarup. Northcroft "Intelligent Building in South East Asia Executives Summary": March; 1996.
- * Gayna, Miller "The Tele house Development" Communications Engineering International, Vol. II, No. S, June, 1989.
- * Gelerenter, Mark, "Sources of Architectural Form," a critical history of western design theory, Manchester University Press, Manchester and New York, 1996 .
- * Girardet, Herbert, "The Architecture of Ecology", Academy Editions Press, London, 1998.
- * Groak. Steven "The idea of Building -Thought and Action In the Design and Production of Building ", E&FN Spon London; U.K; 1993.
- * Henman, Uevin, "Intelligent Building: From Vision To Reality" In technical Review, Middle EST. NO.2, 1997.
- * Horby, A.S. / Paruwell, E. O. "Oxford: An English Readers' Dictionary" Oxford University Press, London, 1987.
- * "Intelligent Instalation System", ABB I-Bus EIB, A Step into the Futur, ABB Stotz-Kontaky, Federal Republic, Germany, 2006.
- * Jencks, Charles, The Architecture of the Jumping Universe, Academy editions, London, 1997 .
- * Jencks, Charles "The New Moderns"; Archiie Ctvral Design; New Archiie Ctvral Design; The New Moderns and Super Moderns; Vol.60;314 London; Academy Editions; 1990.
- * Jim, Chalmers "Planning Intelligent Building" Communication Engineering International, Vol.11, No.7, August 1989.
- * John, A-Bernaden & Richard E.Neubaver, Editors "The Intelligent Building", Source Boows; 1992.
- * Kruege. Ted "Like A second Skin: Living Machines in Architectural Design " Integrating Architecture; Profile No.123, London,1991.
- * Leupen, Bernard (and others), "Design and Analysis," Van Nostrand Reinhold, New York, 1997 .
- * MacGowam. Roger A; Ordway. Fredrick "Intelligence in the Universe" Prentice Hall: U.S.A.; 1966.



- * MEE, "Intelligent" Microsoft Encarta Encyclopedia; CD-ROM; 1996.
- * Papadakis, Andreas; Freedom and Function; Architectural Design; Free Space Architecture; Profile No.96, London; Academy Edition; 1992.
- * Ruse, Micheal "Intelligence and Natural Selection in Intelligence and Evolutionary biology" NATO; ASI Series, Vol.17, Germany; 1993.
- * Shvhel,Kano "Intelligent Building Systems for the Information Age Office", Communication Engineering International, Vol.9, No.3, April 1987.
- * Stephen, McClelland, "Intelligent Building" An IFS Executive Briefing, U.K. Springer-Verlog, Barlin; Heideberg; New York; Tokyo; 1988.
- * Suad, A. Ali Mhdi "Criticism of Architecture as Aea" Ph.d Thesis, College of engineering University of Baghdad; 1996.
- * Tony, Maggie - "The architecture of Ecological systems," Academy Editions - Wildfwl and wetland Canter – England – 2004 .
- * "Webster, New Collegiate Dictionary" ,G.8C, Merrstam , Co., First printing, USA, 1973.
- * Zaera, Polo, Alejandro; Prder OVT of Chaos," the Material Organization of Advanced Capitalism; Architectural; Design"; The Periphery; Vol. 64; No.314; London; Academy Editions, 1994.

التخطيط والتصميم البيئي المستدام كأساس للحفاظ على الطاقة

لينور سعد يوسف آل رفو
ماجستير هندسة معمارية
جامعة بغداد - كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

الدكتور بهجت رشاد شاهين
أستاذ
جامعة بغداد - كلية الهندسة
قسم الهندسة المعمارية

Sustainable Environmental Planning & Designing as an Energy Conservation Basics

ABSTRACT

Solar radiation is one of the renewable energy resource that can be used in different fields such as heating, cooling & lighting to employ the double use of passive and active systems' that integrate with the ideal mass grouping, direction, layout & design of building form and its envelope correctly, by the integration of these tools and trends with each others in away that insures energy conservation and lessen the use of fossil fuel in buildings to achieve environmental balancing.

In order to explain the point of view for the process of environmental design & sustainable building that include (planning & mass grouping) to work as integrated system to design efficient energy buildings where the site and setting, planning external form, and internal organization as well as storage mechanism, cooling heating and lighting to get best result in order to conclude the relationship between mass grouping, set and layout of the site including all processes that act as bases of environmental design and its relation with thermal comfort and controlling solar (loss & gain) as a goal for internal thermally comfortable environment, visually & biologically, by using renewable energies in residential complexes in hot dry condition.

خلاصة البحث

الإشعاع الشمسي هو أحد مصادر الطاقة المتجددة الذي يمكن توظيفه ضمن مجالات متعددة منها التدفئة والتبريد والإضاءة بالاستفادة من الاستخدام المزدوج للأنظمة الفعالة والمنفعلة وبتداخل وتضمين التوقيع الملائم والتوجيه والتخطيط العام وتصميم شكل المبنى ونسيجه بصورة صحيحة، إذ بطبيعة التعامل لهذه الأدوات والتوجهات مع بعضها بشكل متوازن يضمن تقليل الحاجة من الطاقة للمبنى وتقليل استعمال الوقود لينتج بالتالي ضمان لديمومة الطاقة وتحقيق نوع من الموازنة البيئية.

ولغرض طرح نظرة محددة من عملية التصميم البيئي والبناء المستدام والتي تشمل (التخطيط والتجميع الكتلي) ليعمل كجزء من منظومة متكاملة لتصميم المباني كقوة الطاقة حيث الموقع والتوزيع والتخطيط والشكل الخارجي والتنظيم الداخلي فضلا عن أنظمة الخزن والتدفئة والتبريد والإضاءة وصولاً إلى أفضل نتيجة ومن خلالها يتبين العلاقة بين وضع التجميعات الكتلية والتخطيط العام للموقع وطرح لكل العمليات التي تعد مقومات التصميم البيئي وعلاقتها مع الراحة الحرارية وحالات السيطرة على فقدان والإكتساب الشمسي وصولاً للبيئة الداخلية المريحة حرارياً وبصرياً وبايولوجياً وبما يلئم ظروف المناطق الحارة الجافة.

كلمات رئيسية:

تكنولوجيا، الاستدامة التبيئية، التطور المستدام، النظام الإيكولوجي، الإيكولوجي، حفظ الطاقة.

المقدمة:

الإنسان هو المحور الأساس الذي يتم التعامل معه لذا فنحن نتعامل مع مفهومين هما الراحة (السكني) والحماية (الأمان) وإذا ما اعتمدنا أن مرجعية الإنتاج تعتمد شيئين هما الفكر (التزام المنطق) والشعور (مولد الأحاسيس) فسنوصل إلى نتيجة مفادها أن الفكر العلمي الصحيح مع الإحساس بالمشكلة يعطي تصميم بيئي صحيح واهب لسكانيه مفهوم السكني (الراحة).

وتبعاً لما تقدم أصبح هاجس المماريين ينبري في ثنايا التصميم الذي يؤمن أقصى درجات الراحة والمتعة والأمان دون إقحام للتقنيات الفعالة وأدوات الإضاءة مع أجهزة ضخمة للمكيفات وما شابه ذلك كما هو الحال في العقود السابقة وإنما أصبح الهدف ينطوي نحو السعي الحثيث لإيضاح أسباب الراحة بالرجوع إلى الطبيعة ومن خلال جانبين الأول جانب فيزيائي يشتمل تخفيض كلف الطاقة وتقليل صرفيات الوقود المستحث من نفط وبقية المصادر الأخرى من جهة ووضع تصميم نابع من بيئته غير مكلف من جهة أخرى، والجانب الثاني فهو غير فيزيائي (روحاني) والذي يتعلق بأهمية الرجوع إلى الحالة النفسية والسيكولوجية للإنسان تستطرق باب الراحة والمتعة بالتقاطها عناصر مألوفة طبيعية (Mol,2001,P:106).

لذا فهي وسيلة لإيضاح مفهوم وعلاقة المبنى بالبيئة الخارجية وعلاقته مع مجاوراته ومدى تأثير التجميعات كمجموعة المباني السكنية على المخطط العام من طبيعة التخطيط والموقع واختياره والمنظر الحدائقي الخارجي Landscape وفق التوجه الحديث من مفاهيم التطور الأخضر (المستدام) واستراتيجيات التكامل البيئي لبيان الصورة الكاملة لتكنولوجيا العمارة البيئية المستدامة والتي تسعى إلى تخفيض مستويات الطاقة والصرفيات وتداخل المبنى مع بيئته الخارجية ومعالجات هذا التداخل بصورة منفعة "Passive" صحيحة دون تكلف.

المشكلة البحثية والهدف:

وفقاً لاعتبار تامين البيئة الداخلية المريحة للسكانين، باقل قيم مصروفة من الطاقة لتأمين مبدا خلق بيئة داخلية فعالة مؤتمنة مستجيبة اقتصادياً، فقد حددت مشكلتي البحث كالآتي:

- **مشكلة البحث العامة**، تكمن في إظهار أهمية المتغيرات البيئية الخارجية الحرارية منها خاصة في علاقتها مع المبنى بالتوجه نحو البيئة في وضع تصاميم نابغة منها وإليها من خلال طبيعة التشكيل الكتلي وعلاقة الأجزاء فيما بينها وبين مجاوراتها وبيئتها المحيطة وفقاً لمفهوم التصميم المستدام المتفاعل مع البيئة الخارجية حفظاً للطاقة.

- **اما مشكلة البحث الخاصة**، النقص المعرفي في طرح نظرة محددة لجانب معين من عملية التصميم البيئي والبناء المستدام والتي تشمل (التخطيط والتجميع الكتلي) بتحديد ماهية العلاقة التي تربط مفهوم الابنية ومجاوراتها واستجابتها للبيئة الخارجية من جهة ، ومفهوم التداخل مع التكنولوجيا العالية وتوظيفها من جهة أخرى.

هدف البحث – تامين البيئة الداخلية المريحة للشاغلين باعلى ادائية وباقل صرف للطاقة ووفقاً لمبدأ حفظ الطاقة لتكوين ابنية مستجيبة للبيئة الخارجية محققة لمفهوم الاستدامة التبيئية ليكمن

- هدف البحث بتوضيح المفهوم الرئيس للتكامل التبيؤي والاستجابة البيئية والتطور المستدام ووضع تعريف عام يعتمد فيه وذلك على مستوى التخطيط والتجميع الكلي، وصولاً إلى:
- تحويل الطاقة الشمسية (حرارة + ضوء) للاستخدام السكني.
 - تحويل طاقة التحرك الهوائي في موازنة البيئة الداخلية المريحة.
 - ضمان مثالية التجميع الملائم والتوجه للمجمعات السكنية وصولاً إلى أعلى ترشيد في استهلاك الطاقة.

التطور المستدام :-

يعنى بالتطور المستدام، تطوير أساليب الحياة والبناء بشكل أكثر استغلالاً لمعطيات البيئة من خلال تفعيل الكفاء لمصادر الطاقة الطبيعية التقليدية منها والمتجددة والتقليل من التأثير السلبي والضرر لمصادر الطاقة المستقبلية كالتلوث والغازات السامة وبما يلائم تلبية الحاجات في الوقت الحاضر وتوفير المتطلبات بالمنظور المستقبلي.

حيث أن الإستدامة مفهوم شمولي فهي أسلوب قابل للتطبيق لا يحدد وفق نظم معينة أو أماكن محددة فهي متاحة لكل إنسان ولأي وقت "حاضراً أو مستقبلاً" هذا من جهة وهي ذات استمرارية وتواصل يشتمل كل المجالات المعرفية والتطبيقية من جهة أخرى.

لذا فالتطور المستدام هو دعوة لتبني أسلوب جديد بجدية ومسؤولية عالية بأفاق متفتحة للذهن وطبيعة التعامل تجاه البيئة المحيطة. وهذا بطبيعة الحال لا يعني وضع اطر مغلقة وذلك لاختلاف المجتمعات وخصوصيتها الإجتماعية والبيئية والحضارية، حيث لكل مجتمع حاجات ومتطلبات تعود لمقاييس مضمنة لذلك المجتمع حيث يكون الهدف هو توفير الحاجات بمختلف متطلباتها من سكن وعمل وغذاء وغيرها، وذلك من خلال التوافق مع الظروف المحيطة للحفاظ على معايير ومقاييس حياة مقبولة للإنسان على أن لا يتم تجاوز محدودات الموارد حيث الحدود تتمثل بقابلية البيئة في تلبية هذه الحاجات حالياً ومستقبلاً وتستند على إمكانيات الموارد الطبيعية ونوعية الإنتاجية التي يسببها الإستهلاك الحالي للموارد لذا فهي ذات ارتباط بالتنظيم الاجتماعي والتطورات التكنولوجية الحاصلة (Kim,1998,P:16-18) (Olgay,1973,P:115).

الاستجابة البيئية وكفاءة المصدر:

البيئة نظام حيوي متكامل بكل مكوناتها الحية وغير الحية يعيش فيها الإنسان ويؤثر ويتأثر بها وتحمل ضمنها مقومات بقائه وتشتمل البيئة الطبيعية التي تقع ضمنها الكائنات الحية المتواجدة على الأرض "الإنسان - الحيوان - النبات" وثلاث عناصر هي مكونات غير حية "تمثل اليابسة - الماء - الغلاف الجوي" لذا فهي عبارة عن مجموعة الموارد الأولية للحفاظ على البقاء والنشاطات اليومية، وتشتمل أيضاً البنية المشيدة وهذه تتضمن البيئة المادية من أحياء سكنية وطرق ومناطق تجارية وصناعية وغيرها باختلاف الإنشاء " أي البيئة التي شيدها الإنسان" (I.Dark Sky,2006,P:4)، ومما يشار إليه أن البيئة، باعتبارها منظومة متكاملة تحتاج إلى التوازن لتستقيم، ولكي تكون متوازنة يجب أن يقلل التلوث البيئي الذي بدوره يسبب الخلل بهذه المنظومة، والذي يعرف على أنه "تدخل الأنشطة الإنسانية في موارد وطاقات البيئة بحيث تعرض تلك الموارد والطاقات صحة الإنسان والمصادر الطبيعية للخطر، أو تجعلها في وضع يحتمل معه تعرضها للخطر بشكل مباشر أو غير مباشر" (Jones,1998,P:34).

لذا فالتوجه نحو التطور المستدام "الأخضر"، والعمارة المستدامة، هو السبيل للتوصل إلى حلول بيئية بحيث يكون المبنى المنفرد وما يليه من مباني مجاورة وأخيراً الحي المتكامل مستجيباً لبيئته، يتفاعل معها، وينهل من مصادرها الطبيعية المتجددة، حيث إن تصميم المباني بشكل مستدام مستجيب للبيئة يهدف إلى حفظ الطاقة بالدرجة الأساس وكفاءة الأجهزة المستخدمة فيها والتوجه نحو استخدام الطاقة غير الناضبة المتجددة (Moore,1993,P:96).

، إذ اهتم المصممون سابقا بشكل المبنى وحجمه فقط بالمنظار الأول أما البعد الجديد فيركز على خصوصية كل مجتمع وبيئته وخواصه، حيث تؤخذ الجوانب الوظيفية والبيئية للمباني واعتبارها القاعدة الأساسية للتصميم إلى جانب حاجات ومتطلبات الشاغلين والساكين بغية التوصل إلى أقصى حالات الراحة اعتمادا على كفاءة الاستخدام من مصادر الطاقة المتجددة وتقليل التلوث والانبعاثات للغازات السامة وغير المرغوبة، فضلا عن كفاءة الآليات والنظم المتكاملة والأساليب المتعددة للتصميم بحيث تعمل كمنظومة موحدة وضمن إدارة بيئية واضحة للمبنى.

تكامل التبيؤ وواقع الحال:

لغرض تحقيق التكامل التبيؤي سواء على مستوى البناء وتجميعاته أو على مستوى البيئة المحيطة، وواقع الحال، ووفقا لمجموعة المراكز البحثية المتعددة التي عنيت بأبحاث الطاقة المتجددة، والتي اتفقت على نقاط معينة واجب توفيرها بغية التوصل إلى تكامل تبيؤي منفعل مع الواقع وهذه شملت:

أ. التخطيط والتصميم المسبق للمباني ودراسة درجة تفاعلها مع الموقع قبل البدء بالعمل، حيث يتم دراسة المحيط البنائي للمنطقة مناخيا وثقافيا وخدميا وطرارز المعماري، فضلا عن دراسة الموارد المحلية للاستفادة منها بنائيا.

ب. الإستفادة من التنوع في أشكال الطبيعة ووفقا لطوبوغرافية الأرض عند التعامل مع الموقع إذ يجب أن يتكيف البناء مع كل من الموقع والمناخ وحسب المنطقة ويكون المبنى متفاعلا مع البيئة الخارجية ومستجيبا لتغيراتها لتوفير بيئة داخلية مريحة حراريا وبصريا للساكين.

ت. إستغلال الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية – الرياح وغيرها) وخاصة الطاقة الشمسية لما لها من أهمية ومميزات خاصة "سيأتي ذكرها لاحقا"، لتقليل التلوث وكونها طاقة غير ناضبة.

ث. توظيف التكنولوجيا الحديثة العالية للتقنيات وآليات استخدامها لتقليل التأثير السلبي للأبنية أثناء قيامها وما بعدها وتصميمها بأقل الكلف، بحيث يصل إلى أنداها، والتعامل مع الطاقة المتجددة وفق مبدأ حفظ الطاقة وتقليل استهلاك الموارد الطبيعية وتقليل الانبعاثية الضارة.

ج. وضع ارتباط بين الشكل والمخطط مع الموقع أي توظيف الشكل والتجميع البيئي المناسب عامة، والشكل للمبنى المنفرد خاصة، بالتوجيه وبالتعامل مع مكونات قشرة المبنى الخارجية من مواد وتقنيات ومنظومات لعمل الآلية التي تحكم التقنيات والمبنى ككل، بإعتباره كائن متكامل وبما يستلزم من توظيف المواد ذات قابليات الخزن الحراري والانعكاس للإشعاع الحراري وفقا لقانون حفظ الطاقة مع توفير الإضاءة الطبيعية والقدرة على توجيهها داخل الفضاءات.

ح. التوصل إلى تحسين نظام التبيؤ (النظام الإيكولوجي) للموقع، "أي جعل التصميم نابع من البيئة دون تدمير للنظام الإيكولوجي الموضعي"، وتطبيق العمارة الإيكولوجية من خلال التوظيف المتكامل المحكم للطاقات المتجددة ومنها الطاقة الشمسية، بكلا الطريقتين الفعال والمنفعل "الذاتي"، والذي يضم مبدئين: الأول تكنولوجي لما لها من أهمية لغرض توظيف الأساليب الحديثة والمتقدمة وصولا إلى بيئة مريحة داخليا حراريا وبايولوجيا والثاني يكمن في غلاف المبنى الذي هو الوسيلة التي يؤمن خلالها تطبيق هذه الأساليب من التبريد والتسخين والخزن الحراري للجدران والإضاءة الطبيعية وغيرها.

خ. محاولة جعل التجميعات السكنية متكاملة مع المنظومة الإيكولوجية لواقع حال الموقع اعتمادا على النقطة السابقة على مستوى المبنى الواحد وبتفعيل نظم متكاملة تشمل مختلف الاعتبارات حرارية وضوئية وصوتية بغية توليد توافق مع الطبيعة والبيئة الخارجية متزامنا مع توفير الراحة للبيئة الداخلية للساكين.

د. التحكم ومعالجة المخلفات الناتجة أو النفايات بالتعامل معها لإعادة استثمارها في أغراض أخرى لإنشاء النظام الطبيعي أي الاستفادة منها بإعادة تدويرها ومواصلة الاستخدام.

ذ. التوصل إلى تكامل بيئي وتكامل في العملية التصميمية يتطلب اعتبار كل مفردة جزء من كل متكامل، وهو ليس مساوي عند التجميع لنفس الأجزاء أي جمع المكونات لا يعطي الكل، ولكن التفاعل فيما بينها يؤدي إلى إنجاح العملية التصميمية وفق اعتماد مبدأ الكشتالت.

ر. العملية التصميمية ذات الأثر المفعول في توليد العمارة ضمن الطبيعة بغية تحقيق التكامل البيئي لا تقتصر على أشخاص محددين، حيث لإنجاحها يتطلب المشاركة للاختصاصات المتعددة الهندسية والفنية وغيرها وبما يلئم متطلبات المجتمع والشاغلين، إذ لا بد من معرفة رغبات الساكنين وعاداتهم وتقاليدهم للتوصل إلى بيئة معيشية نفسية متكاملة بأقل الكلف، وبالحفاظ على الطاقة والبيئة المحيطة.

ووفقا لما تقدم فإن الفقرة السابقة قد وضحت أصول تحقيق التكامل التبيوي على مستوى البناء وتجميعاته عبر نقاط ووفقا لمجموعة مصادر بحثية (Kim,1998,P:11-14)(Mol,2001,P:40-43)(NAHB,1999,P:15)(Anderson,2006,P:165).

وعليه فإن تحقيق تكامل التبيو بين الواقع العمراني وطبيعة الموقع يضع العمارة إحدى أهم المجالات التي يمكن أن تستغل نحو الإستدامة وتقليل التأثير السلبي للإنسان على البيئة ليكون أداة فعالة في تحسينها من خلال التكيف مع البيئة المحيطة وبتوظيف مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة كوسيلة لمعالجة الخلل الذي أحدثه ويحدثه الإنسان في النظام البيئي.

ونظرا لأهمية الطاقة وسبل حفظها لذا لا بد من التطرق إلى مفاهيمها ومصادرها للإلمام بأهميتها وأنواعها وكالاتي:

الطاقة وتطور الاستعمال "نظرة عامة":

الطاقة وما تنتجه من خدمات للبشرية باتت أحد أهم الشواغل التي تهتم بها الدول كافة، حيث التحليل القديم من الناحية الفلسفية يتعامل مع المادة المكونة للطاقة وظهورها بأشكال مختلفة، والإنسان في تداخل معها منذ نشأته فهو يمتلك الطاقة للسير أو للتسلق وغيرها لأجراء أي عمل فيزيائي، فضلا عن كون الكائن الحي يستمد الطاقة من غذائه للقيام بالأعمال والفعاليات البيولوجية المتعددة والتي تدخل الطاقة الشمسية كمصدر أساسي فيها، وقد جرى التوصل لمفاهيم خاصة بالطاقة من خلال الاكتشافات النظرية والتجريبية والفيزيائية الحديثة كتكافؤ الكتلة والطاقة في الفيزياء، والنظرية الموجبة للقوى الأساسية المختلفة في الطبيعة.

مصطلح الطاقة (Energy) مأخوذ من كلمة يونانية تعني القدرة على القيام بعمل، ووردت بتعريف متعددة منها "هي عنصر ضروري لأداء أي عمل من الأعمال مهما كان بسيطا سواء أكان عملا خديما أو استهلاكيا أو صناعيا"، وهي "الشغل المنجز نتيجة استخدام احد مصادر الطاقة من نفط أو غاز أو أي مصدر آخر من خلال استعمال الأجهزة المستخدمة لتلك الطاقة لتقديم الخدمات الضرورية للحياة (الحمداني، 1983، ص:6) (جابر جمالي، 1981، ص:21). لذا يمكن تعريفها بأنها شغل منجز، واستغلال لأحد مصادر الطاقة التي تعتبر قوة كامنة تكون أما مخزونة بشكل مواد خام، أو إشعاعية كهرومغناطيسية كالأشعة الشمسية، أو بشكل خزين كتلي، أو حركية كحركة الرياح وحركة المياه وتساقطها وبتوظيفها من خلال الاستخدام للأجهزة المتحكممة بنظم مسيطرة وفق آليات تعمل بشكل متكامل بغية توفير المتطلبات والإحتياجات والخدمات الضرورية للحياة وإدامتها.

أول محاولة لاستخدام الطاقة كانت في الأزمنة المبكرة حيث استغل الإنسان قوته الخاصة لتحريك ونقل الأحمال، والحصول على الغذاء، وتم اكتشاف النار بإحتكاك قطعتين من الخشب، والذي عد أول تطور لاستخدام الإنسان مصدر خارج جسمه، فضلا عن مأتاها من صناعة الأدوات التي قللت من الجهد الذي كان يبذله وذلك في العصر الحجري الحديث.

لقد استطاع الإنسان ولعدة قرون أن يغطي حاجته المتواضعة بالقوة العضلية واستمرت لحين اختراع الماكينة البخارية ومكائن الإحتراق الذاتي والمولدات، حيث أضيفت إلى القوة العضلية طاقة الماء والرياح والطاقة الحرارية الناتجة من الخشب، لاحقا اكتشف الإنسان أن كميات الخشب باتت تنذر بالنفاذ وباستطاعته استثمار الطاقة التي اختزنتها الطبيعة واعتبرت المصدر

الأساس المتمثل بوقود المستحاث وفيه تحولت الطاقة بشكل غير ناجح تماما إلى هيدروجين ومركبات الفحم (الجوراني، 1995، ص:5).

وباكتشاف النفط وتطور صناعته نحو عام 1850م أحرز العالم تقدما هائلا في مجال الطاقة واستعمالاتها، نظرا لما وفره من مؤهلات جعل منها المصدر الأساسي في سد حاجة العالم للطاقة، والذي أدى لاحقا إلى حدوث أزمة فيها في السبعينات من القرن العشرين (Moore, 1993, P:4-5).

حيث إن أهمية الطاقة وما آلت إليه استهلاكاتها وتأثيرها على استراتيجيات حفظها أضحت أساسا وتصدرت رموز الاهتمام، وعليه تم التوجه في الأونة الأخيرة نحو الطبيعة واستغلال الطاقات المتجددة "طاقة شمسية - حركة الرياح والمياه - جيوحرارية وغيرها" باعتبارها غير ناضبة وتعمل على تقليل الأضرار المسببة في تلويث البيئة ورفع درجة حرارة الكوكب.

- مفهوم حفظ الطاقة ووسائل تقليل الاستهلاك:

شرعت البلدان المتقدمة بتطوير صناعات كثيفة الإستهلاك للطاقة بمعدلات غير متوقعة باستخدام مصادر الطاقة النافذة من النفط ومشتقاته، مما سبب ظهور أزمة فيها في الستينات من القرن المنصرم فكان توجه العالم نحو تدارك هذه الأزمة وظهر الوعي في أعقابها منذ عام 1973 م فجاءت الدعوة إلى الترشيد، وتطبيق مناهج الحفاظ، حيث شمل مفهوم حفظ الطاقة محاولة الإفادة القصوى والفضلى وعلى المدى البعيد من الثروات الطبيعية لتلبية احتياجات الإنسان وخصائصه رفع نسبة مخرجات الطاقة المفيدة أو المستخدمة إلى مدخلاتها.

إن قطاع البناء يستهلك الطاقة بكميات هائلة ولو كانت قيمة الإستهلاك (50%) من الطاقة في العالم فإن التجميعات والأبنية السكنية تستهلك (65%) منها، ووفقا لمجموعة من الدراسات فإن هذه الطاقة تنتوزع (70%) للتبريد والتدفئة، (20%) لتسخين الماء و(10%) للإضاءة والأدوات الكهربائية، وقد أشارت الإحصائيات والدراسات في الوطن العربي أن قطاع السكن هو الأكثر استهلاكاً للطاقة خاصة في الدول ذات المناخات الحارة الجافة كالعراق ودول الخليج، حيث تستنزف صيفا لأغراض التكيف بشكل أساس، ولو أخذت نسب استهلاك الطاقة في المملكة العربية السعودية فإنها تستهلك ما يزيد عن (70%) من الطاقة الكهربائية المنتجة في الدولة حيث أجهزة التكيف تستهلك (66%) من هذه الطاقة، أي (46%) من إجمالي الطاقة الكهربائية في جميع قطاعات المملكة (الزبيدي، 2006، ص:85-86).

لقد أصبح تقليل الطاقة وحفظها وترشيدها حاجة اجتماعية ودليل للتقدم الحضاري الذي أضاف فيها على عاتق المعمار تطوير واستحداث الحس البيئي والإيكولوجي لغرض التوصل إلى مبدأ حفظ الطاقة، وتوفير بيئة داخلية مريحة ذاتيا، خاصة ما يتعلق بالجانب السكني. ولتحقيق ما ورد سابقا فقد وضعت عدة مناهج للحفاظ وتقليل الصريفات المترتبة من استهلاك الطاقة ووفقا للمراكز البحثية التي عنت بهذا المجال وتطويره كالاتي (Donough, 2002, P:91-92)(Mol, 2001, P:88)(Givoni, 1998, P:334-336):

1. التصرف مع الموقع بيئيا وهذا يشتمل التصميم بتوافق مع البيئة، سواء على مستوى التخطيط أو توقيع المباني والتجميعات وتوجهها، وصولا إلى الشكل وتفاصيله وبما يتلائم مع ظروف المحيط في الاستفادة من الإشعاع الشمسي حرارة وضوء لتقليل الكلف إلى النصف.

2. استخدام مكونات البيئة الطبيعية كالشمس وحركة الرياح (طبيعيًا وتشكيلًا)، والمكونات الجغرافية للتوصل إلى الطاقة اللازمة بغية توفير البيئة المريحة للسكان، حيث يكون الهدف هو باستغلال الطبيعة لتتفاعل مع مكونات قشرة المبنى، أي التعامل مع المغلف في جعله الوسيط بين البيئة الداخلية والبيئة الخارجية وصولا للراحة الحرارية بأقل الكلف وأقل الأضرار باستثمار الطاقات المتجددة بأسلوب متطور ومناهج ذكية.

3. الاستفادة من طبيعة وإمكانية الطاقات خاصة الطاقة الشمسية بما يتأتى منها من أفكار واستراتيجيات وآليات بالكتلة الحرارية والخزن الحراري والتظليل وبتداخل مع الضوء الطبيعي

من خلال نظم السيطرة المتطورة من متحسسات ومسيطرات الكترونية متكاملة، وبالتالي السيطرة على الإشعاع والإمتصاص والانعكاس ونقل الطاقة إلى داخل الفضاء.

4. اعتماد مبدأ العزل الحراري والذي يعتبر أحد وسائل تحقيق العمارة المستدامة للمباني وتجميعاتها وتقليل استهلاكها للطاقة، ويتحقق العزل "لترشيد الاستهلاك" من خلال طبيعة التصميم المعماري واستخدام المواد الخاصة بالعزل الحراري* الطبيعية والصناعية، فضلا عن تفعيل التبريد والتهوية الطبيعية، حيث يمكن توفير (30%-80%) من الطاقة المصروفة للتبريد فضلا عن الإستخدام للنظم المبدعة والمستحدثة للحرارة والضوء من تقنيات ومنظومات عمل المبنى ككل، تستثمر طاقة الشمس لعمل الموازنة للبيئة الداخلية من عزل ومواصلة حرارية لتحسين خواصها.

5. عملية تقليل الطاقة لا تعني التقليل من الراحة للإنسان اذ مبدأ حفظ الطاقة يجب أن يتلاءم مع حاجات ومتطلبات الإنسان النفسية والحياتية وهي صورة للتقدم نحو الأمام وتستلزم لنجاحها الكفاءة العالية في استخدام الطاقة وذلك بوضع الأجهزة المناسبة لها سواء الخاصة بنظم التبريد والتدفئة وغيرها وصولا للأجهزة المنزلية دون الضرر بالبيئة وهذا يعتبر إحدى المعايير التي اعتمدت لتقييم الأداء البيئي للمسكن باعتماد نظام المسكن المتبني "Eco home".

وقد تضمنت الدراسات الحديثة والتطبيقات للمراكز البحثية منها مؤسسة (NREL) للطاقة المتجددة ومؤسسة (VELUX) ومؤسسة بحوث المباني (BRE) البريطانية ومختبر لورنس بيركلي (LBL) كيفية الإستفادة من الطاقة الكفوءة للمبنى، حيث الإعتقاد على مبدأ الإستفادة الجمعية من الطاقة، خاصة على مستوى التجميعات السكنية بإبتكار وتطوير تقنيات وآليات متعددة وتوظيفها ضمن المبنى، منها بإعتبار المبنى يتعرض لإمرار الإشعاع الشمسي والانعكاس وإمكانية الخزن ثم إعادة الإشعاع حيث يمكن اعتماد الخزن الحراري باستغلال الطاقة الحرارية للإشعاع الشمسي** (Thermal Energy)، بتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة أخرى باستعمال مادة قابلة للخزن***، كالماء أو غازات معينة مع إيقاف درجة الإشعاع (تطبيقها) لحين إعادة إطلاقها من جديد بتفعيلها للإستفادة منها داخل المبنى، وهذا يستلزم وجود الوسيط المتمثل بالتقنية أو الآلية الممكنة والذي يكون أما محول أو خازن، ولنجاح هذه العملية تتطلب وجود الإمكانية لتحقيقها، أي وجود المواد القادرة على الخزن والتحويل، وقد يتم الخزن لفصل كامل وتتكامل مع العمليات الأخرى ضمن المبنى كمنظومة متكاملة بالإستفادة الجمعية من الخلايا الكهروضوئية وغيرها (LBL, 1998, P:115) (Shorroch/BRE, 1993, P:38) (Barkston, 2003, P:2)، لتعمل في إنتاج العمارة المستدامة والمستجيبة والمتفاعلة الحافظة للطاقة نابعة من الداخل إلى الخارج وبالعكس وبأقل تأثير من البيئة الخارجية على الداخل، حيث يكون النظر للطاقة كوسيلة لإنتاج تجميعات بيئية مستجيبة مع الخارج وتوجه المماريين نحو التفكير المستدام الإيكولوجي المعتمد على الأساليب الذكية والمواد المتحسنة والمستجيبة للبيئة الخارجية.

إلا إن توالي التطورات في الوقت الحاضر زيد من استثمارها إلى ثلاثة أضعاف ما كانت عليه سابقا، وهذه الزيادات لم تشتمل كافة أنواع مصادر الطاقة المتجددة، حيث تختلف الواحدة عن الأخرى في مدى كفاءتها وتقنياتها ومدى النضج في استخدامها، وتتمثل المصادر ب(طاقة الرياح - طاقة الكتلة الحيوية - الطاقة الجيوحرارية - غاز الهيدروجين - طاقة المياه وأهمها الطاقة الشمسية)، كمثال توظيف الخلايا الشمسية ال(PV) المعتمدة على الإشعاع الشمسي تنامي

* مواد العزل الحراري عادة تكون من خلال تدوير بعض المواد الأساسية في البناء كمسحوق الزجاج والأسبست والسيراميك واللياف القطن ونشارة الخشب ومستحضرات الحيوانات وورغوة المطاط وغيرها لتشارك في مبدأ الإستغلال المستدام لمواد البناء.

** تتكون الطاقة الشمسية من طاقة حرارية عبارة عن موجات كهرومغناطيسية القدرة وتنتقل في طول موجاتها لتكون الطيف الشمسي المعروف لتشمل الأشعة فوق البنفسجية (9%) والأشعة الضوئية (45%) والتي لا يمكن استغلالها بالخزن والأشعة الحرارية (46%) وتسير جميعها في خطوط مستقيمة وبسرعة الضوء عادة يتم الخزن من خلال تحويل الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية.

*** تتعدد أساليب الخزن وإحداها يكون بشكل ماء يخزن في جيوب أرضية في باطن الأرض.

استعمالها بحدود (40%) من عام 2000-2001 وزاد استخدام طاقة الرياح بين عامي 1995-2001 بمعدل خمسة أضعاف فقط (50%) بين عامي 2000-2001، حيث تدل البحوث إن تصاعد استخدام مصادر الطاقة المتجددة في تجهيز الطاقة الكهربائية سيؤدي إلى النمو بحدود (350%) في الحقبة من عام 2000(GW800) حتى عام 2015 بحدود (GW300) مع تقليل سعر التجهيز (اليدري، 2006، ص:29) (شكل 1-1).

وحاليا يعد التوجه العالمي نحو التنوع في مصادر الطاقة منها إنتاج الطاقة الكهربائية حيث تكون موزعة على عدة مصادر مثلا الغاز الطبيعي (38.5%)، الفحم (28%)، الطاقة النووية (24.5%)، طاقة مستوردة (4%) وطاقات متجددة (3.57%) (Brown, 1994, P:120-124).

وفي العراق الإستخدام لا يزال ضئيلا في هذا الجانب حيث الإعتماد بشكل رئيسي على النفط ومشتقاته، وفي محطات توليد الكهرباء تصل النسبة إلى (98.17%) ويقتصر استخدام الطاقة المتجددة على استثمار طاقة المياه بنسبة (1.38%)، وهناك محاولات في استخدام الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء ضمن التجمعات السكنية وغيرها من الأبنية، إلا أنها محدودة ولم تلق الإهتمام الكافي من المعالجات والإدارة والتطبيق المناسب وبقيت دون تطوير (الزبيدي، 2006، ص:69).

وباعتبار الطاقة المتجددة هي إحدى الوسائل لحفظ الطاقة وتحقيق الإستدامة لكون العراق ينعم بطاقة طبيعية وافرة أمده بها الخالق من ثروات طبيعية وطاقة شمسية، لذا يمكن استثمارها بشكل إيجابي في عمليات التبريد والتدفئة الطبيعية وتوليد الطاقة الكهربائية، وتسخين المياه وغيرها من الخدمات التي ممكن أن توفرها هذه الطاقات بغية التوصل إلى بيئة مريحة داخليا وأكثر صحية، وهذه العملية بالتأكيد تتطلب من جميع مؤسسات الدولة العراقية المعنية بالتعاون فيما بينها لوضع خطط إستراتيجية تنموية بعيدة المدى هدفها تطوير استخدامات الطاقات المتجددة لأغراض الإستخدامات الحياتية عموما وأغراض البناء خصوصا.

مصادر الطاقة المتجددة:

نسبة إلى كون الطاقة الشمسية هي الأكثر شيوعا وتوفرا في القطر ومتعددة الإستخدام، فسيتم عرض مصادر الطاقة المتجددة بشكل مقتضب والتركيز على الطاقة الشمسية لأهميتها .:

أ- طاقة الرياح:

مجالات استخدام هذا المصدر هي في توليد الطاقة الكهربائية للإستخدامات الزراعية، مصدرها الرياح التي هي جزء من الغلاف الجوي للأرض، وتتأثر سرعة الرياح بعاملين أساسيين (إبراهيم شريف، 1991، ص:181):

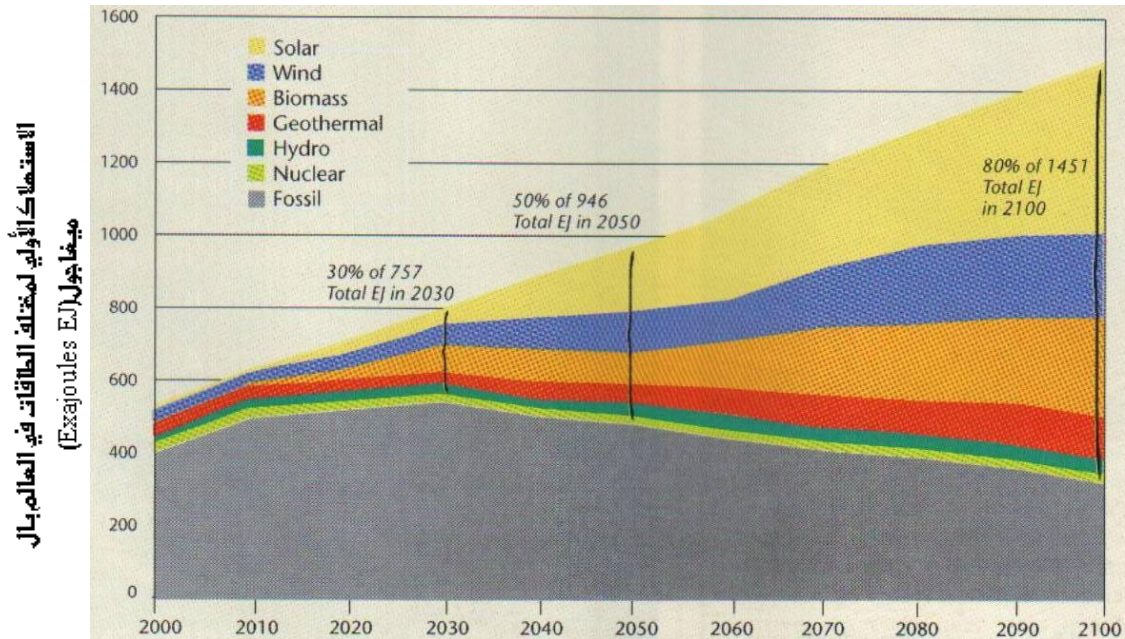
أولا: قوة أنحدار الضغط: أي القوة التي تجعل الهواء يتحرك من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الواطئ.

ثانيا: قوة الإحتكاك بسطح الأرض: تتناسب عكسيا مع سرعة الرياح إذ تقلل هذه القوة من سرعتها.

إن المنظومة التي تستخدم للإستفادة من هذه الطاقة هي المراوح الهوائية، حيث تعمل على تحويل الطاقة الحركية الكامنة من الرياح إلى طاقة كهربائية أو ميكانيكية بشكل حركة دورانية أو ترددية، وهذه المراوح تكون إما مفردة لتغذي مبنى أو مجموعة من الأبنية في المناطق، أو تكون مجتمعة، ولكي يكون عملها إيجابيا يجب أن يكون الحد الأدنى لمعدل سرعة الرياح سنويا (9 أميال / ساعة) فضلا عن أن قطر المراوح تؤثر على كمية الطاقة المنتجة فالمراوح بقطر (66 قدم) تقريبا تكفي لتوليد الكهرباء ل(1000) شخص في أوروبا و(500) شخص في ولاية كاليفورنيا، وفي حالة عدم هبوب الرياح تجهز الكهرباء بواسطة الطاقة المخزونة ضمن تركيب شبكة التشغيل، حيث تكون كبطارية للخرن.

الاعتماد على الطاقات المتجددة ويرفع استخدامها 1% لكل سنة من عام 2000

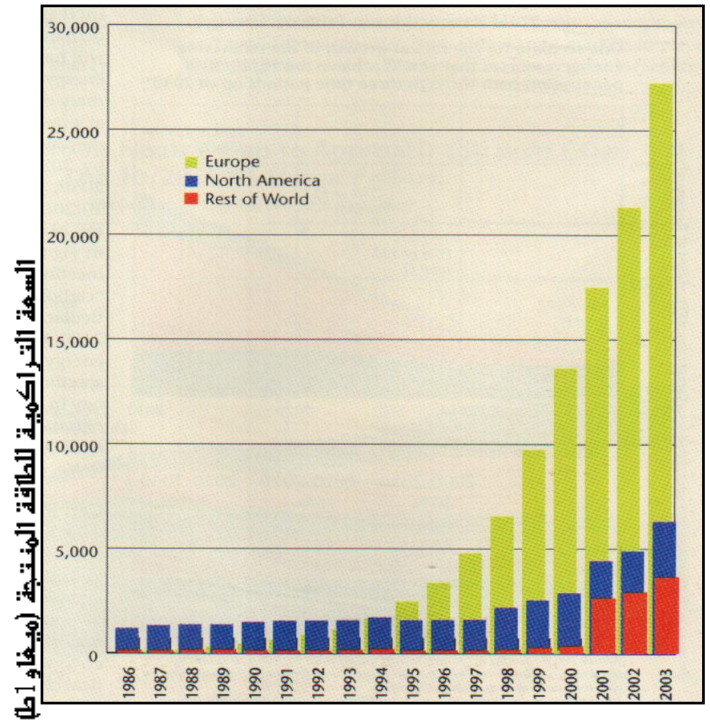
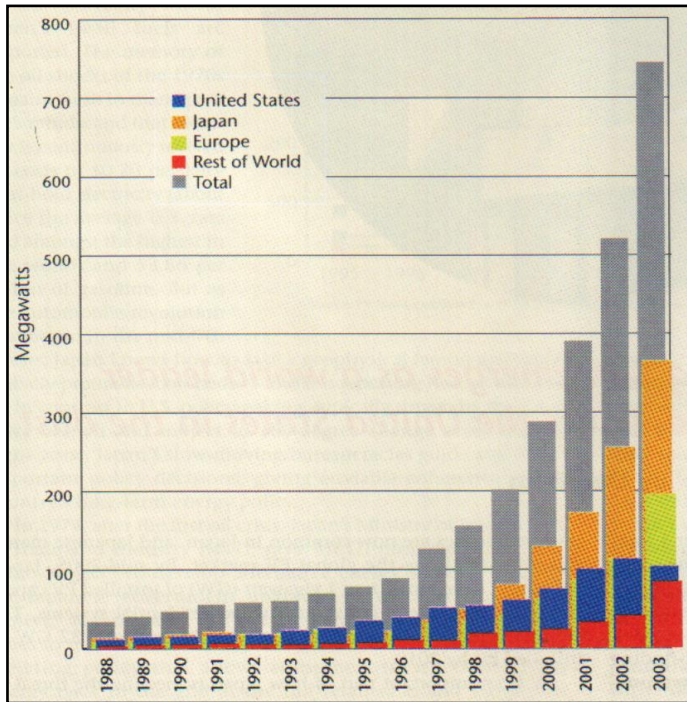
وحالياً يمكن وضع نظام هجين مكون من دمج لطاقة الرياح مع توليد الكهرباء بخلايا الطاقة الشمسية يستخدم كنظم متكاملة للإستفادة من الطاقات



شكل (1-1) معادلة نسب الكربون في الطبيعة وصولاً إلى ملء الكربون للفجوة المتعادلة للتوصل إلى 550 جزء بالمليون من CO₂ بتوقعات لزيادة الاستخدام للطاقات المتجددة. المصدر: (Jimenez(NREL), 1996, P:16-18-19).

الإنتاج العالمي للوحدات المقيسة من الخلايا الكهروضوئية

النمو العالمي لطاقة الرياح حتى عام 2003



(Brown, 2001, P:26-29)

معا أو عند توفر إحداها وغياب الأخرى (العزاوي، 1996، ص:36) (شكل 1-2) (شكل 1-5)، فهي بذلك طاقة نظيفة متجددة وبكلف

شكل (1-3) القياسات المسجلة عالمياً للإنتاج العالمي في الخلايا الكهروضوئية من عام 1988 لغاية عام 2003.

شكل (1-2) القياسات المسجلة عالمياً لنمو توظيف طاقة الرياح من عام 1986 لغاية عام 2003.

مشابهة للطاقة التقليدية ويمكن استغلالها في العراق، حيث هناك المناطق الشمالية والصحراء الغربية التي تتوفر بها سرع للرياح مناسبة، كما أن معدل الرياح 3.5 م/ثا يمكن استخدام النظم الصغيرة مع التراكب بنظم أخرى من خلايا شمسية وغيرها، وقد يكون التحرك الهوائي أساسا في الإستخدام البيئي العمراني والذي لا يعتمد في المناطق الساكنة على التحرك الهوائي السائد وإنما يخلق من خلال الاختلاف في الضغط ما بين الأوجه العمرانية التي تتعرض للإشعاع الشمسي مقابل الظل في واجهات أخرى أو من خلال الاختلاف في أحجام الفئات الداخلية المكشوفة والمناور الهوائية وحسب قاعدة (برونولي).

ب- طاقة الكتلة الحيوية:

• مصدر هذه الطاقة تكون بحرق الكتلة الحية (الإحتراق المباشر)، أو الحصول على الغاز الحيوي أو الكحول (إيثانول) عن طريق تخمير الناتج العرضي عن الزراعة والصناعة والناتج المحلي، أي استغلال المخلفات العضوية لإنتاج الطاقة من وقود سائل وغيرها، فضلا عن توليد الكهرباء من خلال إنتاج الميثان وتوفير خطوط أنابيب الغاز الطبيعي، حيث يولد المتر المكعب الواحد من الغاز الحيوي (1.25) كيلو واط ساعة لذا فإن طاقة الكتلة الحيوية طاقة إيجابية ومتجددة واقتصادية واستخدمت أيضا في معالجة مياه المجاري خلال الخمسين سنة الأخيرة في مختلف الدول العالمية والعربية ومنها العراق، حيث أنشأت وحدات صغيرة لإنتاج تقنية الغاز الحيوي في المناطق النائية والريفية (الربيعي، 1983، ص: 276) (شكل 1-6).

ت- الطاقة الجيوحرارية:

• مجالات استخدامها في تدوير وتوليد الطاقة الكهربائية المباشرة وغير المباشرة كما يستفاد منها في تدفئة المباني وتسخين المياه بمضخات حرارية جوفية (Ground source heat pumps)، وتقليل استهلاك الطاقة بمعدل (70%) لتجهيزات تكييف الهواء والتدفئة الكهربائية باستخدام مضخات التبادل الجوفي للحرارة (Geo-exchanger thermal pumps). مصدر هذه الطاقة باطن الأرض (ابراهيم عبد الرزاق، 2000، ص: 73) وتصنف أربعة مجاميع (برو ميشيل، 1994، ص: 127) (شكل 1-4) (شكل 1-6):

1. المياه المضغوطة الساخنة جيولوجيا: **Geo-pressured brine**. تتراوح حرارتها بين (130-260 درجة مئوية)، وتكون تحت ضغط عالي بعمق (3000 م _ 6000 م) مطلق غازات الميثان وأول أكسيد الكربون المذابة.

2. السوائل الهيدرو حرارية **Hydro thermal fluids**. تكون قريبة من سطح الأرض وبشكل أبخرة ساخنة أو مياه جوفية حارة.

أما النوعين الآخرين فيعتمد على وجود البراكين وهي الصخور الحارة الجافة القريبة من المناطق البركانية والمهل البركاني أو ما يسمى الصحارة (lowal) والتي تظهر على السطح مع الانفجاعات البركانية، وتكون حرارتها عالية جدا ولا يمكن الاستفادة منها بإعتبار العراق لا يحوي على مناطق بركانية، حيث مجال الاستغلال للطاقة يكون باستخدام طبقات الأرض التي تقع تحت سطحه كحوض حراري للتخلص من الحرارة صيفا ومصدر تدفئة شتاء.

ث- غاز الهيدروجين:

• يستخدم لتبريد وتسخين المباني وفي تخزين ونقل الطاقة، ويستغل في مولدات الطاقة الكهربائية نتيجة حرقه، حيث يتم الحصول على الطاقة الحرارية ويكون المتبقي الماء فقط دون إفراز مخلفات ملوثة للبيئة وزيادة في ارتفاع درجة حرارة الكوكب، كما يساهم في إنتاج الكهرباء بدون تلوث في الخلايا الوقودية وأيضا كوقود محركات المركبات (وسائط النقل).
ظهر غاز الهيدروجين منذ أوائل القرن العشرين كمصدر أساسي للطاقة حيث ينتج بتحليل الماء إلى عنصرين الهيدروجين والأكسجين ويتم الخزن بأحواض الضغط العالي بعد تبريده إلى (253-c) وهي طريقة عالية الكلفة وثقيلة، لذا يخزن في مركب هيدرايدز Hydrides الذي

يعتبر أكثر فاعلية واستخدام، طاقة الهيدروجين يمكن اعتبارها طاقة كفوءة تستغل في أغراض عدة ممكن أن توضع كبديل للطاقة النافذة (Wiley, 2001, P:34).

ج- طاقة حركة المياه أو الكهرومائية:

- تتعتمد استخدام المساقط المائية من سدود مقامة على منابع البحيرات والأنهار، أو شلالات طبيعية، أي يتم الحصول على الطاقة بطريقتين المياه الساقطة عموديا و المياه الجارية أفقيا ومنها يتم توليد الطاقة الكهربائية.

تمتاز الطاقة الكهرومائية عن بقية أنواع الطاقة المتجددة باعتبارها يمكن السيطرة فيها على مستوى الطاقة بشكل نسبي، وهذا المصدر غير شائع الاستخدام لكونه يستغل لأغراض أخرى قد تكون زراعية أو صناعية وغيرها (برو ميشيل، 1994، ص:124) (الربيعي، 1983، ص:296).

ح- الطاقة الشمسية :. "نظرة عامة"

- مصدرها الشمس التي هي مصدر طاقة الحياة على الأرض ومصدر القسم الأكبر من الطاقة التي تصلنا وإنها المسؤولة عن الظواهر الطبيعية التي عرفها الإنسان (مثل الليل والنهار، فصول السنة، تغير أحوال الطقس)، وقد نجح في بعض استخداماتها منذ القدم في حياته اليومية.

استغلت الأشعة الشمسية في الحضارات القديمة حيث استخدمها الأغريق في إضاءة معبد دلفي على سبيل المثال بواسطة تركيزها، ويذكر إن أرخميدس استخدم مرايا مقعرة لتركيز أشعة الشمس ضد الأسطول الروماني المهاجم فحرقت سفنه، أيضا استخدمها العالم كاسنين لإذابة المعادن، وفي نهاية القرن التاسع عشر استخدمت في تشيلي لتقطير الماء، وفي عام 1878م سير العالم موشو مطبعة المصرف الدولي في باريس بواسطة مكائن بخارية تدار بالطاقة الشمسية (الجوراني، 1995، ص:3-4)، وتوالت استخداماتها العملية والعلمية وعظمت أهميتها ونسبة لذلك كثف العلماء جهودهم في إجراء البحوث العلمية لإستغلالها في كافة المجالات ومنها توظيفها في العمارة.

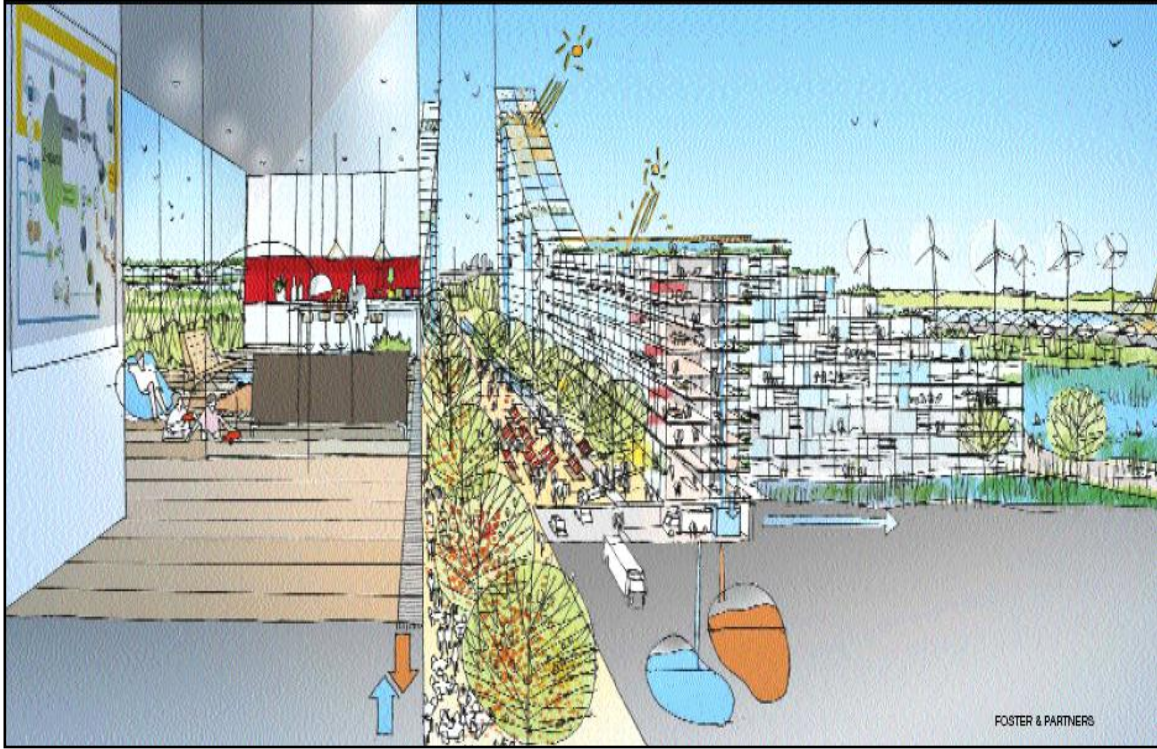
أولاً: توزيع الأشعة الشمسية على سطح الأرض:

- تفقد الشمس في كل ثانية (4) مليون طن من كتلتها المتحولة إلى أشعة شمسية وتعادل (345) مليار طن في اليوم، جزء صغير منها تستلمه الأرض والبالغ جزء من مليار في مجموع ما تمثله الأشعة الشمسية الخارجة من الشمس، ويعادل (2.4×10) برميل نفط من الأشعة الشمسية (180000) مليار كيلو واط الذي يعادل مجموع احتياطي النفط العالمي حوالي (20) ألف مرة، و(180) مليون مرة قدر الطاقة الناتجة عن أكبر مفاعل نووي حتى الآن.

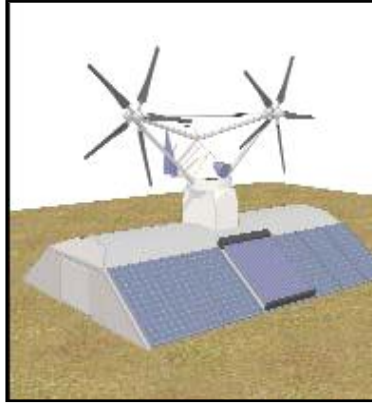
عند اصطدام الأشعة بجو الأرض تعاني انعكاسا بنسبة (30%) وبدخولها الغلاف الجوي يمتص منها بحدود (40%) ثم يبعثها الهواء إلى الخارج بشكل حرارة، والجزء الباقي يكون قليل التركيز وينتشر ويستغل جزء منه في عملية التركيب الضوئي للنباتات، وتمتص المياه والتراب جزءا آخر والأشعة الساقطة على المياه تقوم بتبخيرها كما في الشكل (1-7)، ولأن الأرض تدور حول نفسها مرة واحدة كل (24) ساعة، فكل بقعة من سطحها تختلف شدة الإضاءة والتركيز الحراري فيها وذلك تبعا لميلان المحور الشاقولي للأرض عن المسافة بين مركزي الأرض والشمس، وبعد البقعة عن نقطة السقوط العمودي لأشعة الشمس، فضلا عن عامل ثالث هو وجود الغيوم فوق تلك البقعة (مركز بحوث البناء، 1994، ص:25) (Jimenez(NREL), 1996, P:9).

بصورة عامة أفضل مناطق في شدة الأشعة هي التي تقع عند خط الإستواء وبين خطوط العرض 40 شمالا ولغاية 40 جنوبا وتعتبر دول الشرق الأوسط وأفريقيا مناطق مثالية فيما لو

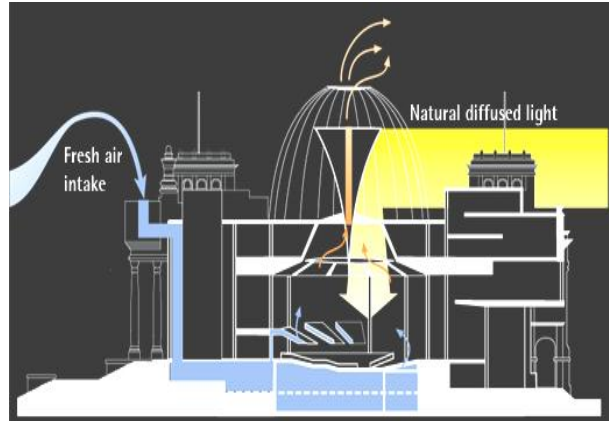
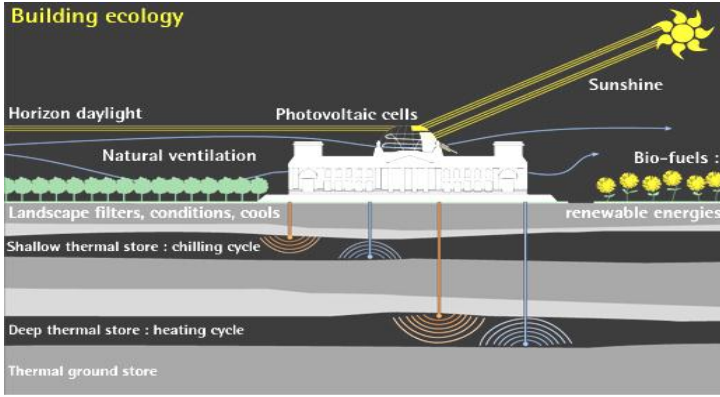
أريد استغلالها في استخدام الأشعة الشمسية ويمكن تحديد المناطق ذات الأمطار القليلة وإشعاع شمسي عالي في العالم كالآتي (الجوراني، 1995، ص:6):.



شكل (1-4) توظيف أشكال الطاقات المتجددة: (طاقة شمسية-رياح-جيوحرارية-كتل حيوية)/مشروع متعدد الأغراض لنورمان فوستر.
المصدر: (www.zedstandards.com).



شكل (1-5) وسائل الاستفادة من طاقة الإشعاع الشمسي والرياح (خلايا الـPV-المراوح المفردة أو المدمجة مع الخلايا الكهروضوئية). المصدر: (www.zedstandards.com) S. (Green Building Concil, 2005, P:115).



شكل (1-6) توظيف طاقة الكتل الحيوية-الجيوحرارية -الطاقة الشمسية لمبنى البرلمان الألماني.
المصدر: (Barkston,2003,P:13).

المنطقة الجنوبية الغربية من أمريكا الشمالية إلى شمال المكسيك وصحراء آتاكاما شمالا وجنوبا على ساحل تشيلي - جنوب الأرجنتين ونصف أستراليا أو أكثر وجنوب غرب أفريقيا - إمتداد 2000 كيلو متر عبر الصحراء الكبرى والبحر الأحمر وشبه الجزيرة العربية والخليج العربي وما بعده، وأخيرا المنطقة الصحراوية الممتدة عبر آسيا من بحر الخزر إلى شرق منغوليا (جدول 1-1).

ثانيا: الإشعاع الشمسي:

● التصميم البيئي يعتمد الإشعاع الشمسي كمصدر أساسي حيث إن توفره في الموقع يعطي عامل للحالات الجوية والوقت، ويحدد ذلك المناخ في تلك المنطقة دون سواها (كما ذكر سابقا) ورغم تحديده لها فهو يتحدد بها أيضا، إذ تؤثر فيه الخواص الطبوغرافية وخط العرض الجغرافي وغيرها وفي جميع الأحوال فإن الإشعاع الضوئي المؤثر في واجهات المباني والسطوح الخارجية يتكون من (شكل 1-7):

1. مركب الضوء المباشر من السماء (إشعاع مباشر من الشمس) (Sky (S.C. Component)
2. مركب الضوء المنعكس من السماء والأسطح الخارجية القريبة (ERC) (External Reflected Component)
3. وداخليا يضاف الضوء المنعكس من السطوح الداخلية (Internal Reflected component)
4. ونتيجة لوقوع العراق في المنطقة المدارية الحارة الجافة فقد أضيفت مركبة أخرى هي مركبة الانعكاسات الخارجية المدارية (TERC) (Tropical External Reflected Component)

إن قيمة الإشعاع المباشر يعتمد بصورة كبيرة على الحالات الجوية، حيث ينخفض إلى الصفر عند مغيب الشمس عن النظر خلف الأفق، كذلك فإنه يعتبر مخفيا مجازا باختفاء قرص الشمس من السطح المراد إضاءته بسبب توجيه ذلك السطح وميلانه أو يظل بغيره. أما بالنسبة للإشعاع (الضوئي والحراري) المشتت من السماء إلى السطوح فإن عظمتها وكبر نسبتها تعتمد على كبر المنظر المفتوح إلى السماء لذلك السطح ولا يعتمد كثيرا على التوجيه، والإشعاع المعكوس من السطوح المجاورة والأرض فيعتمد على معامل انعكاسية السطوح (Nelson, 1994, P:115) (الجوراني، 1995، ص:12).

إن هذه النسب تؤثر جميعاً على الدورات الفصلية واليومية لهذه المركبات الشمسية (الضوئية والحرارية) على الفضاءات المستلمة والمصممة لتستلم هذا الإشعاع أو ذلك الضوء دون الحرارة أو كليهما لذا فإن المعرفة بالدورات وكميات الإشعاع لتلك المنطقة لها الدور الأساس في وضع تصميم بيئي صحيح يوفر بيئة داخلية مريحة إنطلاقاً من المخطط العام والتوزيع للتجميعات والتصميم الداخلي إلى التداخل فيما بينها مع البيئة الخارجية والداخلية وهذا يتضمن عنصر الربط المتمثل بشكل المبنى عامة والمغلف، إذ يمثل غلاف المبنى المفصل العمراني الرئيسي لجميع عمليات السيطرة الحرارية للبيئة الداخلية المبنية حيث يشبه بالمنظم الحراري للمبنى (Building Environmental Thermostat) الذي من خلاله تحدث جميع عمليات الانتقال الحراري بين الداخل والخارج حيث أنه يشغل ذلك الحيز الذي يتوسط البيئتين الداخلية والخارجية (Yannas, 1994, P:68).

ثالثاً: استخدامات الطاقة الشمسية:

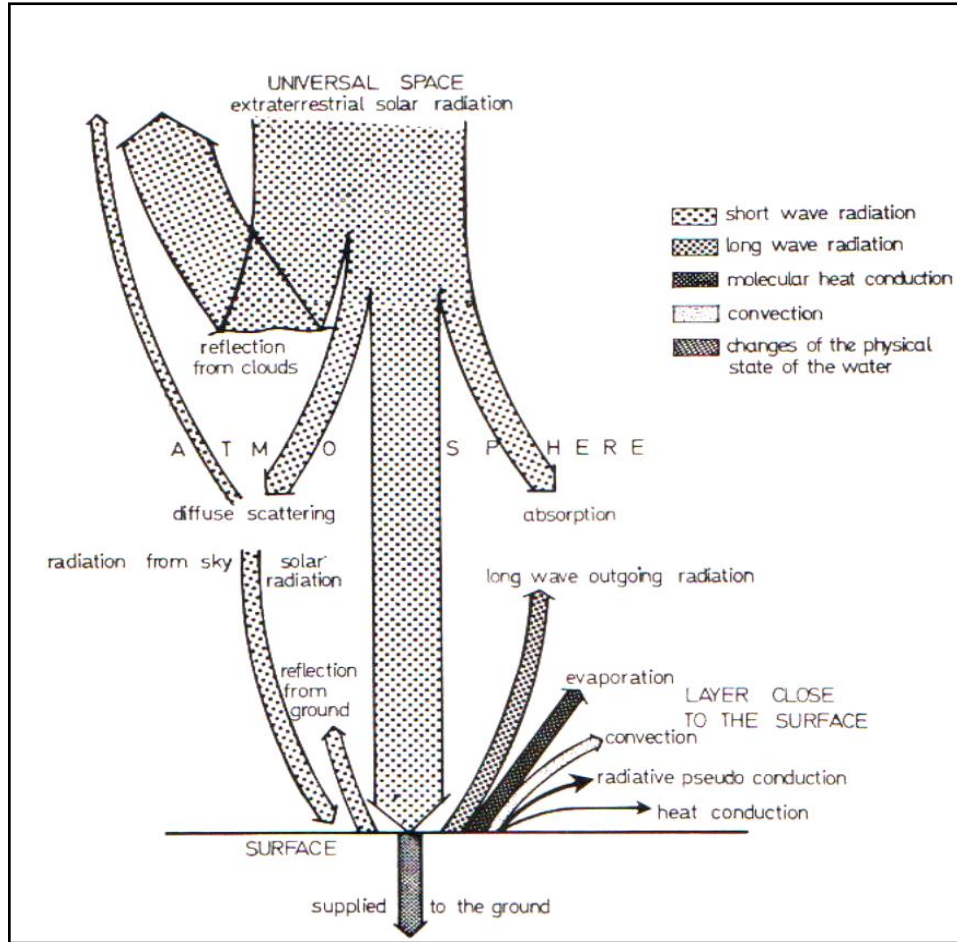
● أغلب التوجهات الحاصلة نحو الاستفادة من الطاقة لتوظيفها ضمن المبنى وغلافه من خلال آليات عمل ونظم متكاملة تشتمل تقنيات متعددة مسيطر عليها بمجموعة من المتحسسات والمسيطرات الإلكترونية، سواء حرارياً لتدخل ضمنها عمليات التسخين والتبريد والتخزين الحراري والتوزيع والتحكم به، أو ضوئياً كإضاءة طبيعية مباشرة (Day lighting)، فضلاً عن الخلايا الكهروضوئية التي تستثمر كوسيلة لتحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة

جدول (1-1)

المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي الشامل على السطح الأفقي للعراق وبعض البلدان العربية المجاورة وبالمقارنة مع بعض الدول ضمن خطوط عرض تتراوح بين (45-60 عرض شمالاً)

الوحدات – سعة/سنتيمتر مربع. المصدر: الباحثة عن (الجوراني، 1995، ص: 17-18).

الدولة	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
العراق	290	350	420	550	660	710	720	660	560	460	310	250
الأردن	275	350	450	560	660	710	710	660	550	450	320	250
الكويت	320	400	470	600	660	710	700	650	650	470	360	280
لبنان	250	325	440	540	640	710	710	610	500	400	300	240
بلجيكا	56	108	206	346	406	441	406	354	251	158	76	
السويد	29	78	201	308	467	517	500	392	243	112	32	



شكل (7-1) مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض.

المصدر: (Kukreja, 1978, P:10)

كهربائية التي هي عبارة عن أداة إلكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات (الكهرباء أو الحرارة) يتشكل خلالها فرق في الجهد عند تعرضها للضوء يتولد عنها بشكل مباشر تيار كهربائي ترتبط قيمته بمعامل امتصاصها للضوء، ويعتمد على السليكون النقي بشكل أساسي مع كمية قليلة من شوائب معينة لتخلق حفظ حركي للإلكترونات، وهذه الخلايا تغلف لتكون نموذج قياسي الحد الأقصى منها (270 سم) طول و (90 سم) عرض وتدمج الخلية مع خلايا أخرى بترتيب معين للحصول على التيار الكهربائي المطلوب، إذ إن الخلية الواحدة تيارها قليل يصل حوالي (2 واط)، لذا تجمع بشكل أعداد مصفوفة مكونة من مجموعة الخلايا (Paradis, 1994, P:8-9) (Sacks, 2004, P:312) (شكل 1-3) (شكل 1-5).

ووفقا لما تقدم فالطاقة الشمسية إلى جانب كونها متجددة تعتبر طاقة نظيفة لا ينتج عنها تلوث حراري أو بيئي بشكل عام فهي آمنة للاستخدام، كما تعتبر مصدر لامركزي للطاقة لا ينفذ وقابل للاستخدام ضمن أي رقعة تتوفر فيها، ولها ناحية جمالية للعمارة تحفظ الطاقة فضلا عن اعتمادها كبديل إيجابي عن الطاقة التقليدية خاصة في المناطق الحارة الجافة وعلى رأسها العراق.

المبادئ الأساسية في الأبنية الخضراء المستدامة:

نظرا لما تقدم من طرح إعتبرات التطور المستدام، الإستجابة البيئية، والتكامل التبيؤي فضلا عن مناهج حفظ الطاقة والطاقة المتجددة ومصادرها يستوجب ذلك معرفة المبادئ الأساسية في البناء الأخضر المستدام للتوصل إلى أهداف التصميم البيئي ومبادئه العامة. يمكن توضيح الهدف العام من تصميم البناء الأخضر بمفهوم بسيط مفاده الوصول إلى مبنى بديع شكلا وموضوعا مشرقا يلبي متطلبات البيئة الداخلية المريحة، أي يكون حار شتاء وبارد صيفا والأكثر راحة وصحي في عين الوقت يعتمد على كفاءة المصادر والطاقة، وظيفي وطويل الأمد ليعزز ويطور ويثبت ما هو صالح وخير للشاغلين والأرض. قبل الولوج في عملية التحليل يجب ان يؤخذ بعين اعتبار عناصر اربعة اساسية لعملية التطور المستدام "الأخضر" (U.S. Green Building Council, 2005, P:24):

1. أنظمة التفكير الإجمالية (Whole -systems thinking).
2. أحمال التصميم الأولية (Front -loaded design).
3. اعتبارات اقل الكلف \ أجمالي الإستخدام (end use\least cost consideration).
4. فريق العمل "العمل الجماعي" (team work).

إن مفهوم البناء الأخضر (المستدام) ليس بجديد حيث ارتبط بالفكر الإنساني منذ القدم، ومع مطلع القرن العشرين ظهر المصطلح بظهور نظريات إدارة المصادر الطبيعية المتجددة، والذي يعني الدعوة لتكامل النظم التبيؤية (الإيكولوجية) والاجتماعية والإقتصادية، وفي الوقت الحاضر يبدأ التصميم الأخضر (green design) يشتمل اعتماد المصادر الفعالة والمنفعلة بصورة متكاملة وبما يتلاءم مع الجوانب الوظيفية وحاجات الشاغلين ويتفاعل وتوافق ما بين البيئة الداخلية والبيئة الطبيعية المحيطة ويستلزم تحقيق حفظ البيئة والمصادر والصحة العامة بأعلى أدائية ممكنة ليكون الإنسان متحضرا و يتماشي مع التطور الحاصل من خلال تجانسه مع بيئته ومعرفة ضروريات التصميم مما يتناسب والمناخ مع الإحساس بالمكان وبأقل كلف ممكنة ليصبح البناء ملبيا جانبيين الأول: علاقة النسب بين الكتل والملمس والمقياس وطبيعة تكوينها من جهة و الثاني: تحقيق التهوية والتبريد المنفعل والفعال فضلا عن الخزن الحراري والسيطرة على آليات العمل فيما بينها من جهة أخرى مما يتناسب مع مفهوم حفظ الطاقة والإقتصاد حيث يقلل من استهلاك الطاقة إلى 50% مع رفع المستوى الصحي للإنسان بتوظيف التكنولوجيا العالية والأنظمة الذكية والتعامل مع غلاف المبنى كحافظ للطاقة متحسس ويتجاوب مع متغيرات البيئة الخارجية (Jenior, 1994, P:156).

يعتمد تصميم المجمعات السكنية والمباني على المداخلة والتفاعل مع المحيط بإعتبارها جزء من البيئة الطبيعية حيث يشير المعماري كريستوفر ألكسندر 1977 "عندما تبني شيئا ما... لا تستطيع بناءه في انعزال عن المحيط... لكن يجب إصلاح العالم حوله وضمه... ويأخذ الشيء الذي صنعه مكان ضمن النسيج في الطبيعة (U.S. Green Building Concil, 2005, P:254)" وهو بذلك يؤكد ضرورة التوجه نحو الطبيعة وهي مرحلة استباقية لظهور مصطلحات الإستدامة والبناء الأخضر ولعل العمارة التقليدية هي مثال واضح لكيفية التفاعل مع البيئة المحيطة والإستجابة معها، إذ تعبر عن الإستغلال الأمثل للموارد الطبيعية كوسيلة لضمان البقاء على الأرض وباستخدام مواد البناء المحلية والتقنيات البسيطة حيث الحلول فعالة ومتفاعلة مع البيئة والموارد المتوفرة وهناك ترابط بين العمارة التقليدية والبيئة التي عملت فيها كونها تطورت بالإستجابة للحاجات الفعلية للمجتمع بالتوافق مع البيئة والفكر الحضري لمن تعايش معها (Schoenauer, 2000, P:47)، والتي يمكن الإستلham منها وتوظيفها وفق فكر تقديمي يشتمل تكامل الأبعاد الثلاثة (العمارة - الإستدامة التبيؤية - التكنولوجيا) للتوجه نحو الطبيعة والتعايش معها والإستفادة من مواردها دون تلويث البيئة أو التسبب في ارتفاع درجة حرارة الكوكب وتقليل ما سببه الإنسان من ضرر تجاهها. ولتحقيق عمارة متفاعلة مع بيئتها لابد من وضع مجموعة من الإعتبرات والمراحل الأولية التي تدخل كمؤشرات في اعتماد التصميم البيئي الصحيح والبناء المستدام الأخضر وهذه تضم:

- طبيعة اختيار الموقع (Site Selection):

بالرغم من إن اختيار الموقع هو قضية مهمة للإنشاء التقليدي إلا أنه نقطة حرجية لنجاح مفهوم البناء الأخضر المستدام لذا فالبنائين ذوي الاختصاص والمعماريين يعنونون عدة قضايا موقعية تعتبر بالإنشاء التقليدي مهمة هي (Beatley,2000,P:32-41):

أ. التطور المستدام المثالي للموقع يلزم توفير هواء نقي - مياه - تربة مع تزويده بوفرة شمسية وأشكال أخرى من الطاقة المتجددة إن أمكن.

ب. ان يكون قريبا أو مجاورا لمناطق العمل والمدارس والمكتبات ومراكز التسويق والخدمات الإجتماعية الأخرى فالتجميعات الإسكانية وفقا للتوجه الحديث للتطور المستدام تصبو إلى تطوير متعدد الإستعمالات حيث يكون التداخل لمختلف الاختصاصات من فضاءات سكنية - إدارية - تجارية وصناعية لتوليد إحساس أكبر بالإنتماء للمجتمع.

ت. استعمال أقصر الطرق الموجودة والخدمات حيث المحاولة تكون لخلق تكامل تخطيط المواصلات واستخدام الأرض.

ث. وجود الطاقة الكامنة للتطوير دون الخلل في البيئة الطبيعية والحفاظ على النظام الإيكولوجي للموقع من نباتات وتربة ومياه وغيرها ومحاولة منح الفرص لإعادة تدوير وتحديد المكونات الموجودة.

بطبيعة الحال المواقع النموذجية قليلة لذلك يجب تقييم الأرض وفتح المجالات بإبتكار حلول وفرص غير طبيعية لجعلها أكثر عملية وسهلة التصرف وأما المواقع النموذجية فتستغل بتصاميم معتنى بها قابلة للتطوير وبحلول ذكية، وبشكل عام لغرض التصرف في موقع معين يجب الإستعانة بأشخاص متعاضدين ضمن البيئة المعنية للمساعدة في الإجابة على بعض الأسئلة للإلمام بطبيعة المحيط كذلك فإن اعتماد الموقع يتبع إقرار طبيعة الإحتياجات وأنواعها وحسب أهميتها وعليه فأساس اختيار الموقع يعتمد على نقطتين أساسيتين (Beatley,2000,P:61):

الأولى: مدى صلاحية الموقع بهدف تحقيق أكبر استفادة من موارده الطبيعية كالطاقة الشمسية أو الرياح ومكوناته كالنباتات والتضاريس الجغرافية وغيرها **والثانية:** إمكانية تطويره بشكل صالح لهدف المحافظة على النظام الإيكولوجي للموقع على مدى حياة المبنى وتطويره.

تطور الموقع (Site Development):

بهدف التوصل إلى تصميم إنساني بيئي لابد من إعادة التفكير في العلاقات بين الأرض والتطور والإنسان، يطلق على الموقع قبل بناءه (الأرض الخام) أو (مكان مهجور) وفي كلا الحالتين تشخص الأرض بأنها سلعة تعود للإنسان بينما في الحقيقة الأرض هي سلعة يعود إليها الإنسان وفي حالة أريد أن يكون هناك مجتمع صحي وما يتبعه من امتدادات، ويؤكد البيئي (ألدوليبيد) "ليس هناك حتى الآن علاقات أخلاقية تربط بين الإنسان والأرض وبقية المخلوقات من حيوانات ونباتات تنمو فيها" فالعلاقة بالأرض عادة تأخذ منحى اقتصادي وهذا يعتبر احد الجوانب المكتملة، فالأساس للوصول إلى التصميم الأخضر يتطلب الاهتمام بمصطلح (أخلاقيات التعامل مع الأرض) إذ إن كل جزء من الأرض يحمل نوعا معينا من المجتمعات الطبيعية من نباتات وحيوانات التي لا يمكن تداركها بسهولة عند التصميم حيث الهدف يكمن في الحفاظ على الظروف الطبيعية للموقع دون أي تأثيرات سلبية للبيئة (I.Dark Sky,2006,P:8-12).

إنشاء المبنى أو الأبنية مجتمعة عادة ما يحدث ضررا بيئيا إلا أنه يمكن تقليصه دراماتيكيًا إن لم يكن بالإمكان إحتوائه وذلك من خلال (Moore,1993,P:26-)

(28)(Wines,2006,P:73-75):

- أ. التحفظ "التقييد" والتخطيط الحذر عند البناء في أرض أتلفها الإنسان بفعالياته الماضية حيث التطور الأخضر "المستدام" (Green Development) باستمرار يعيد فعالية البيئة ويسرع من الفعاليات البيولوجية المختلفة.
 - ب. تقييم الموقع قبل البدء بعملية التصميم ذلك لتحديد مكونات النظام الإيكولوجي من مؤثرات مناخية ونباتات وغيرها.
 - ت. محاولة المحافظة والتركيز على إبقاء وتطوير المغذيات الطبيعية كالجداول والمسطحات المائية والنباتات الزاحفة وغيرها.
 - ث. مراعاة ودراسة الأوجه والإستخدامات الصناعية أي استخدام المواد المصنعة من موارد طبيعية قابلة للتجديد فضلا عن المواد الطبيعية التي تعتبر مواد مستدامة قابلة للتدوير للتقليل من الهدر وحماية الموارد الطبيعية النادرة.
 - ج. التداخل مع نماذج الأبنية المحلية والإسلوب الثقافي للمجتمع في عمل التصميم والمحافظة على المواقع الأثرية أو الجسور أو مكونات أخرى إن وجدت حيث يعمل ذلك على إغناء الشكل ويضفي الإحساس بالمكان والشعور بالانتماء إليه.
- لذا يجب قبل البدء بأي فعالية السؤال عن طبيعة الأراضي المجاورة والساكنين لغرض التخطيط واتخاذ القرار، أما في الحالات التي يكون فيها الموقع مستغل للزراعة أو غابات أو مراعي ولم يسبق تطويرها أو البناء عليها يفضل تحديد البناء وإعادة تنظيم ما مطلوب كهدف منذ البداية.

تسقيط الأبنية (Building Placement):

تحديد الموقع المناسب للأبنية يختلف من مكان إلى آخر والأبنية الخضراء "المستدامة" يكون موقعها ملائماً للحصول على أعلى ما يمكن من الطاقة الشمسية أو المصادر المتجددة الأخرى وتقليل المؤثرات المناخية السلبية بالحد الأدنى، وهذا يتطلب دراسة المتغيرات الفصلية من جانب الكسب الشمسي بوضع المبنى لزيادة الطاقة المستحصلة أو انعكاساتها اعتماداً على المناخ، وهذا يجب مراعاته منذ البدايات الأولى في عمليات التصميم ليكون أكثر فاعلية لإستخدامه في التبريد والتسخين المنفعل مع توفير الإضاءة الطبيعية اللازمة وبأعلى أدائية، وكمثال يلاحظ في الولايات المتحدة عملية تسقيط الأبنية بالإعتماد على الشكل المناسب والتوجيه الصحيح يقلل من استخدام الطاقة من (30%) إلى (40%) بدون كلف مضافة، ولغرض توقييع الأبنية والتجميعات السكنية بالشكل الصحيح يستلزم

(Beatley, 2000, P:218) (Battle & Mc. Macarthy, 2001, P:21-29):

1. اعتماد تراص المباني وتراكبها أو استخدام التجميع العنقودي (Cluster) بغية الحصول على انتشار منظم لتوقيع المباني ضمن المناطق ذات المناخ الحار الجاف.
2. إيصال أعلى أدائية للأبنية بتصميمها وفق التكنولوجيا المتقدمة حيث يكون لها القابلية والقدرة على التداخل مع النظم المنفصلة بإعتبارها إحدى صور التصميم الشمسي الذاتي المنفعل (Passive Solar One) فضلا عن النظم الحرارية الطبيعية المنفصلة.
3. إستغلال الطاقة الشمسية لغرض توفير إضاءة طبيعية وتقليل الحرارة صيفا، مع السماح للكسب الشمسي الحراري والإضاءة شتاءً وذلك من خلال التوجه المناسب للكتل البنائية.
4. الاستفادة من المباني المشيدة قديماً بإعادة إحيائها وتطويرها وفق المفاهيم الحديثة.
5. إستغلال طبيعة الأرض من مجازات ضيقة أو نباتات لتوفير الظل وتقليل التعرض للإشعاع الشمسي صيفاً، كالأشجار مثلاً توفر الحماية من الرياح القوية والعواصف وتقلل الضوضاء.
6. تجنب البناء في حالة توفر مكان واحد ضمن الموقع ذي جمالية خاصة ويحمل صور من الطبيعة ساحرة كون الهدف هو تحقيق بيئة مريحة للساكنين وبهذه الأماكن يمكن خلق خصوصية للموقع مع بناءه حيث التصميم الجيد للبناء الأخضر لا يفرض إستخدام أفضل جزء من الموقع للتشييد وإنما تداخل البناء مع البيئة كأنها مكملة لها.

تصميم الأرض والمنظر الحدائقي (Land Design & Landscaping):

مسألتان متلازمتان الفضاءات المفتوحة (Open Space) والمنظر الحداثي غالبا ما يتم التوجه نحوهما بعد إتمام عملية التصميم حيث البناء مشيد والموقع واضح المعالم ،وبالتالي توضع الفضاءات المفتوحة والمنظر الحداثي كتحصيل حاصل لإملاء الأرض المتبقية (Left over Land).

الإستراتيجية الفضلى للوصول إلى أفضل تصميم وفق مفهوم التطور الأخضر "المستدام" تكون بتخطيط المنظر الحداثي قبل المباشرة بالبناء ،حيث إن توظيف كل من الفضاء المفتوح مع المنظر الحداثي الخلاب يمكن ان يكون اداة فعالة لحفظ البناية وشاغلها بتماس مع الطبيعة إذ يمكن إستخدامها كوسيلة إتصال للداخل نحو الخارج لتحقيق أعلى طاقة بنائية كفوءة ،ولغرض تحقيق تصميم حداثي مناسب يجب مراعاة الآتي (Beatley,2000,P:342) (U.S. Green Building Concl,2005, P:45-47):

أ. المحافظة على النباتات المتواجدة ضمن الموقع قدر الإمكان التي يمكن الإستفادة منها ،إذ يتم تأشير الأشجار الصالحة والأعشاب وتنصب الحواجز الحامية حولها بغية المحافظة عليها أثناء البناء وهذا يعتبر ضروريا خاصة في المناطق الحضرية والمناطق الجافة أو ذات الظروف القاسية حيث صعوبة الإنبات وبطئه في النمو.

ب. اختيار نباتات جديدة بعناية ومداخلتها أو مزجها مع النظام البيئي الموجود والتأكيد على استخدام النباتات الملائمة ومناخ المنطقة للحصول على ميكرومناخ يحيط بالمبنى.

ت. يصمم المنظر الحداثي في المناطق الجافة بأقل حاجة ممكنة للماء أو بترتيب يتحمل التصميم الجاف (Xeris cape).

ث. استغلال النباتات لتظليل البناء وما حوله والأسطح المرصوفة من حرارة الشمس صيفا ،حيث يمكن تخفيض درجات الحرارة والذي بدوره يقلل الطاقة المصروفة في تبريد الأبنية إجمالا كذلك يمكن استخدام الأشجار كحواجز للرياح الشتوية والسيطرة على خطوط النظر وحرف الأصوات غير المرغوب بها.

ج. أحد أوجه المنظر الحداثي المهمة هو النظر إلى الإنتاج الغذائي حيث الحداث - البساتين - المحاصيل الحقلية والأشكال الأخرى من المساحات الزراعية تربط عادة مع مشروع الأبنية الخضراء (Green Building Project) والتي إلى جانب الإستفادة منها كغذاء يمكن توظيفها كأشكال للتظليل ضمن المكنات ومساحات الجلوس الخارجية.

مبادئ التصميم العامة:

باعتبار ما تقدم من الطرح فإن التوجه الجديد نحو الطبيعة جعل من عمليات التصميم الجديدة من البيئة المتولدة من الشمس معتركا لها لذا فأن مبادئ التصميم قد تمحورت حول :.

- السيطرة على تقليل الاكتساب والفقدان الحراري.
- توظيف آليات الاكتساب وإعادة الاشعاع الشمسي المنفعل عمليا وذاتيا.
- توظيف تراكبات الأشكال عند آليات التبريد والتسخين الشمسي المنفعل.
- توفير إضاءة طبيعية مسيطر عليها داخليا ومتوازنة لحفظ الطاقة.

إن كل من المبادئ الأساسية ومتغيرات التصميم التي تؤثر بالسيطرة على التصميم الشمسي المنفعل قد تجمعت في عناصر المبنى المختلفة متضمنة المستنبتات والجدران المزججة والجامعات الشمسية لفضاء السقف وغيرها من التقنيات وآليات استخدامها التي تجعل من تفاعلها وتعاملها مع البيئة الخارجية عاملا ومبدءا تصميميا في توضيح وتوفير بيئة داخلية مريحة ،لذا فالعامل الأساس يكمن في السيطرة على عمليات الإكتساب والفقدان الحراري مع الإضاءة أما الآليات الموظفة والتعامل مع شكل المبنى وشكل التجميعات هي مداخلات للتعامل البيئي الصحيح لهذه المعالجات (Wines,2000,P:242)(Yeang,2000,P:25).

ووفقا لكون عملية السيطرة على مبادئ التصميم تتضمن المعرفة بأسسها فان عملية التصميم البيئي الصحيح يستلزم معرفة بالبيئة الطبيعية المراد التصميم ضمنها كما ذكر آنفا

(شدة الإشعاع وأوقاته ومدياته وحركة الهواء ومديات الحرارة ونسبة الرطوبة وغيرها) كذلك المعرفة بإمكانات إستعمال التقنيات، إذ لكل بلد ومنطقة إمكانات معينة وثقافات تختلف باختلاف المنطقة التي تتوقف عليها استعمال آلية معينة ومداخلات تقنية فضلا عن معرفة تامة بعلم الإقتصاد.

أهداف التصميم البيئي:

إن من أهم اعتبارات التصميم البيئي الصحيح هو عامل المرونة التصميمية والتكيف للحالات المختلفة من الإشغال والاستعمال لوضع مفهوم البيئة الداخلية المريحة موضع التنفيذ حراريا وبصريا حيث عملية المرونة التصميمية ضرورية عند وضع التصميم البيئي خصوصا للمساكن على اعتبار الآتي .:

1. تنوع أنماط الإشغال ودرجات الحرارة المفضلة بين فضاءات المبنى المختلفة مع تنوع الوقت.
 2. وجود فضاءات قد لا تستغل في بعض الأحيان.
 3. تنوع متطلبات الهواء النقي ومعدلات اكتساب الحرارة الداخلية من فضاء إلى فضاء ومن وقت لآخر اعتمادا إلى الإشغال والنشاط أو الفعالية.
- لهذا فان على المصمم البيئي يجب أن يأخذ بنظر الاعتبار .:
- درجة حرارة الفضاء المريحة : حيث تدرس وتوضع من قبل المصمم خاصة عند فصل الصيف لتجنب التسخين العالي.
 - توفير الهواء النقي الملائم : من خلال التهوية المسيطر عليها.
 - توفير الإضاءة الطبيعية الملائمة : لتحفيز وعمل النشاطات والفعاليات اليومية المشغولة داخل الفضاءات مع تجنب سلبات الضوء كالإبهار أو السطوع العالي.
- (Yannas,1994,P:63) ، ويعتبر تقليل صرفيات الطاقة وحفظها هو الأساس في وضع التصميم البيئي الصحيح حيث الإعتبارات الثلاث الآتية الذكر سوف تؤمن التصميم البيئي والفضاء الداخلي المريح مع تقليل الإستهلاك في الطاقة.

استخلاص إعتبارات التصميم البيئي:

إن اعتبارات التصميم البيئي متداخلة ومتزامنة الواحدة مع الأخرى وتكاد تكون غير مفصولة ومتكاملة، إذ يتوجب على المصمم أن يأخذ بنظر الإعتبار عند توظيف فكره وأدواته وأساليبه والمداخلة مع بيئته وشاغليه العناصر الآتية لتحقيق الراحة الحرارية والنوعية البيئية مع أقل تأثير على الطاقة وصرفياتها والعوامل تتمثل بـ (Kim,1998,P:60-71)(Wines,2000,P:64):

1. التحكم بالتخطيط العام ومراعاة الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية مع وضع التجهيزات للإكتسابات الحرارية الشمسية من خلال الإجلال "التسقيط" الحكيم للتجميعات الكتلية في أطر ونوافذ الزجاج مع الأخذ بنظر الإعتبار عامل السعة الحرارية للمواد.
2. السيطرة على فقدان وإكتساب الحرارة من خلال التحكم بهندسية المبنى وتصميم العناصر وتجهيز الكتامة الهوائية اللازمة شتاء مع توفير التهوية الطبيعية بتجهيز المبنى بوسائل قابلة للسيطرة والحركة لتوفر كميات ملائمة من الهواء النقي مع تبديل الهواء صيفا بما يؤمن الراحة والصحة للساكين وبأعلى أدائية وظيفية للفعالية الداخلية.
3. توفير الأجهزة والأدوات والمسيطرات والمستجيبات للبيئة الخارجية للسيطرة على البيئة الداخلية من خلال آليات المبنى التي تعمل ضمنها التقنيات خاصة الخارجية القشرية والواجهية وعناصر الحماية من الإشعاع الشمسي العالي.
4. توفير إضاءة طبيعية من خلال تقنيات الإضاءة المطورة لإرضاء الحاجة البيولوجية والبصرية للسكان.

5. استخدام الآليات الموظفة لمجموعة من التجميعات الكتلية تحقيقاً لمبدأ الخزن الحراري لفترات لغرض حفظ الطاقة والاستفادة منها في إعادة بثها من جديد واستخدام التقنيات وعناصر الإكتساب الشمسي لتحقيق هذا الغرض.

إن اعتماد هذه الشروط سيتوقف على طبيعة المتطلبات التصميمية (الوظيفة المشغولة) والبيئة المصمم ضمنها، وكذلك طبيعة الموقع إذ يتفاعل كل من التوقيع وتخطيط الموقع- شكل المبنى- التخطيط والتصميم الداخلي- الخواص الحرارية للعناصر الكتلية- التزجيج وتصميم النوافذ فضلاً عن التهوية والكتامة للهواء فيما بينها لتنتج الموازنة بين عمليات الموازنة مع الاكتساب والفقدان الحراري الشمسي مع العلاقة لمجموعة العناصر السابقة الموضحة فضلاً عن وجود عناصر ثانوية قد لا تكون مرئية ومحسوسة من قبل المصمم إلا إنها مهمة للشاغلين وتؤثر بطريقة أو بأخرى على التصميم عموماً وهذه العوامل الثانوية هي:

1. وضع أجهزة كفاءة الطاقة فقط مع حفظ الطاقة.
 2. عزل مصادر الحرارة الإضافية داخل التجميع أو المبنى مثل المراحل البخارية واسطوانات الماء الحار والاستفادة من حرارتها المنبعثة لتخفيض ويستفاد منها في الداخل.
 3. وضع أجهزة للسيطرة على الرطوبة.
- وباعتماد ما سبق فعلى المصمم أن يعي ماهية التصميم وأبعاده ليكون ملبي لمتطلبات الشاغلين وراحتهم، أي معرفة البيئة التي توقع بها التصميم مستعينا بما أتاحتها التكنولوجيا من تطورات للسيطرة على البيئة الداخلية حرارياً وبصرياً.

الاستنتاجات:

وفقاً لما تقدم من مبادئ تهدف إلى تحقيق غاية أساسية تكمن في توفير بيئة داخلية حرارياً وبصرياً وبايولوجياً لملبية لمتطلبات شاغلها وبتداخل البيئة الخارجية المحيطة بنظم المبنى وقشرته وبتحقيق الأبعاد الثلاثة (تكنولوجيا-عمارة-استدامة تبيئية) ليستنتج الاتي:

* التركيز على خصوصية كل مجتمع وبيئته وخواصه إذ تتناول الجوانب الوظيفية والبيئية للمباني التي تعتبر القاعدة الأساسية للتصميم بجعله مستجيباً لبيئته ويتداخل معها وإعتماداً على كفاءة الاستخدام ومصادر الطاقات المتجددة وتقليل الضرر السلبي على البيئة وفق مفهوم التطور المستدام والبناء الأخضر.

* التخطيط العام البيئي بصورة متوازنة والمداخلة مع البيئة الخارجية المحيطة مع الحفاظ على النظام الإيكولوجي.

* توظيف عامل تغير زاوية الشمس على مدار اليوم والسنة ليعمل كمصدر للطاقة والحيوية للفضاءات لذا لا بد بالنتيجة من الحذر في التوجيه.

* توظيف الأشكال المعمارية والهندسية والبيئية المدروسة.

* السيطرة على فقدان واكتساب الحرارة وتوظيف الآليات المسيطرة والمكونة من عناصر وتقنيات وأشكال متعددة لتوظيف التسخين والتبريد الشمسي المنفعل مع الإضاءة الطبيعية إلى داخل الفضاء مع وضع عامل الإقتصاد بعين الاعتبار.

* الأخذ بنظر الاعتبار سلوك الساكنين ووظيفة الفضاءات وتغيراتها مع مراعاة عامل المرونة والتغير والتطور والتكيف للحالات المختلفة.

* الإعتبار لعوامل اللون والملبس وتغيرات زوايا النظر والجب عن الإشعاع الشمسي المباشر لإضفاء جانب التحسينات في البيئة الداخلية واللطافة التي يجب ان توفر عوامل الراحة الحرارية والبصرية والبايولوجية والسلوكية.

* دراسة المخطط العام وعناصر الفضاءات المفتوحة والمنظر الحدائقي مسبقاً قبل البدء بتصميم التجميعات السكنية وإنشاءها والاستفادة من المباني المشيدة قديماً وإعادة إحيائها وتطويرها وفق المفاهيم الحديثة مع استغلال طبيعة الأرض ومكوناتها.

- * لاختيار الموقع أهمية كبيرة ويجب أن يكون قابل للتطور دون الخلل في البيئة الطبيعية وللوصول إلى التصميم المستدام يتطلب مراعاة مبدأ "أخلاقية الأرض" إذ لكل جزء على الأرض نوع من معطيات الطبيعة لا يمكن تداركها إلا من خلال برمجة مسبقة.
- * تسقيط و توقيع التجميعات الكتلية بحيث تكون الواجهة المعرض نحو الجنوب وإعطاء مرونة التشكيل تبعاً لطبيعة أشكال الكتل والتباعدية فيما بينها وموقع الفناءات إن وجدت وأبعادها وطبيعة المادة المكونة للغلاف وتقنياته بما يحقق ملائمة المتناقضات واستثمار الطاقات المتجددة والأشكال الطبيعية للأرض.
- * استعمال مبدأ الكتلة الخازنة في الداخل والخارج لتقليل عامل نفاذ الحرارة للداخل على مدى النهار لذلك تستعمل المواد ذات السعة الحرارية العالية.
- * الإنتباه إلى الخصوصية البصرية وشدة الإشعاع وعلاقته بحجم الفتحات والتوجيه وتوظيف المعالجات المختلفة ضمن الغلاف في قابلية التكيف صيفاً وشتاءً نسبة للإشعاع والضوء.

REFERENCES

- Andersen, Hasse Traberg; "Daylight-Light and Space", Free Energy Laboratory, Phonics, U.S., 2006.
- Bankston, Charles A., "The Status and Potential of Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage: An International Report", Advances in Solar Energy, Volume 4, CBY Associates, Inc., Washington, DC/2003.
- Battle, Guy & Mc. McCarthy, Christopher, "Sustainable Ecosystem & Built Environment", Willy-Academy, London, U.K., 2001.
- Beatley, Timothy; "Green Urbanism", Island Press, Island, 2000.
- Brown, G.Z.; & Dekay, Mark; "Sun, Wind and Light", Architectural Design Strategies, Second Edition, U.S.A., 2001.
- Donough, William Mc. Don; "Design Theme", BNIM Architects, U.S.A., 2004.
- Givoni, Baruch; "Climate Consideration in Building and Urban Design", Van Nostrand Reinhold, U.S.A., 1998.
- I. Dark-Sky Association, "Sustainability Urban Planning", U.S.A., 2006.
- Jenior, Mary-Margaret; "Solar Building for Sustainable America", Solar today, American Solar Energy Society, May/June; 1994.
- Jimenez, Antonio C.; Lawand, Tom; "Renewable Energy for Rural Schools", Published by the National Renewable Energy Laboratory, U.S.A., 1996.
- Jones, David Lloyd; "Architecture and the Built Environments: Bioclimatic", Bio-Climatic Building Design, Laurence King Publishing Ltd, U.K., 1998.
- Kim, Jong-Jin; & Rigdon, Brenda; "Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design/Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials", Natural Pollution Prevention Center for Higher Education, Michigan, U.S.A., 1998 A&B.
- Kukreja, C.P., "Tropical Architecture", New Delhi, 1978.
- Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) and Los Alamos National Laboratory, DOE-2 User Guide. Version 2-1, Office Berkeley, U.S.A., 1998.
- Mol, A.P.J.; "Globalization and Environmental Reform", the Ecological Modernization of the Global Economy, MIT. Press, Cambridge, 2001.
- Moore, Fuller; "Environmental Control System: Heating, Cooling, Lighting", New York, McGraw-Hill, 1993.
- NAHB, Research Center, Guide to Developing Green Building Programs, National Association of Home Builders, 1999.
- Olgyay, Victor; "Design with Climate", Princeton University Press, New Jersey, 1973.

- Paradis, Alan; & Shugar, Daniel S.; "Photovoltaic Building Materials", Solar today, American Solar Energy Society, May/June, 1994.
- Sacks, Rafael; "Parametric 3D Modeling in Building Construction with Examples from Precast Concrete", Automation in Construction, Vol.13, Issue 3, May/2004.
- Schoeauer, Norbert, "6000 Year of Housing", W.W. Norton, U.S.A., 2000.
- Shorroch, L.D.; & G. Henderson; J.H.F., Brown; "Domestic Energy Fact File", Building Renewable Establishment (BRE), 1993.
- "Green Development", U.S. Green Building Council LEED. NC., U.S.A., 2005.
- Wiley, John; & Sons; "Heating- Cooling- Lighting", Design Methods for Architects, Norbert Lechner, Inc., Second Edition, New York, 2001.
- Wines, James; & Jodidio, Philip; "Green Architecture", Japan, 2000.
- Yannas, Simon; "Solar Energy and Housing Design", Vol. 1, Architectural Association, London, 1994.
- Yeang, Ken; "The Green Skyscraper" –the Basic for Designing Sustainable Intensive Buildings- Prestel, U.K., 2000.
- "The Bed ZED Project", www.zedfactory.com " & " www.zedstandards.com ".

المصادر العربية:

- إبراهيم عبد الرزاق- "عمارة المستقبل"- مجلة آفاق عربية، 5-6، أيار/ حزيران، 2000.
- إبراهيم إبراهيم شريف- "جغرافية الطقس"- الكتاب الأول، رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق 454، بغداد، 1991.
- البدري، امجد محمود عبد الله- التطور والتغير في الفكر الجديد لعمارة الأبنية الصناعية الذكية- أطروحة دكتوراه - جامعة بغداد- 2006.
- برو ميشيل- "الطاقة الباردة: حلول متجددة لمشاكل بيئية"، النفط والتعاون العربي، المجلد التاسع عشر، العدد الثامن والستون، 1994.
- جابر شنشول جمالي- "تكنولوجيا الوقود"- دار الكتب للطباعة والنشر، رقم الإيداع للمكتبة الوطنية 1183، 1981.
- الجوراني، سعد - "تكنولوجيا الطاقة الشمسية" - دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، 1995.
- العزاوي، عبد الرسول حمودي - "الطاقة والمباني"، الطبعة الأولى، دار مجدلوي للنشر والتوزيع، عمان- الأردن، 1996.
- "قياسات الإشعاع الشمسي"، مركز بحوث الطاقة الشمسية، بغداد، 1994.
- الزبيدي، مها صباح - "الاستدامة البيئية في تشكيل التجمعات الإسكانية في العراق"- أطروحة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2006.
- الحمداني، نضال وآخرون، "وسائل ترشيد أستهلاك الطاقة"، مجلس البحث العلمي، مركز بحوث الطاقة الشمسية، تموز/ 1983.
- الربيعي، نور الدين؛ "الآفاق العلمية لإستثمار الطاقة الشمسية"، دار الشؤون الثقافية والنشر، بغداد، 1983.

معالجة انهيارية التربة الجبسية

Dr. Bushra S. Zbar Al-Busoda

Department of Civil Engineering University of Baghdad

TREATMENT OF COLLAPSIBILITY OF GYPSEOUS SOIL

ABSTRACT

A series of double odometer tests are conducted to study the compressibility and collapse of gypseous soil taken from west of Baghdad governorate. The gypsum content of the soil used is nearly 25%. Four different types of additives are selected to reduce the collapse strain of this soil. These additives are cement, bentonite, calicium chloride and silicagel. An adequate reducing in the compressibility and collapsibility was obtained especially when the cement is used.

الخلاصة

اجريت سلسلة من فحوص الأويدوميتر المزدوج لدراسة انضغاطية وانهيارية التربة الجبسية المأخوذة من منطقة غرب بغداد. تحتوي التربة المستخدمة على محتوى جبسي يقارب الـ 25%. اجريت محاولة لتحسين خواص هذه التربة باستخدام اربعة انواع من المضافات وهي الاسمنت وكلوريد الكالسيوم والبنطونايت والسليكا جل. بينت نتائج البحث حدوث نقصان في انضغاطية وانهيارية التربة الجبسية. بينت النتائج ان الاسمنت هو الأكثر فاعلية في تحسين خواص التربة.

المقدمة

تتوزع التربة الجبسية في مناطق عديدة من العراق والأقطار الاخرى وبذلك فمن الضروري دراسة خواص هذه التربة لما تسببه من تاثيرات خطيرة على المنشآت المؤسسة عليها أو فيها. نتيجة للتطور الكبير والتوسع الذي جرى في الحركة العمرانية في العقدين الماضيين ، فأن العديد من المشاريع الاستراتيجية مثل المنشآت الهيدروليكية والبنائيات الخدمية و الصناعية تم انجازها في مناطق تواجد التربة الجبسية . مشاكل الفشل التي حصلت في هذه المساحات الحاوية على نسبة عالية من الجبس تعزى الى تغلغل المياه الى تربة الاساس مما

يسبب ارخاء التربة وذوبان الجبس عند انسياب الماء داخلها. لذلك فأن وجود الجبس بنسبة عالية وفي مناطق كثيرة صعد من المشاكل الأنشائية في العراق (وخاصة انهيار المنشآت) .

حالات الانهيار في المنشآت:

هنالك العديد من الحالات المسجلة في مناطق مختلفة من العراق لانهيار او تصدع الابنية المقامة في مناطق التربة الجبسية. ففي سامراء تعرض فندق سامراء السياحي الى عيوب نتيجة غسل الجبس من تربة الأساس بسبب النضوح. في حين ان الذوبان المستمر للجبس في تربة الأساس لسد الموصل نتيجة لتغلغل الماء اليها جعل من هذا المنشأ البالغ الاهمية عرضة لانهيار مما دفع بالمهندسين الى حقن ارضية السد بالاسمنت لملأ الفراغات المتكونة نتيجة الغسل.

ومن الحالات الغريبة للفشل في التربة الجبسية هي انقلاب خزان مرتفع في مدينة كربلاء نتيجة الهبوط المستمر في الأسس بسبب تغلغل الماء إليها .

حالات مختلفة من التشققات والهبوط في جدران المنازل بالاحص تلك الواقعة قرب مصادر المياه والحمامات تم رصدها مثل انهيار أحد المنازل في حي الثورة في الموصل (1969) . اما في فندق تكريت السياحي فقد ادى انسياب الماء قرب أحواض السباحة الى غسل التربة التحتانية وبالتالي الإضرار بالمنشأ. مدينة الحبانية السياحية هي الاخرى عانت من حالات دمار وعيوب في المنشآت بسبب التربة الجبسية . (Nashat, 1990, Saaed and Khorshid , 1989)

الدراسات السابقة :

تمهيد :

تحتوي التربة في العراق على أنواع مختلفة من الأملاح في تركيبها , ولا شك بان الأملاح الأكثر خطورة هي الأملاح التي غالبا ماتكون سريعة الذوبان كالجبس .

من أكثر الأملاح انتشارا في الترب العراقية هو الجبس، حيث يوجد في مناطق مختلفة وبنسب متفاوتة تتراوح بين (1- 90) % (Alphen and Romero, 1971) .

ان وجود الاملاح الجبسية في التربة خلق العديد من المشاكل الإنشائية للمهندسين, ومن اهم هذه المشاكل:

- تآكل الخرسانة الملامسة لهذه التربة حيث يتفاعل أكسيد الكالسيوم الحر (CaO) في الخرسانة مع الكبريتات الذائبة في الماء مكونة الأترنجات (كبريتات الكالسيوم الألمنيوم) وهي مادة منتفخة (Horta, 1980).

- التغلغل المستمر للماء داخل التربة يؤدي الى حدوث اضرار وعيوب في المنشآت نتيجة الهبوط في تربة الأساس (Alphen and Romero, 1971) .

- الانتفاخ من المشاكل التي يسببها الجبس حيث يذوب في منطقة ويترسب ويتبلور في منطقة أخرى مما يسبب انتفاخ التربة .
- عند تعرض الجبس غير المائي (anhydrite gypsum) الى الماء فإنه يتحوله الى الجبس المائي ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) مع زيادة حجمية بسبب زيادة حجم المركب مما يؤدي الى حدوث الانتفاخ (James and Lupton, 1978) .

طرق المعالجة :

التربة الجبسية تربة قوية في حالتها الصلبة إلا إنها تفقد صلابتها وقوتها عند تعرضها إلى الماء مما يسبب تشوهات كبيرة وإنهيار نتيجة ضعف الأواصر التي تربط جزيئات التربة بفعل ذوبان الجبس الذي يعمل عمل المادة الرابطة . لذلك فإن البحث عن طريقة لمعالجة هذه التربة أصبح ضرورة لا بد منها. استخدمت بعض الدراسات السابقة المضافات الكيميائية لتحسين خواص هذه التربة مثل كلوريد الباريوم وكربونات الأمونيوم والاوكزالات مثل اوكزالات الامونيوم والبوتاسيوم. بينت نتائج هذه الدراسات درجة عالية من التحسن في تقليل معدل الذوبان وهذا يعود الى تحويل الجبس الى مادة معقدة أقل ذوبانية (Al-Zubaidy et. al. 1986). كما قام بعض الباحثين باستخدام النورة في تثبيت التربة الجبسية وبينت النتائج ان استخدام هذه المادة يحسن من مقاومة التربة (Al-Obydi, 1992) .

دراسة أخرى وجدت ان استخدام سليكات الصوديوم يقلل من ذوبان الجبس ويحسن من خواص التربة الجبسية ويقلل الأنهيار والنفاذية (Abood, 1994) .

تأثير الماء على تصرف التربة الجبسية المسلحة تحت الاسس الضحلة قد تناولته دراسة أخرى, بينت الدراسة بان درجة التحسن بمقاومة القص تزداد مع تناقص المسافات الأفقية بين مواد التسليح (Auda, 1996). كما ان استخدام كلوريد الكالسيوم المائي في معالجة التربة الجبسية يحسن من خواص الغسل والأنضغاط لدرجة كبيرة فيما لا يكون هناك تأثير يذكر على مقاومة القص , (Al-Busoda , 1999) (Al-Dulaimi, 2004).

على أية حال, يمكن استخدام العديد من الطرق في الحقل لتقليل المشاكل الناتجة عن التربة الجبسية كاستبدال التربة واستخدام عامل أمان كبير وحقق التربة بالأسمنت أو الأسمنت والطين واستخدام الأسس الحصىرية بدلا من الأسس المستمرة اما اذا كانت طبقة التربة الجبسية ضحلة فيفضل استبدالها أو إنشاء الأسس على الطبقة التي تحتها ويمكن عزل أنابيب المياه عن البناية لابعاد خطر تسرب المياه اليها (Razouki, 1998) , ايضا يمكن تبليط الطرق حول المنشآت وإنشاء الحوائط بعيدا عن المنشآت بمسافة آمنة وفي بعض الاحيان قد يتم اللجوء الى اكثر من طريقة في الوقت نفسه ويبقى العامل الاقتصادي هو المتحكم في اختيار طريقة المعالجة.

الفحوص المختبرية :

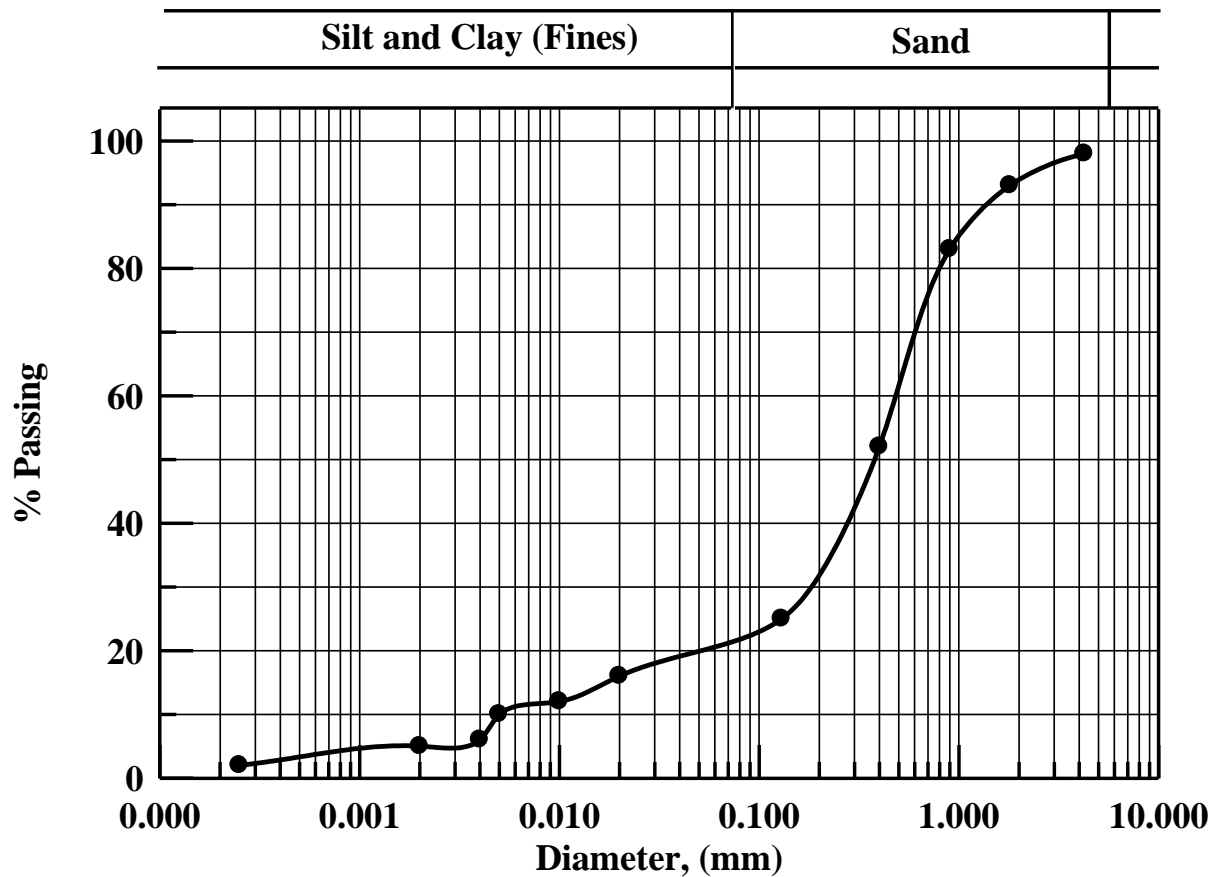
فحوص التصنيف :

الشكل 1 يبين منحنى التوزيع الحبيبي للتربة والذي تم تحديده باستخدام التحليل المنخلي وفحص الهيدروميتر وفقا للمواصفة الامريكية (ASTM-D422-79). استخدم الكحول الابيض (white spirit) بدلا عن الماء وذلك لمنع ذوبان الجبس.

حدود القوام للتربة (حد السيولة وحد اللدونة ومؤشر اللدونة) تم تحديدها بموجب المواصفة البريطانية (BS1377,1975) استخدمت طريقة اختراق المخروط في تحديد حد السيولة للتربة. الوزن النوعي للتربة حدد وفقا للمواصفة البريطانية (BS1377,1975) حيث تم استخدام الكحول الابيض (white spirit) بدلا من الماء لاحتساب الوزن النوعي (Head, 1980). من ناحية اخرى فإن الفحوص الكيميائية تم اجرائها بمساعدة المركز الوطني للمختبرات الانشائية. **الجدول 1** يوضح نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

الجدول 1: نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية للتربة

الوزن النوعي, Gs	حد السيولة, %	حد اللدونة, %	مؤشر اللدونة, %	محتوى الكبريتات, %	محتوى الجبس, %	المواد العضوية, %
2.42	25	–	N.P	11.54	25.01	1.36



الشكل 1 : منحنى التوزيع الحبيبي للتربة

فحوص الاويدوميتر :

سلسلة من فحوص الاويدوميتر اجريت باستخدام جهاز الاويدوميتر ذو التحميل الامامي (front loading oedometer) حجم النموذج المستخدم هو (75) ملم قطرا و (19) ملم ارتفاعا. نفذت هذه الفحوص على نماذج من التربة بحالتها الطبيعية واخرى معالجة بنسبة 3% (نسبة وزنية) من المواد التالية:

- الاسمنت
- كلوريد الكالسيوم
- البنتونايت
- السليكا جل

تم تحضير نموذجين بنفس الكثافة (1.7غم/سم³) لكل حالة, النموذج الاول تم تحميله بدون غمر بالماء في حين ان النموذج الثاني تم غمره لمدة 24 ساعة قبل البدء بعملية التحميل, علما ان جميع هذه الفحوص نفذت بنسبة زيادة في الحمل (Load Increment Ratio LIR) مقدارها واحد, وفترة مضاعفة الحمل (Load Increment Duration LID) تساوي واحد.

النتائج والمناقشةفحوص التصنيف :

بالاعتماد على نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية ووفقا لنظام التصنيف الموحد للتربة فأن التربة يمكن ان تصنف على انها رمل غريني (SM) غير لدنة نسبة الجبس فيها بلغت 25 % تقريبا.

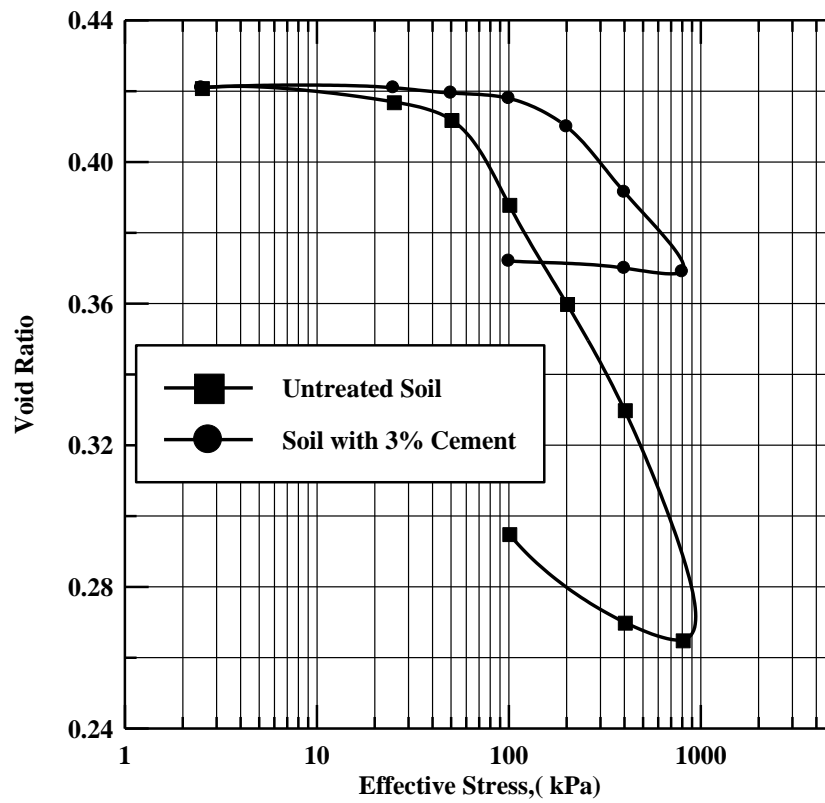
فحوص الاويدوميتتر:فحوص الانضمام

الجدول 2 والاشكال 2 الى 5 تبين نتائج فحوص الانضمام لنماذج من التربة المحضرة بكثافة (1.7غم/سم³) وبنسبة فراغات اولية (0.421). فقد اجريت هذه الفحوص على نماذج من التربة الطبيعية واخرى معالجة بنسبة (3 %) من المضافات.

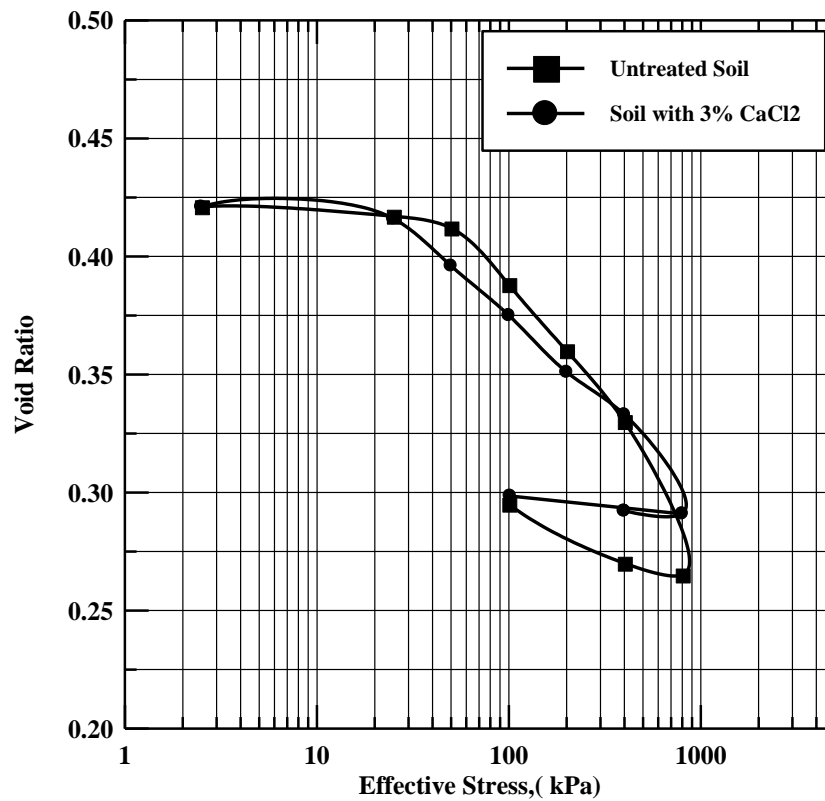
يتبين من نتائج هذه الفحوص ان هنالك تحسن ملحوظ في معاملات الانضغاط للتربة الجبسية عند معالجتها بالمضافات وبنسب متفاوتة، فقد اظهر الاسمنت كفاءة عالية في تقليل هبوط التربة يليه مادة البنتونايت، في حين ادى استخدام السليكا جل الى تحسن طفيف في انضغاطية التربة.

الجدول 2 : نتائج فحوص الانضمام

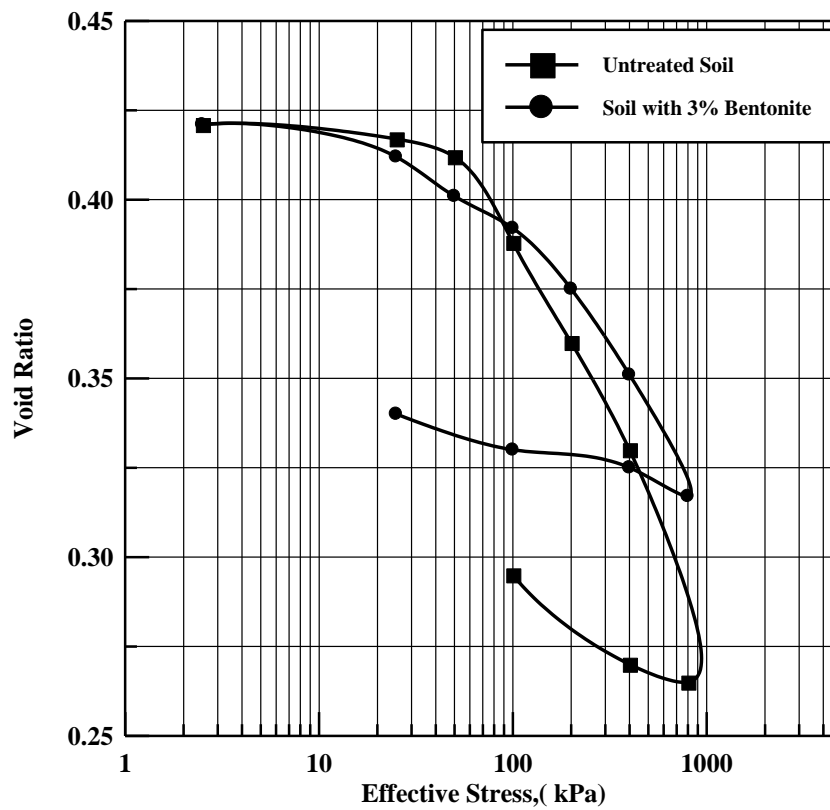
حالة التربة	الكثافة , (غم/سم ³)	نسبة الفراغات الاولية, (e _o)	معامل الانضغاط, C _c	معامل الانتفاخ, C _s
التربة الطبيعية	1.7	0.421	0.209	0.0332
تربة معالجة بالاسمنت (3%)			0.073	0.00332
تربة معالجة بكلوريد الكالسيوم (3 %)			0.133	0.0089
تربة معالجة بالبنتونايت (3%)			0.11	0.011
تربة معالجة بالسليكا جل (3%)			0.193	0.0199



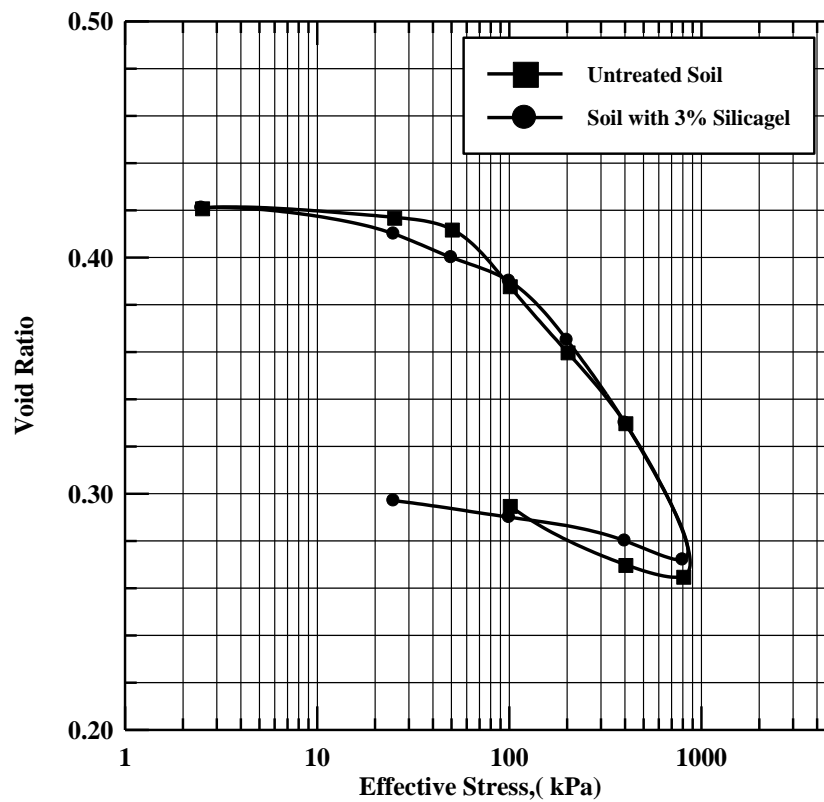
الشكل 2 : فحص الانضغاط لتربة طبيعية واخرى معالجة بالاسمنت



الشكل 3 : فحص الانضغاط لتربة طبيعية واخرى معالجة بكلوريد الكالسيوم

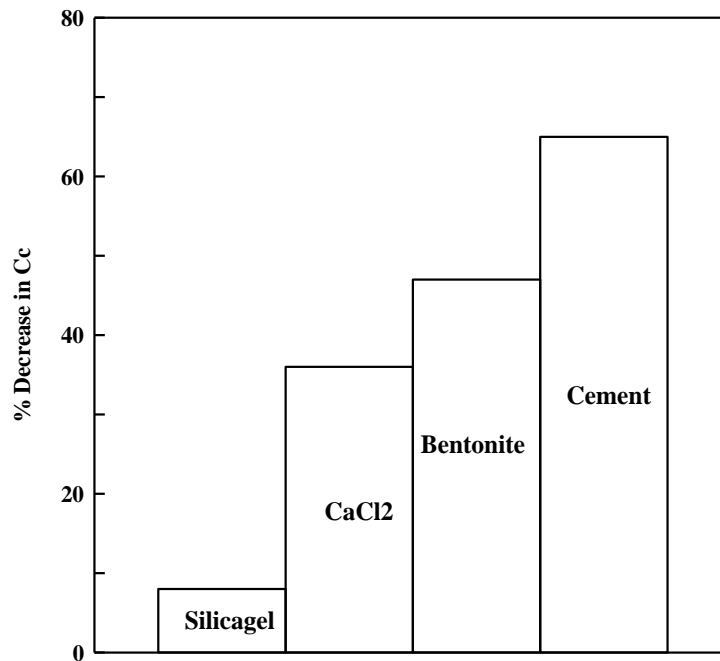


الشكل 4 : فحص الانضغاط لتربة طبيعية واخرى معالجة بالبنتونايت

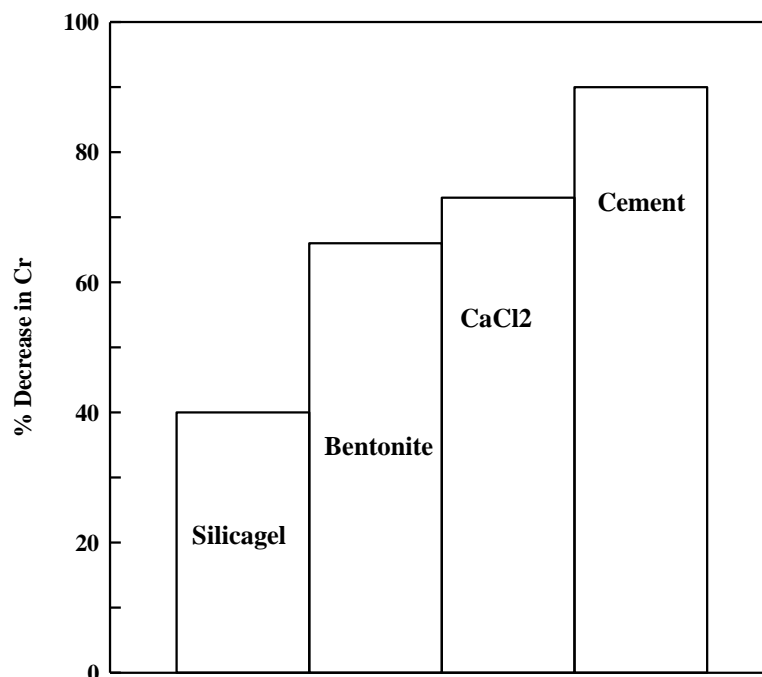


الشكل 5 : فحص الانضغاط لتربة طبيعية واخرى معالجة بالسليكا جل

الشكل 6 و 7 يوضح مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_c) والانتفاخ (C_s) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات. يتبين من هذا الشكل ان الاسمنت هو الاكفى في تقليل معاملات الهبوط للتربة الجبسية, فقد ادى استخدام 3% من الاسمنت الى تقليل معاملي الانضغاط والانتفاخ بنسبة 65% و 90% على الترتيب. من ناحية اخرى فان اضافة 3% من مادة كلوريد الكالسيوم الى التربة ساهم في خفض معامل الانتفاخ للتربة بنسبة 73% , كما انخفضت قيمة معامل الانضغاط بنسبة 47% عند معالجتها بمادة البنتونايت.



الشكل 6 : مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_c) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات

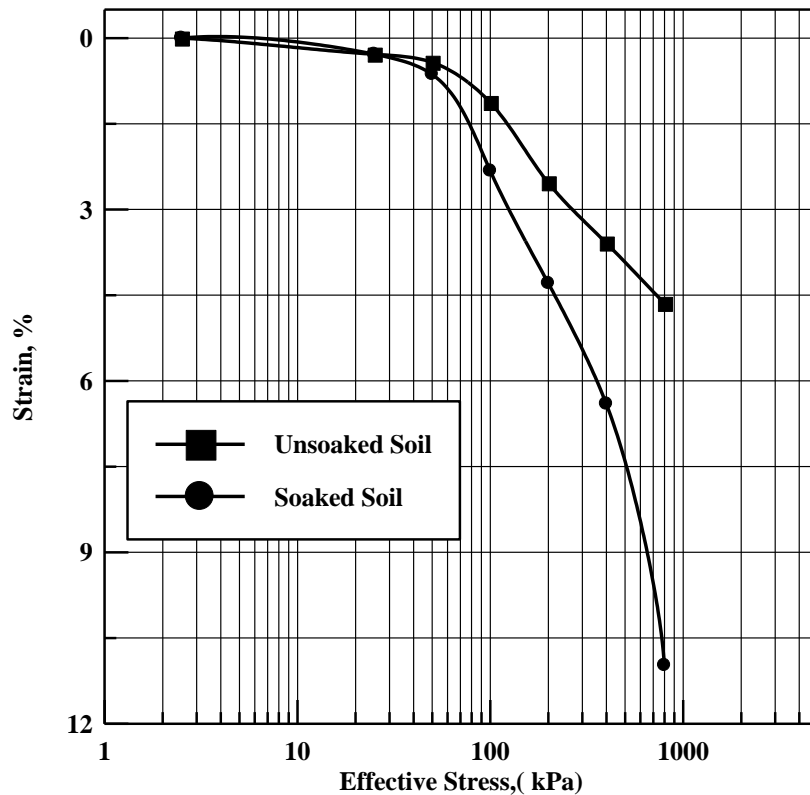


الشكل 7 : مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_r) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات

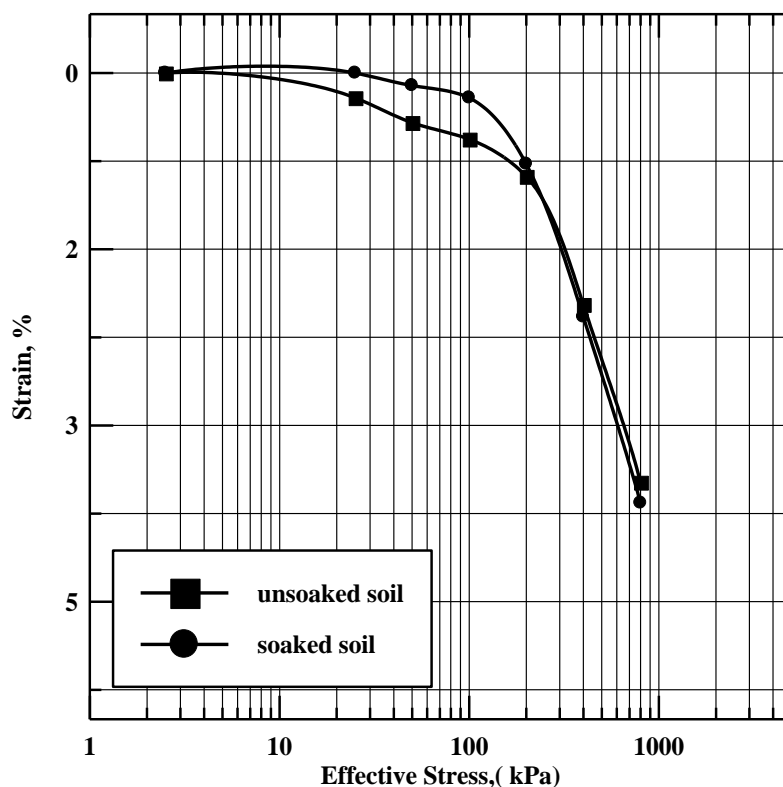
فحوص الانهيار

توضح الاشكال 8 الى 12 نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) التي اجريت على نماذج من التربة الطبيعية واخرى معالجة بنسبة 3% من المضافات. يتضح من خلال النتائج ان اضافة 3% من الاسمنت او كلوريد الكالسيوم او السليكا جل او البنتونايت الى التربة الجبسية يجعلها اقل تائرا بالغمر, فهناك فرق قليل ومتفاوت بين منحنى الانضغاط للتربة المغمورة وغير المغمورة. كما يظهر من هذه النتائج ان الهبوط للتربة المعالجة بالاسمنت والمغمورة بالماء اقل منه للتربة المعالجة وغير مغمورة الى ان يصل اجهاد الغمر (200 كيلوباسكال) حيث يساوى الهبوط للحالتين المذكورتين. وهذا قد يعزى الى زيادة صلابة التربة بسبب بدأ تفاعل الاسمنت وانضاجه (curing) عند الغمر.

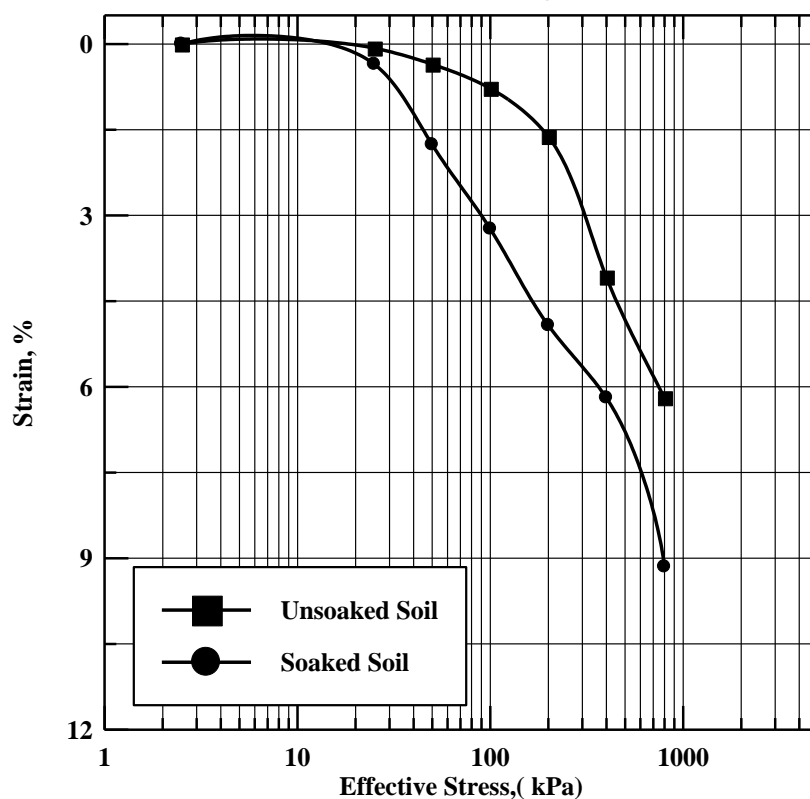
الشكل 13 يبين العلاقة بين اجهاد الغمر وقابلية الانهيار (Collapse Potential) للتربة الطبيعية والمعالجة بالمضافات المذكورة. يتضح ان قابلية الانهيار للتربة المعالجة قد انخفضت بشكل واضح وبنسب متفاوتة ولجميع المضافات، فقد اظهر الاسمنت كفاءة عالية في تقليل قابلية الانهيار للتربة. من ناحية اخرى فان مادة كلوريد الكالسيوم وعلى الرغم من كفاءتها في تقليل معاملات الانضغاط فقد اظهرت اقل كفاءة في معالجة الانهيار.



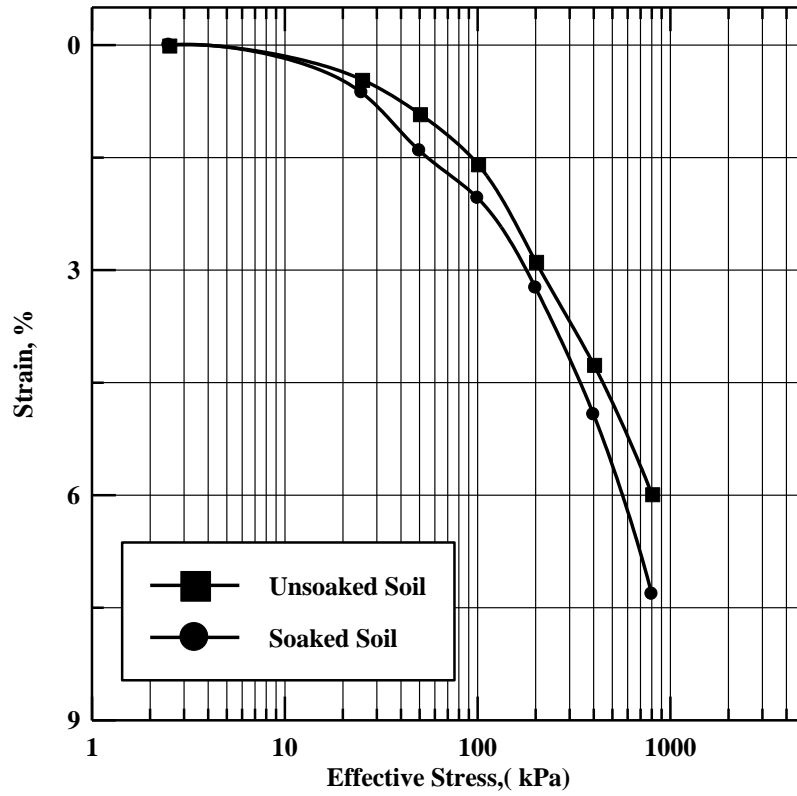
الشكل 8 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة الطبيعية



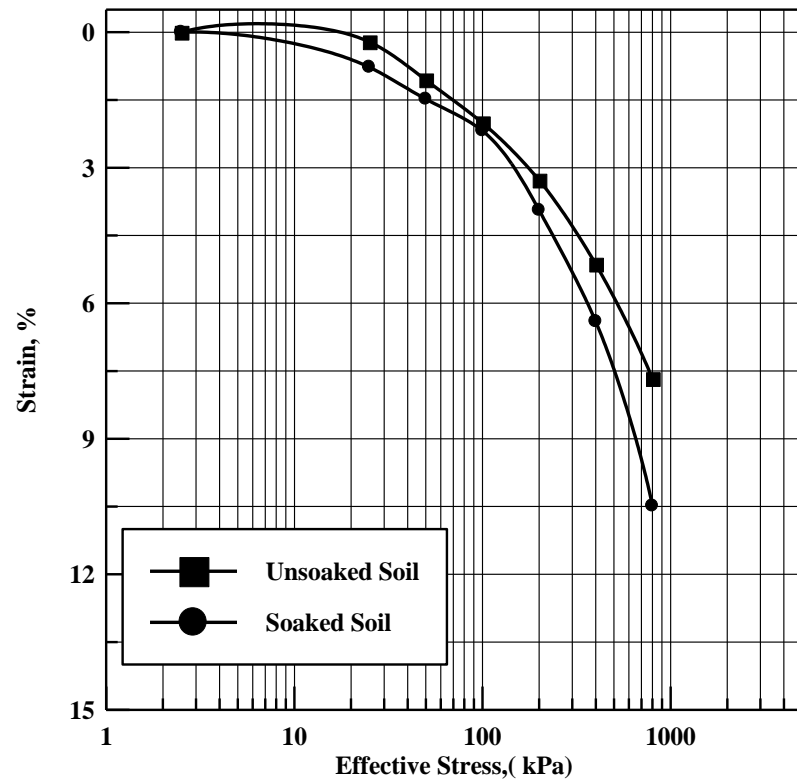
الشكل 9 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة المعالجة بالاسمنت



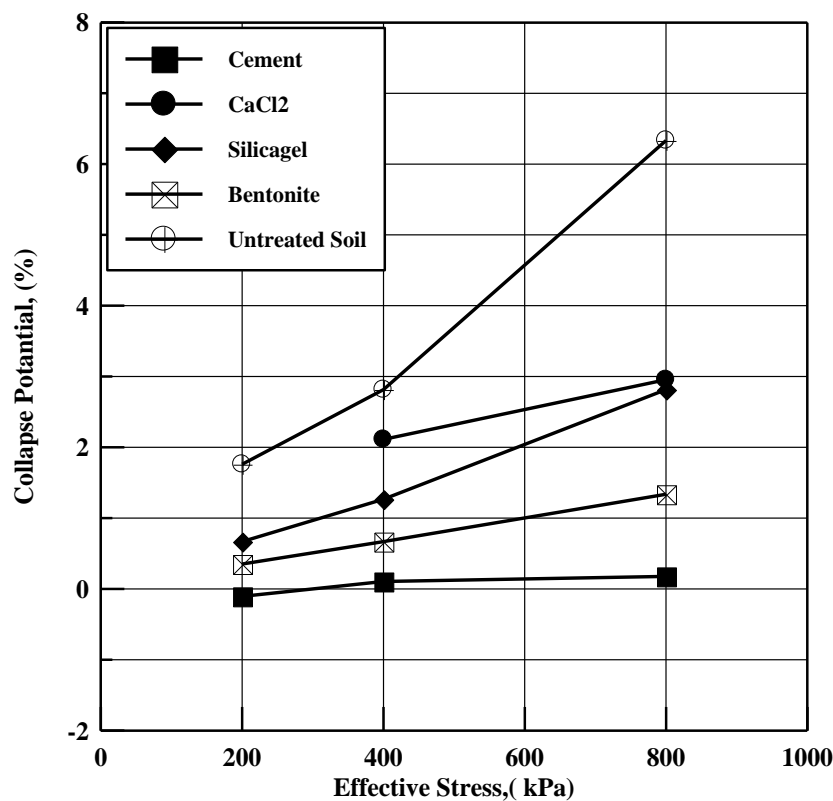
الشكل 10: نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة المعالجة بكلوريد الكالسيوم



الشكل 11 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة المعالجة بالبنتونايت



الشكل 12 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة المعالجة بالسليكا جل



الشكل 13: يبين العلاقة بين اجهاد الغمر وقابلية الانهيار (Collapse Potential) للتربة الطبيعية والمعالجة بالمضافات

الاستنتاجات

تناول هذا البحث تاثير اضافة 3% من (الاسمنت او كلوريد الكالسيوم او البنتونايت او السليكا جل) على خصائص الانضغاط والانهيار للتربة الحاوية على 25% من الجبس وقد تم التوصل الى النتائج التالية:

* هنالك تحسن ملحوظ في انضغاطية التربة الجبسية المعالجة بالمضافات المذكورة، فقد انخفض معامل الانضغاط والانتفاخ للتربة المعالجة بالاسمنت بنسبة 65% و 90% على الترتيب، وانخفض معامل الانضغاط بنسبة 47% عند معالجة التربة بالبنتونايت، كما انخفض معامل الانتفاخ بنسبة 73% عند استخدام كلوريد الكالسيوم .

* يقل تاثير الغمر على التربة عند معالجتها باي من المضافات المذكورة.

* تقل قابلية الانهيار للتربة عند معالجتها باي من المضافات المذكورة وبنسبة تحسن متفاوتة بلغت اعلى قيمة لها عند استخدام الاسمنت واقل قيمة لها عند استخدام كلوريد الكالسيوم.

REFERENCES

- * Abood, M. K., (1994), "Treatment of Gypseous Soils with Sodume Silicate" M.Sc. Thesis, Building and Construction Department, University of Technology.

- * Albusoda, B., S., (1999), " Studies On the Behaviour of Gypseous Soil and its Treatment During Loading " M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.
- * Al-Dulaimi, N., S., (2004) " Characteristics of gypseous Soils Treated with Calcium Chloride Solution " M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.
- * Al-Obydi, M., A., (1992) " Lime Stabilization of Gypseous Soils" M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Musul.
- * Alphon, J., G., V., and Romero, F., D., E., (1971) " Gypsiferous Soil" Bulliten-21, Int. Inst. For Land Reclamation and Improvement, Wegeningen, Holland.
- * Al-Zobaidy, A., Brikari, M. S., and Yunan, T., F., (1986) " Treatment of Dissolution Problem of Gypseous Soils by Using some Chemical Substances" Symposium on Gypseous Soils and it Effect on Structure and Agriculture, 4-6 Nov. Baghdad.
- * Auda, M., A., (1996) "Effect of Water on the Behaviour of Reinforced Gypseous Soils under Shallow Foundations", M.Sc. Thesis, Building and Construction Department, University of Technology.
- * Head, K., H., (1980) "Manual of Soil Laboratory Testing " Vol. 1, Prentch. Press, London.
- * Horta, G., c., (1980) "Calcrete , Gypcrete, and Soil Classification in Algeria" , Engineering Geology, Vol.15, No.1, Pp: 15-52
- * James, A., N., and Lupton, A., R., (1978) "Gypsum and Anhydrite in Foundation Hydraulic Structures", Geotechnique , Vol.28 No.3.
- * Nashat, I., H., (1990), "Engineering Characteristics of Some Gypseous Soil in Iraq" Ph.D. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.
- * Razouki, S., S., (1998) " Some Solutions to the Problems of Gypsiferous Soils " Symposium on the Problems of Gypseous Soils in Iraqi Engineers Union, Baghdad.
- * Saaed, S., A., and Khorshid, N., N., (1989) "Some Estimation Characteristics of the Gypseous Soils of Al-Dour Area" Proc. of the 5th Scientific Conference, Vol. 4, Part 2, Scientific Research Council, Baghdad.

تقويم الجريان غير المشبع للبزل الحر تحت الظروف الحقلية لتربة مزيج طينية غرينية: ألتنبأ
عن الأيصالبة المائية غير المشبعة ومقدات المحتوى المائي

أفراح مهدي صالح

سلوم برغوث سالم

ABSTRACT

Since no in situ studies exist for determining unsaturated hydraulic characteristics of Iraqi soils during internal drainage under no evaporation conditions, a field study was conducted on a silty clay loam soil to determine unsaturated hydraulic conductivity using the Instantaneous Profile Method (IPM) and to solve the one dimensional flow equation under gravity flow theory for obtaining easier method to predicting unsaturated hydraulic conductivity and water content profiles. An 8m × 8m field plot was flooded for forty days and then covered to prevent evaporation from soil surface. Gravimetric samples were augured during 90 days of drainage following flooding as a function of depth. Soil water potentials was estimated from fitting a functional relation to laboratory measured water content and matric potential relations for the studied soil horizons. Unsaturated hydraulic conductivity was calculated according to Darcian flow theory. Unit gradient theory was used to obtain an analytical solutions for the general flow equation according to Lax-Sisson method by utilizing three explicit $K(\theta)$ functions. Unsaturated conductivity values for the studied layers ranged from 1.0964 to 15.2389 cm.d^{-1} and from 0.00001 to 0.0004 cm.d^{-1} after 0.025d and 88.75 d of drainage respectively. A 1:1 relationship between measured and predicted conductivities revealed highly significant r-squared values of 0.918, 0.933, and 0.927 for the three functions respectively. Predicted conductivity values were higher by factors 1.378, 1.418, and 1.296 for the three equations respectively. Same amount of water was drained from studied depths during drainage cycle which resulted in parallel water content profiles. Except at the early drainage time, predicted water contents profile with Lax-Sisson's method matched satisfactorily measured water content profiles. Also 1:1 relationship of zero-intercept between measured and predicted water content values during drainage period produced high r-squared values of 0.960, 0.935, and 0.918 for the three functions respectively. Predicted water content values were higher by a factor 1.008, 1.011, and 1.043 than measured values for the three functions respectively. Results of this study showed that the Lax-Sisson's method was accurate in predicting unsaturated hydraulic conductivity and water content profiles under theory Of gravity drainage flow.

المستخلص

نظراً لانعدام الدراسات الميدانية لتحديد الخصائص المائية غير المشبعة للتربة العراقية بطريقة مقد التربة الآني Instantaneous Profile Method (IPM) أثناء حصول البزل الداخلي تحت ظروف انعدام التبخر تم اجراء دراسة حقلية لتحديد الايصالية المائية غير المشبعة بطريقة IPM تحت الظروف الحقلية لترية مزيجة طينية غرينية وحل المعادلة العامة للجريان باتجاه واحد تحت نظرية جهد الجذب الارضي للوصول الى طريقة اسهل للتنبؤ عن الايصالية المائية غير المشبعة ومقدات التوزيع الرطوبي. عُمر لوح حقلي ابعاده 8م × 8م بالماء لفترة اربعين يوماً، بعدها غطي اللوح لمنع التبخر من سطح التربة و اخذت نماذج وزنية لقياس المحتوى المائي كدالة الى عمق التربة طيلة فترة 90 يوماً من البزل وقدر الجهد المائي من مطابقة دالة لبيانات محتوى وجهد ماء التربة التي تم قياسها في المختبر للأفاق المختلفة لترية الدراسة. حسبت الأيصالية المائية حسب نظرية الجريان الدارسي (13). كما أستخدمت نظرية وحدة الانحدار في الجهد لحل المعادلة العامة للجريان تحليليا حسب طريقة Lax - Sisson. بأعتماد ثلاثة دوال توصف الأيصالية المائية على انها دالة الى المحتوى المائي فقط. تراوحت قيم الأيصالية المائية المقاسة للطبقات المدروسة في مقد التربة بين 1.0964 - 15.2389 سم/يوم¹ بعد مرور 0.025 يوم من بداية البزل و 0.0001-0.0004 سم/يوم¹ بعد مرور 88.78 يوم من بداية البزل. أعطت علاقة 1:1 بين الأيصالية المائية المقاسة والمتنبأ عنها باستخدام الدوال الثلاثة عوامل ارتباط بلغت 0.918، 0.933، 0.927 حسب الترتيب ولكن كانت قيم الأيصالية المائية المتنبأ عنها اعلى من قيمها المحسوبة بمعاملات بلغت 1.378، 1.418، 1.296 للدوال الثلاثة حسب الترتيب. فقدت الأعماق المختلفة كميات متساوية من الماء خلال فترة البزل مما اعطى مقدرات رطوبة متوازية وفيما عدا فترة البزل المبكرة فقد تطابقت مقدرات الرطوبة المقاسة والمتنبأ عنها بطريقة Lax-Sisson. من جانب آخر اعطت دالة الخط المستقيم 1:1 ذات المقطع صفر بين المحتوى المائي المتنبأ عنه والمحتوى المائي المقاس عوامل ارتباط بلغت 0.960، 0.935، 0.918 للدوال الثلاثة حسب الترتيب، كما بلغت قيم عوامل ميل الانحدار لنفس الدالة 0.96632، 1.00002، 1.014743 للدوال الثلاثة حسب الترتيب. بينت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة دقة طريقة Lax-Sisson للتنبأ عن الأيصالية المائية غير المشبعة والمقدات المائية تحت نظرية البزل الحر.

المقدمة

لتحديد الايصالية المائية في المنطقة غير المشبعة لمقد التربة، التي تعرف بـ Vadose Zone، والتي تعلو مستوى ماء ارضي مستقر اهمية كبيرة في تصميم انظمة الري وادارته (14، 28، 12) وصيانة التربة واستعمالات الاراضي (26، 27) وامكانية تلوث مصادر الماء السطحي والماء الارضي وحركة المغذيات (33). ان اهمية توزيع الماء في هذه المنطقة كدالة للزمن لا تنبع فقط من دور الماء كمكون اساس لجميع الكائنات الحية بل ايضاً يعتبر الوسيلة الاساسية التي يتم من خلالها نقل المغذيات خلال التربة. الدراسات الميدانية لتحديد او تقدير او التنبؤ عن حركة ومصدر الماء في المنطقة غير المشبعة ودراسة مشاريع الري والصرف واستثمار الموارد المائية تعنى بالاهتمام اللازم من قبل المعنيين في الاختصاصات الزراعية والهندسية، وتعتمد اعتماداً رئيسياً على صفات التربة الفيزيائية ولا سيما تلك المتعلقة بجريان الماء. في حالة الجريان غير المشبع، يعد تحديد الايصالية المائية صفة اساسية هيدروليكية في معادلات Richards, Buckingham Darcy, Darcy لجريان الماء في التربة. ان الايصالية المائية تعكس قدرة الموقع على التخلص من المياه الزائدة سواء للأغراض الزراعية كما في حالة البزل (19، 31) او للأغراض المدنية كمشاريع تقويم المخاطر البيئية، فمثلا ان تحليل وقت الانتقال (travel time analysis) يكون مطلوباً في الدراسات لتحديد صلاحية الموقع لخزن النفايات السامة، ففي حالة التسرب فان سلوك المحلول المتدفق قد يصل بعد حين الى مصادر المياه الجوفية مسبباً خطراً حقيقياً على الإنسان (2، 20، 33). لذا لابد من تقويم تقديرات التدفق العميق لغرض السيطرة على المخاطر قبل حدوثها. لقد حددت US Regulatory Commission اسس اختيار الموقع ومنها ان لايتسبب زمن الانتقال

في حدوث تلوث في فترة تقل عن 1000 سنة (2). تشمل الاجهزة المستخدمة في قياس التدفق في الطبقة السطحية (0-2م) اللايسيمتر الحوضي (14)، مقاييس التدفق للمنطقة غير المشبعة (10)، لايسيمترات الشد، tension lysimeters (7)، إضافة الى اسلوب دارسي الذي يتم فيه قياس المحتوى المائي او الجهد المائي لتقدير التدفق من ربط البيانات المقاسة مع بيانات منحني الوصف الرطوبي للتربة لحساب الايصالية المائية غير المشبعة (13).

يطلق مصطلح الايصالية المائية على نسبة سرعة التدفق الى الانحدار الهيدروليكي اثناء جريان الماء في مقد التربة بصورة عمودية عند درجة حرارة قياسية، وتعد هذه الخاصية مهمة في تصاميم أنظمة الري وادارة عملياته وتقويم كفاءته (3،4،5). تعد القياسات الموقعية (in situ measurements) للخصائص المائية هي المفضلة عن القياسات المختبرية لانها تمثل الحالة الطبيعية للحقل. ومن أهم الطرق التي استخدمت لدراسة الخصائص المائية هي طريقة مقد التربة الآني Instantaneous Profile Method (IPM) حسب نظرية Rose وآخرين (23). تستند هذه الطريقة الى حل المعادلة العامة للجريان باتجاه واحد. تعد طريقة IPM من افضل الطرق لتحديد الايصالية المائية غير المشبعة للتربة الحقلية (15، 29). يعتمد نجاح استخدام النماذج الرياضية للتنبؤ عن حركة الماء في المنطقة غير المشبعة اساساً على توفر البيانات الدقيقة التي تصف العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والشد الرطوبي. ان نمذجة انتقال الماء والمواد المذابة به في المنطقة غير المشبعة قد حصل على كثير من الاهتمام خلال الأربعة عقود الماضية. هذا ونظراً لأهمية نظرية وحدة الانحدار في الجهد المائي في تقدير الايصالية المائية غير المشبعة، حيث تحقق في العديد من الدراسات الحقلية والمختبرية مبدأ هذه النظرية لوصف الخصائص المائية اثناء حصول البزل (1، 24، 18، 9، 35). استخدمت دوال تصف الايصالية المائية على انها دالة للمحتوى المائي فقط وأجريت الحلول التحليلية لهذه الدوال حسب طريقة Lax (16) لتقدير عوامل هذه الدوال. تم تقويم نتائج خصائص الايصالية المتنبأ عنها باستخدام نظرية وحدة الانحدار بمقارنتها مع نتائج طريقة IPM. تعد طريقة مقد التربة الآني Instantaneous Profile Method (IPM) من افضل الطرق المستخدمة لتحديد الايصالية المائية غير المشبعة للتربة الحقلية تحت ظروف انعدام التبخر من سطح التربة الا انها مكلفة ومستهلكة للوقت، في حين تحقق في الكثير من الدراسات الحقلية استخدام نظرية وحدة الانحدار في الجهد المائي كطريقة اقل كلفة وأقصر تنفيذاً لتقدير أو التنبأ عن البزل الحر تحت ظروف انعدام التبخر. تهدف هذه الدراسة الى تحديد الخصائص المائية غير المشبعة لتربة مزيج طينية غرينية بطريقة مقد التربة الآني اثناء حصول البزل تحت ظروف انعدام التبخر وحل المعادلة العامة للجريان باتجاه واحد تحت نظرية جهد الجذب الارضي للوصول الى طريقة اسهل للتنبؤ عن الايصالية المائية غير المشبعة ومقدات التوزيع الرطوبي.

الأساس النظري

اعتمد قانون دارسي كأساس نظري لقياس الخصائص المائية غير المشبعة تحت ظروف الحقل. تتطلب هذه النظرية قياس التغير في المحتوى المائي والجهد المائي كدالة للزمن وعمق التربة بحصول التبخر من سطح التربة (25، 40)، او بانعدام التبخر من سطح التربة خاصة اثناء البزل الداخلي (13). عند غمر سطح التربة بالماء لفترة كافية وتغطيته لمنع التبخر فان المحتوى المائي يمكن قياسه عند أعماق محددة (discrete depths). ان عمق الماء المخزون في مقد التربة عند اي زمن قياس يعطى بالمعادلة التالية (30):

$$w(z,t) = \int_0^z \theta(z,t) dz \quad \dots\dots\dots (1)$$

حيث ان w : عمق الماء المخزون (لعمق من سطح التربة $z = 0$ الى عمق محدد z)، θ : المحتوى المائي الحجمي، t الزمن . استخدم Libardi وآخرون (17) المعادلة (1) لحساب w لترب متجانسة. اما في حالة

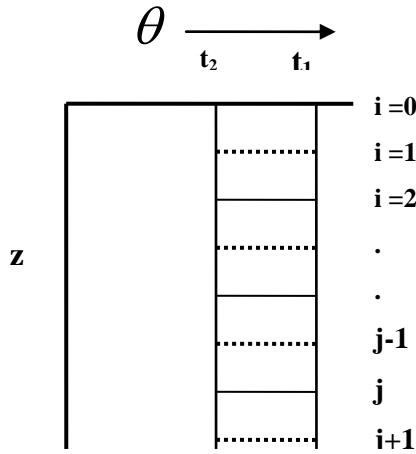
الترب غير المتجانسة (Layered Field Soils) فلا بد من الاخذ بنظر الاعتبار التغيرات في المحتوى المائي مع عمق الترب. اشارة الى الشكل (1) عند قياس المحتوى المائي كدالة للزمن بعد بداية البزل فان عمق الماء المخزون في مقد التربة من سطح التربة $z = 0$ الى العمق z_{j-1} يعطى بالمعادلة التالية :

$$w_1(z_i, t) \Big|_{i=0}^{j-1} = \sum_{i=0}^{j-1} \int_{z_i}^{z_{i+1}} \theta dz_i \dots\dots\dots (2)$$

اما عمق الماء المخزون في الطبقة المحصورة بين المستويين $j-1$ و $j+1$ فيعطى بالمعادلة التالية :

$$w_2(z_i, t) = \sum_{i=j-1}^{j+1} \int_{z_i}^{z_{i+1}} \theta dz_i \dots\dots\dots (3)$$

حيث ان i هو مؤشر يخضع للظروف الحدودية $j \geq i$ و j هو عداد للمؤشر i ، dz_i العمق بين حدي التكامل z_i ، z_{i+1} ، θ هو المحتوى المائي الحجمي للطبقة المحصورة بين حدي التكامل. في حالة انعدام التبخر و اشارة الى الشكل رقم (1) فان المعدل الزمني للتغير في عمق الماء المخزون في مقد التربة اعلى الطبقة المحصورة بين المستويين $j-1$ و $j+1$ يعطى بالمعادلة التالية:



شكل 1: مخطط يوضح الأساس النظري لحساب التدفق لطبقة تربة بطريقة المقد الآني.

$$q_1 = \frac{w_1 \Big|_{t_1} - w_1 \Big|_{t_2}}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots (4)$$

اما المعدل الزمني للتغير في عمق الماء المخزون لهذه الطبقة فيعطى بالمعادلة:

$$q_2 = \frac{w_2|_{t_1} - w_2|_{t_2}}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(5)$$

اشار Stone وآخرون(32) الى ان معدل التدفق \bar{q} (لطبقة تربة يكون مساويا الى التغير في عمق الماء المخزون مع الزمن لمقد التربة اعلى الطبقة مضافا اليه نصف مقدار التغير في عمق الماء المخزون في الطبقة خلال الفترة الزمنية من t_1 الى t_2 ، أي ان:

$$\bar{q} = q_1 + \frac{1}{2} q_2 \dots\dots\dots(6)$$

لحساب الايصالية المائية غير المشبعة لابد من حساب الانحدار في الجهد المائي لطبقة التربة. حُسب معدل الانحدار في الجهد المائي بعد الحصول على العوامل $\alpha, n, m, \theta_s, \theta_r$ لمعادلة van Genuchten(37) التالية التي تم مطابقتها للعلاقة بين المحتوى المائي والجهد المائي Ψ التي تم الحصول عليها في المختبر؛

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha\Psi)^n]^m} \dots\dots\dots(7)$$

حيث أن α, n, m هما عوامل (parameters) وان θ_s, θ_r هما عاملا مطابقة ايضا (fitting parameters). يمكن كتابة المعادلة العامة للجريان(30) المستخدمة للتنبؤ عن حركة الماء بالأتجاه العمودي كما يلي:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z} \cdot K_z(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial Z} \dots\dots\dots(8)$$

حيث ان $\theta = \theta(Z, t)$ هي المحتوى المائي الحجمي كدالة للزمن وعمق التربة، K الايصالية المائية، ψ الجهد الكلي، t الزمن. لقد وجد الكثير من الباحثين ان قيمة $\frac{\partial \psi}{\partial Z}$ تقترب من (1) اثناء فترة البزل بعد تغطية سطح التربة لمنع التبخر(5، 30، 24، 1) وعليه تصبح المعادلة (8):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{\partial K}{\partial Z} \dots\dots\dots(9)$$

توصل Sisson وآخرون(30) الى حل المعادلة (9) تحليليا ووجدوا ان ميل العلاقة بين الأيصالية المائية والمحتوى المائي يكون مساويا الى النسبة بين عمق التربة اعلى جبهة التجفيف (desorption front) والزمن بعد بداية عملية البزل أي أن:

$$\frac{dK}{d\theta} = \frac{z}{t} \dots\dots\dots(10)$$

يتضح من المعادلة (10) ان ميل الدالة $\left(\frac{dK}{d\theta}\right)$ التي تربط العلاقة بين k و θ يكون مساويا الى النسبة $\frac{z}{t}$. أن المقدار $\frac{z}{t}$ سهل التحديد عندما يتم قياس المحتوى المائي كدالة الى الزمن وعمق التربة. تم اختيار ثلاثة دوال $K(\theta)$ تصف الايصالية المائية على انها دالة الى المحتوى المائي (39، 9، 6) وهذه الدوال هي:

$$K(\theta) = K_m \left(\frac{\theta}{\theta_m} \right)^{1/\beta} \quad \text{Watson, (1967)(11)}$$

$$K(\theta) = K_m \exp \alpha(\theta - \theta_m) \quad \text{Davidson et al., (1969)(12)}$$

$$k(\theta) = k_m \left[\frac{\theta - \theta_r}{\theta_m - \theta_r} \right]^{1/n} \quad \text{Brooks and Corey, (1964)(13)}$$

حيث ان θ هي المحتوى المائي الحجمي ، θ_m هي المحتوى المائي بعد غمر التربة بالماء لحين الوصول الى حالة الأتزان وهي عدم حصول تغير في المحتوى المائي أو الجهد الهيكلي (matric potential)، θ_r هي المحتوى المائي المتبقي، α, β, n عوامل و k_m هي الأيصالية المائية عندما تكون $\theta = \theta_m$. استخدمت خوارزمية Lax-Sisson للحصول على عوامل الدوال الثلاثة والنتبأ عن الأيصالية المائية والمحتوى المائي خلال فترة البزل. بين Sisson وآخرون (30) ان خوارزمية Lax تتلخص بالخطوات الثلاث التالية.

1. Differentiate a chosen $k(\theta)$ with respect to θ obtaining $dk/d\theta$.
2. Replace the resulting $dk/d\theta$ with z/t .
3. Solve the resulting expression explicitly for $\theta = f(z/t) = \theta(z, t)$.

المواد وطرائق العمل

نُفذت الدراسة في حقل كلية الزراعة - جامعة بغداد على تربة مزيج طينية غرينية ذات الوصف المورفولوجي التالي: التّصنيف Typic torrifluent، الطوبوغرافية: مستوية، الغطاء النباتي: ادغال قليلة، استخدام الأرض: غير مزروعة، مادة الأصل: رسوبية، حالة البزل: جيدة (عمق الماء الأرضي 2.10م)، الموقع: 50م جنوب قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة/جامعة بغداد. كما تميزت الأفاق المدروسة بالوصف المورفولوجي التالي:

الوصف المورفولوجي

الأفق

Ap 0 - 27 سم بني شاحب (6/3 10YR) جاف الى بني (4/3 10YR) رطب مزيج طينية غرينية، بناء حبيبي متوسط صلب (جاف)، هش (رطب)، لزج (مبتل)، مسامات ناعمة كثيرة، جذور ناعمة قليلة، حدود تدريجية واضحة.

- C1 27 - 64 سم بني مصفر داكن (10YR 4/4) رطب, طينية غرينية, بناء كتلي زاوي متوسط الى خشن متماسك(رطب), لزج(مبتل), مسامات ناعمة قليلة, جذور ناعمة قليلة, حدود تدريجية واضحة.
- C2 64 - 94 سم بني (10YR 4/3) رطب, طينية غرينية, بناء كتلي زاوي متوسط متماسك(رطب), لزج(مبتل), مسامات ناعمة قليلة, حدود تدريجية واضحة.
- C3 94 - 135 سم بني (10YR 4/3) رطب, مزيج طينية غرينية, بناء كتلي شبه زاوي متوسط متماسك (رطب), لزج(مبتل), مسامات ناعمة قليلة, حدود تدريجية واضحة.

بعد اجراء الوصف المورفولوجي وتحديد الآفاق لتربة موقع الدراسة تم تحديد لوح حقلي ابعاده (8 م × 8 م). صُممت منظومة جريان تسمح بتسليط عمود ماء ثابت على سطح اللوح ارتفاعه 3سم طيلة فترة الغمر البالغة اربعين يوما. في نهاية دورة الغمر قُطع تجهيز الماء الداخل الى اللوح وبزل الماء الزائد من احد طرفي اللوح ، بعد ذلك غُطي سطح اللوح مباشرة بطبقتين من البلاستيك. اضيفت طبقة خفيفة من التربة المنخولة لاتمام عملية التغطية ومنع التبخر من سطح التربة. يعد وقت اختفاء الماء من سطح اللوح هو نهاية عملية الغيض وبداية عملية البزل. تم قياس التغير في المحتوى المائي كدالة الى الزمن وعمق التربة. اخذ النموذج الوزني الاول عند اختفاء الماء من سطح التربة مباشرة ليمثل المحتوى المائي عند الزمن صفر (بداية البزل) بواسطة مثقاب انبوبي قطره الداخلي 2.54سم صُمم لهذا الغرض. غُرز المثقاب لعمق 140سم في مقد التربة ودور دورتين كاملتين لتسهيل عملية سحبه من جسم التربة. وبعد سحب المثقاب قُطع عمود التربة بداخله حسب الاعمق ليعطي نماذج وزنية للطبقات (0-10 سم، 10-20 سم، 20-30 سم، 30-40 سم، 40-50 سم، 50-60 سم، 60-70 سم، 70-80 سم، 80-90 سم، 90-100 سم، 100-110 سم، 110-120 سم، 120-130 سم، 130-140 سم). وضعت النماذج في علب رطوبة أحكم سدها وحفظها داخل أكياس من النايلون لمنع التبخر ونُقلت مباشرة الى المختبر حيث تم وزنها وتجفيفها في الفرن على درجة حرارة 105 °م لقياس المحتوى المائي. ملئ مكان اخذ النموذج بتربة مباشرة بعد سحب المثقاب وذلك بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة من قبل Richards (21). اخذت النماذج بفترات زمنية متقاربة في بداية عملية البزل ثم بفترات زمنية اطول بعد ذلك. استمرت عملية اخذ النماذج لفترة (90) يوما من بداية عملية البزل، قيس مستوى الماء الأرضي طيلة فترة الدراسة من خلال

تقويم الجريان غير المشبع للزلزل الحر تحت	سلوم برغوث سالم
لظروف الحقلية لتربة مزيج طينية غرينية	أفراح مهدي صالح
النتبا عن الأيصالية المائية غير المشبعة ومقدات المحتوى المائي	

حفرة متقاربة عمقها 2.30م. حُددت منحنيات الوصف الرطوبي لآفاق تربة الدراسة من قيم المحتوى المائي

الايونات الذائبة Meq.L^{-1}						المادة العضوية gm. kg^{-1}	الجبس gm. kg^{-1}	الكلس gm. kg^{-1}	CEC Cmol. kg^{-1}	ECe ds. m^{-1}	pH	الأيصالية المائية المشبعة cm. hr^{-1}	الكثافة الظاهرية Mg.m^{-3}	مفصولات التربة g.Kg^{-1}			الافق وعمق النموذج (سم)
SO_4	Cl^-	Na^+	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}									طين	غرين	رمل	
72	16.4	20.5	0.78	53	28	11.4	15.2	212	29.7	4.86	7.7	5.32	1.40	216	596	163	Ap 27-0
43	22.3	13.7	0.59	34	13	7.6	29.8	203	31.8	4.6	7.6	3.92	1.43	382	516	102	C1 64-27
36	11.4	9.81	0.42	35	7	5.2	13.6	225	29.6	3.3	7.4	5.83	1.41	400	532	68	C2 94-64
40	5.6	11.9	0.41	31	9	2.1	6.2	231	29.9	3.8	7.6	5.12	1.38	462	475	50	C3 135-94

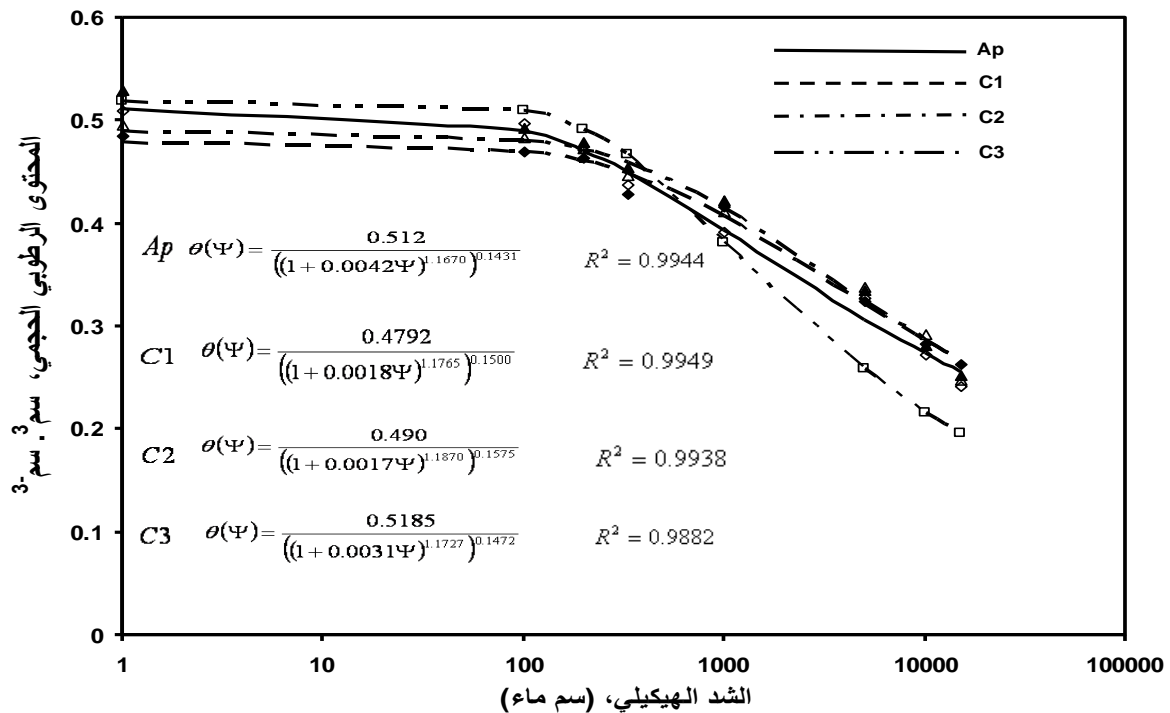
عند التوازن مع قيم الشدود المختلفة كما تم قياس بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية المبينة في جدول (1) لتربة الدراسة وحسب الطرق القياسية.

جدول(1): بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة.

النتائج والمناقشة

منحنيات الوصف الرطوبي

يظهر الشكل (2) منحنيات الوصف الرطوبي للآفاق Ap, C1, C2, C3 وعوامل دالة المطابقة للمعادلة (7) ومعامل التحديد R^2 . اجريت المطابقة على اساس الحالة المحددة (restricted case)، وهي ان العلاقة بين العاملين n, m في المعادلة (7) هي $m = 1 - 1/n$. يبين الشكل (2) ان الاختلاف في قيم المحتوى المائي الحجمي المقاس عند الشدود المختلفة (الرموز) هو اقل من الاختلاف في قيم المحتوى المائي لدوال المطابقة (الخطوط) عند تلك الشدود. تم الحصول على قيم العوامل $(\theta_r, \theta_s, n, m, \alpha)$ بالاعتماد على شفرة RETC (41). ان تقارب قيم عوامل دوال المطابق $(\theta_r, \theta_s, n, m, \alpha)$ للافاق المختلفة يشير الى ان مقد التربة ذو تباين طباقى ضعيف من حيث النسجة خاصة للآفاق C3, C2, C1. اما قيم العامل θ_r فكانت صفرا للمعادلات الأربعة المبينة على شكل (2).



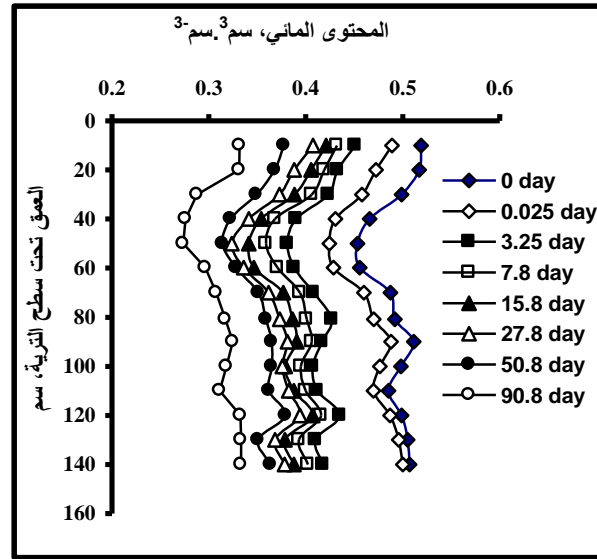
شكل (2) : العلاقة بين المحتوى المائي والجهد الهيكلية للافاق Ap و C1 و C2 و C3 لتربة موقع الدراسة ويظهر على الشكل عوامل دالة المطابقة ومعامل التحديد.

وبالتالي فان انخفاض المحتوى المائي فيه عند الشدود العالية ناتج عن اختزال المسامات الاكبر حجما بفعل ذلك. ان الهدف من تحضير منحنيات الوصف الرطوبي في هذه الدراسة هو لتحديد خاصية هيدروليكية مهمة للتربة وهو تحديد العلاقة بين المحتوى المائي الحجمي (θ) والشد (Ψ). استخدمت منحنيات الوصف الرطوبي لحساب قيم الجهد الهيكلية المقابل لكل محتوى مائي تم قياسه في الحقل من قيم عوامل المعادلة (7) المثبتة على الشكل 2. كانت قيم العامل $\theta_r = 0$ للمعادلات الأربعة المبينة على الشكل (2). لقد تراوحت قيم المحتوى المائي الحجمي عند تغير الشد من 0.1 الى 1500 كيلوباسكال بين (0.2426-0.5104)، (0.2631-0.4831)، (0.2481-0.4953)، (0.2530-0.5303) للافاق Ap ، C1 ، C2 ، و C3 حسب الترتيب.

مقدات المحتوى المائي

يبين الشكل (3) المقدات الرطوبة المقاسة لتربة موقع الدراسة من سطح التربة الى العمق 140 سم لفترات زمنية محددة خلال فترة البزل. يتضح من الشكل ان هنالك اختلافا واضحا في قيم المحتوى المائي للاعماق المختلفة عند بداية البزل (الزمن صفر) ، اي عند الوصول الى حالة التوازن والذي انعكس على العلاقة بين المحتوى المائي والشد أثناء تحضير منحنيات الوصف الرطوبي. ومن جهة اخرى كانت المقدات الرطوبة متوازية مع بعضها اثناء فترة البزل مما يدل على انها قد فقدت نفس الكمية من الماء للاعماق المختلفة. حصل تغيير عالي

في المحتوى المائي خلال مرحلة البزل المبكرة 0.025 يوم و 3.25 يوم بدأ بعدها انخفاض المعدل الزمني للتغير في المحتوى المائي للأعماق المختلفة. ومن الملاحظ في الشكل هو استمرار تدفق الماء اسفل العمق 140 سم بعد مرور 90 يوم من بداية البزل. ان الحصول على مقدرات رطوبة متوازنة يعني حصول حركة ماء بشكل بزل الى الاسفل فقط وعدم حدوث تبخر من سطح التربة (37).



شكل (3): المقدرات الرطوبة المقاسة للأعماق المختلفة لتربة موقع الدراسة أثناء فترة البزل.

ويبين الشكل ايضا ان هنالك انخفاضاً حاداً في قيمة المحتوى المائي عند التوازن (نهاية الغيظ وبداية البزل) للطبقة (40-50) سم مقارنة ببقية طبقات مقد التربة. ففي حين كان المحتوى المائي للطبقة (0-10) سم 0.5142 سم³-سم³ عند الزمن صفر فقد انخفض الى 0.4505 سم³-سم³ للطبقة (40-50) سم عند نفس الزمن بسبب الدك الحاصل لهذه الطبقة الذي كان واضحاً اثناء الوصف المورفولوجي لمقد التربة. تؤدي عملية الدك الى اختزال مسامية التربة على حساب المسامات الكبيرة الحجم وزيادة في عدد المسامات المتوسطة الحجم والكثافة الظاهرية. اما عند الزمن 90 يوم فقد كان المحتوى المائي 0.3316 سم³-سم³ للطبقة (0-10) سم وانخفض الى 0.2736 سم³-سم³ عند الطبقة (40-50) سم. ويظهر الشكل تقارب المقدرات الرطوبة بعد مرور 3.25 يوم من بداية البزل فقد اصبح التغير في المحتوى المائي قليلاً خاصة بعد مرور اكثر من 7.25 يوم من بداية البزل، يمكن ان تستخدم هذه المقدرات لتحديد التدفق (flux) الى الاسفل بشكل بزل بالطرق البيانية (38). فقدت الاعماق المختلفة كميات متساوية تقريباً من الماء خلال فترة اخذ العينات البالغة 90 يوماً بعد بداية البزل. فعلى سبيل المثال فقدت الطبقة السطحية 0-10 سم 0.183 سم³-سم³ خلال فترة البزل وفقدت الطبقة 130-

140 سم 0.192 سم³ .سم⁻³ خلال نفس الفترة. ان اجراء قياسات المحتوى المائي خلال فترة البزل بفاصلة عمق 10سم كانت تهدف الى الحصول على طبيعة التغير في المحتوى المائي اثناء فترة البزل بشكل مفصل خاصة ان القياسات اجريت بازمان قصيرة اثناء مرحلة البزل المبكرة.

الانحدار في الجهد المائي

لكي تحصل حركه للماء بين مستويين في مقد التربة لابد من حصول انحدار في الجهد المائي بين هذين المستويين, وبمعنى اخر لابد من وجود فرق في الجهد الكلي للماء بين المستويين. وصلت قيمة الانحدار في الجهد المائي الى 10, الا ان معظم قيم الانحدار تراوحت بين 1-5. لابد من الاشارة هنا الى ان الاختلاف في قيم الانحدار في الجهد المائي يرجع الى عدة عوامل منها استخدام عوامل دالة المطابقة لمنحنيات الوصف الرطوبي لحساب الشد الهيكلي لجميع الاعماق المدروسة وذلك لعدم توفر الاجهزة اللازمة للقياس الحقلي للجهد المائي للأعماق المدروسة. ان التغير في النسجه والكثافه الظاهريه للافاق المدروسة يعد من الاسباب المهمه في عدم تحقق وحدة انحدار في الجهد المائي . من الاسباب المهمة الأخرى هي طريقة قياس المحتوى المائي, فعلى الرغم من ان الطريقة الوزنية لقياس المحتوى المائي هي طريقة مباشرة الا انها محدودة (restricted) بعكس طرق اخرى غير محدودة (unrestricted) كطريقة المجس النيوتروني حيث يمكن تكرار القياس في نفس المكان وعدم حصول التغيرات المكانية في الصفات المدروسة (11).

معدل سرعة التدفق

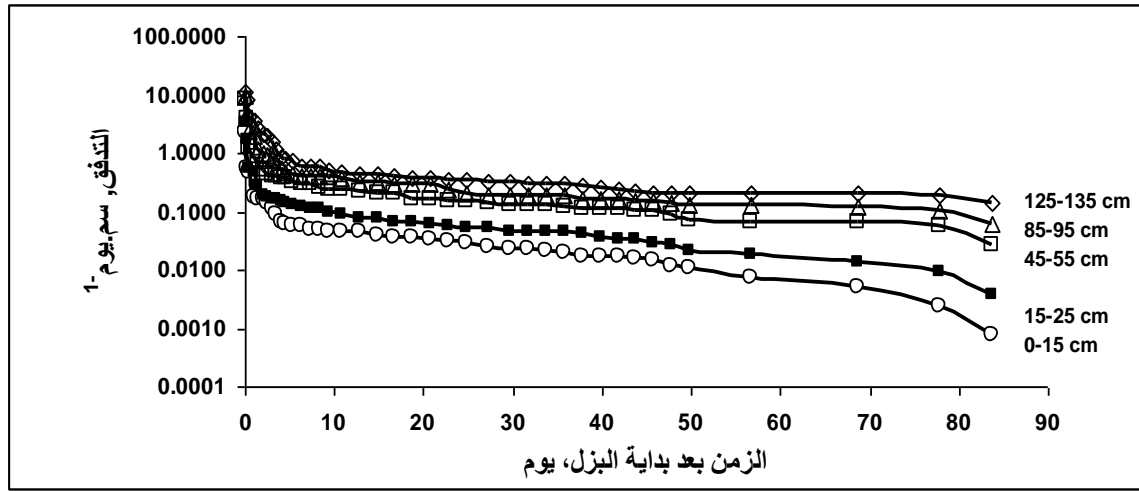
تم حساب معدل سرعة التدفق من المعدل الزمني للتغير في عمق الماء المخزون في مقد التربة مع الزمن (22، 39، 32). ان حساب التدفق لكل طبقه تربه يقلل من الخطا الناتج عن عد التربة وسط متجانس. يبين الشكل (4) معدل التدفق للطبقات (5-15 ، 15-25 ، 45-55 ، 85-95 ، 125-135) سم. لقد اجريت قياسات المحتوى المائي اثناء فترة البزل بفاصلة مقدارها (10) سم لغرض تحديد الخصائص المائية لمقد تربة الدراسة بشكل مفصل. زاد معدل تدفق ماء التربة مع العمق وقل مع مرور الزمن بعد بداية البزل. كانت قيم معدل سرعة التدفق خلال الفترة الزمنية الاولى المحصورة بين زمن القياس الأول (0 يوم) وزمن القياس الثاني (0.025 يوم) هي 2.2485 ، 3.4352 ، 8.4197 ، 10.3611 ، 11.2971 سم. يوم⁻¹ للطبقات اعلاه حسب الترتيب.

تتفق هذه النتيجة مع ماوجده الكثير من الباحثين ومنهم Nielsen وآخرون (19) و Stone وآخرون (32). لقد بينت مقدرات المحتوى المائي (شكل 3) ان الاعماق المختلفة فقدت تقريبا كميات متساوية من الماء اثناء فترة

البزل مما نتج عنه اشكال متوازية. ان المعادلة العامة التي تصف التدفق هي $q = \int_{z_1}^{z_2} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dz dt$. عند النظر

الى هذه المعادلة يتضح ان قيمة q تعتمد على حدي التكامل (z_2 , z_1) عند تساوي المعدل الزمني للتغير في

المحتوى المائي $(d\theta/dt)$ ، لذلك يزداد التدفق بزيادة العمق خاصةً تحت ظروف التربة المتجانسة أو التربة ذات الطباقية الضعيفة. تعكس هذه القيم قابلية التربة على بزل الماء تحت ظروف الجريان المستمر عندما تكون رطوبة التربة قريبة من الاشباع حيث تسهم الفراغات ذات العلاقة بالتركيب التي تكون بمثابة مسامات مملوءة بالماء والتي تتراوح مدياتها الحجمية بين 10^{-2} الى 10^{-4} متر (34). حدث انخفاض حاد في قيم التدفق خلال الخمسة ايام الاولى نتيجة انخفاض المحتوى المائي خلال



الأنبي.

هذه الفترة. ان هذا يتوافق مع ما جاء به Tuller و Or (34، 35) من ان جريان الماء يحصل في المسامات المملوءة جزئياً التي تتراوح مدياتها الحجمية بين 10^{-3} الى 10^{-7} متر بعدها كان الانخفاض في قيم التدفق تدريجياً طيلة فترة البزل البالغة (90) يوماً. ان استمرار تدفق الماء طيلة هذه الفترة هي بسبب قابلية الترب ناعمة النسجة على مسك الماء لفترة طويلة وحصول معدلات تدفق منخفضة جداً. لقد كانت قيم التدفق للطبقات المختلفة المبينة بالشكل (4) بعد مرور 88.75 يوماً من البزل هي 0.0018, 0.0007, 0.0092, 0.0745, 0.1136 سم.يوم⁻¹. تتعكس اهمية تحديد قيم التدفق للطبقات المختلفة المدروسة في التحديد الدقيق لسرعة حركة الماء الى الاسفل بشكل بزل وعدم اعتماد عبارات وصفية لتحديد حالة بزل التربة.

الايصالية المائية غير المشبعة

تعد الايصالية المائية غير المشبعة احدى الخصائص المهمة للتربة وذلك لانها تعكس قابلية التربة للتوصيل المائي وتعتمد على المحتوى المائي والجهد المائي . تم حساب معدل الايصالية المائية غير

المشبعة لأفاق التربة المدروسة من قياس مقدار التغير في المحتوى المائي والجهد المائي اثناء فترة البزل. ويبين الشكل (5A) الايصالية المائية غير المشبعة للطبقات (5-15 ، 15-25 ، 25-35 ، 35-45، 45-55، 55-65، 65-75، 75-85، 85-95، 95-105، 105-115، و115-125) سم طيلة فترة البزل. تمت مطابقة دالة قوة للبيانات لوصف العلاقة بين الايصالية المائية غير المشبعة والمحتوى المائي. يظهر الشكل نفسة ان الرموز المختلفة تمثل القيم المحسوبة للايصالية المائية غير المشبعة K التي تم الحصول عليها بطريقة مقد التربة الانبي، اما الخطوط فتمثل داله المطابقة. ان الانتشار في البيانات حول الداله يعكس التباين الموقعي والاختلافات الموروثة لطبيعة التربة غير المتجانسة. يظهر الشكل (5A) ان قيم الايصالية المائية تتناقص مع الزمن حيث أن $k = f[\theta(z,t)]$ وتزداد الايصالية المائية مع زيادة المحتوى الرطوبي اذ كانت قيم الايصالية عند الطبقة (5-15) سم وعند الفترة الزمنية الاولى هي (1.0964) سم.يوم⁻¹ وانخفضت الى (0.00001) سم.يوم⁻¹ عند الفترة الزمنية المتأخرة (90 يوم) ولنفس الطبقة وكانت قيم الايصالية عند الطبقة (125-135) سم عند الفترة الزمنية الاولى (8.1040) سم.يوم⁻¹ وانخفضت الى (0.0018) سم.يوم⁻¹ عند الفترة الزمنية المتأخرة (90 يوم). ان مدى التغير في قيم الايصالية المائية غير المشبعة بلغ 1.1×10^5 ضعفا للطبقة من 5-15 سم ضمن مدى بيانات المحتوى المائي عند الزمن الاول والاخير (0.2937-0.5102) سم³.سم⁻³. تتفق هذه القيم مع ما وجدته Van Bavel وآخرون (36) الذي وجد ان قيم الايصالية المائية غير المشبعة تتضاعف بمقدار 10^5 مرة لمدى من المحتوى المائي بين (0.2000-0.6201) سم³.سم⁻³ لتربة مزيج طينية غرينية . ان القيم المحسوبة للايصالية المائية غير المشبعة تعكس طبيعة الترب ناعمة النسجة والتي تكون قابليتها على التوصيل المائي قليلة. ان الايصالية المائية للتربة هي حسيلة توصيل مجاميع الاحجام المسامية المحصورة بين مديات المحتوى التي تم قياسها المائي خلال التجربة (8). وتبين الأشكال 5B، 5C، 5D القيم المقاسة للأيصالية المائية (الرموز) ودوال المطابقة الثلاثة المستخدمة في الدراسة (الخطوط) للمعادلات (11)، (12)، و (13) للطبقات 0-15 سم، 15-25 سم، 25-45 سم، 45-55 سم، 55-85 سم، و 85-135 سم . تراوحت قيم معامل التحديد لدوال المطابقة بين (0.833-0.982). لابد من الاشارة الى ان الاهمية الفيزيائية لعوامل دوال المطابقة تتاصل من مطابقة هذه الدوال الى المدى الواسع لقيم الايصالية المائية المحسوبة بطريقة المقد الانبي التي تم الحصول عليها من قياس التغير في المحتوى المائي كدالة لعمق التربة طيلة 90 يوما من البزل. ان قيم هذه العوامل تعتمد على نوع التربة و بذلك فهي تختلف من تربة الى اخرى اعتمادا على العلاقة بين الأيصالية المائية غير المشبعة و المحتوى المائي. لمقارنة حسن تطابق الدوال لثلاثة فقد تم رسم خط الانحدار للدوال الثلاثة لتحديد موقع الخط على البيانات المقاسة. تبين الأشكال 5B، 5C، و 5D خط الانحدار للدوال الثلاثة لبيانات الايصالية غير المشبعة

كدالة الى المحتوى المائي للطبقات 15-0 سم، 15-25 سم، 45-55 سم، 85-95 سم، و125-135 سم. يلاحظ من الأشكال ان دالة المطابقة كانت خطوط منحنية (curve-linear) للمعادلتين (11) و (13) في حين كانت الدالة خطية (linear) للمعادلة (12) وهذا ناتج عن كون المعادلتين (11) و (13) هما دالتي قوة في حين كانت المعاداة (12) دالة أسية. لقد بينت قيم عوامل الارتباط التي تم الحصول عليها من مطابقة الدوال الثلاثة لوصف العلاقة بين الأيصالية المائية غير المشبعة المقاسة والمحتوى المائي. ان حسن التطابق للدوال الثلاثة كان متماثلا مع بعض الانحرافات الصغيرة عند بداية (محتوى مائي عالي) و نهاية (محتوى مائي منخفض)

شكل (5): العلاقة بين الأيصالية المائية غير المشبعة المقاسة K_{IMP} والمحتوى المائي للطبقات المبينة على كل شكل لتربة موقع الدراسة (الرموز). اما الخطوط فتمثل دوال المطابقة: A دالة قوة لجميع البيانات، B ، C ، D دوال المطابقة للمعادلات 11، 12. و 13 حسب الترتيب.

مدى الدوال. وهذا يدل على ان الدوال الثلاثة حساسة لقيم المحتوى المائي عند الأشباع θ_s وقيم المحتوى المائي المنخفض θ_r . تقترح هذه النتائج ان استخدام اية دالة من هذه الدوال الثلاثة يكون كافيا في مثل هذه الدراسات. كما يتضح من الشكل ان هناك فرقا في قيم الأيصالية للطبقات المدروسة عند أي محتوى مائي. ان الاختلاف في موقع دالة الانحدار على الشكل يعتمد على عاملين مهمين ذا اساس فيزيائي هما مقطع وميل خط الانحدار للدوال الثلاثة. ان مقطع خط الانحدار يمثل سرعة جبهة اترطيب وهذا يكون مساويا الى $\frac{K_m}{\beta\theta_m}$,

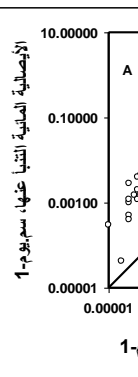
$K_m\alpha$, $\frac{k_m}{n(\theta_m - \theta_r)}$ للمعادلات 11، 12 و 13 حسب الترتيب. اما ميل خط الانحدار فيعتمد على قيم العوامل n, α, β للدوال الثلاثة حسب الترتيب. اعطت الدوال خطوط انحدار متوازية تقريبا مما يدل على ان قيم عوامل الانحدار (n, α, β) كانت متقاربة وبمعنى اخر فإن المشتقة $\frac{dk}{d\theta}$ (التغير في قيم k غير المشبعة كدالة الى المحتوى المائي) لهذه الدوال كانت متماثلة.

تقويم وحدة الانحدار في الجهد المائي

تم في هذه الدراسة اعتماد معايير ذات دلالة واضحة لتقويم نتائج وحدة الانحدار في الجهد المائي بعد مقارنتها بنتائج تم قياسها او حسابها حقليا اثناء فترة البزل , ومن هذه المعايير الأيصالية المائية غير المشبعة و المحتوى المائي.

التنبأ عن الأيصالية المائية غير المشبعة ومقدات المحتوى المائي

اعطت علاقة 1:1 بين الأيصالية المائية غير المشبعة, K_{IMP} , و الأيصالية المائية المتنبأ عنها, k_{UGM} , حسب المعادلات 11، 12، 13 معاملات ارتباط بلغت 0.918، 0.933، 0.927 حسب الترتيب. كانت قيم k_{UGM} اعلى من قيم K_{IMP} عند محتويات رطوبة واطئة في حين كان هناك تطابقا عاليا بين القيم المقاسة و القيم المتنبأ عنها عند محتويات عالية للمحتوى المائي (شكل 6). كانت قيم k_{UGM} المتنبأ عنها اعلى من قيم K_{IMP} بمعاملات بلغت 1.378، 1.418، و 1.296 للمعادلات 11، 12، 13 حسب الترتيب ولجميع البيانات البالغة 588. فمثلا كانت قيم K_{IMP} للطبقة



شكل(6): علاقة 1:1 بين الأيصالية المائية غير المشبعة المقاسة (K_{IMP}) والمتنبأ عنها (k_{UGM}) بأستخدام المعادلة 11، B المعادلة 12 و C المعادلة 13.

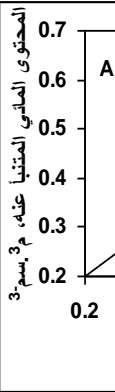
15-0 سم خلال الفترة الزمنية الأولى 1.0964 سم.يوم⁻¹ اما قيم k_{UGM} فكانت 0.9517، 0.9606، k_{UGM} سم.يوم⁻¹ للمعادلات الثلاثة حسب الترتيب. في حين كانت قيمة K_{IMP} خلال الفترة الزمنية الأخيرة 0.00001 سم.يوم⁻¹ وقيم k_{UGM} 0.0003 ، 0.0002 ، 0.0001 سم.يوم⁻¹ للمعادلات 11، 12، 13 لنفس الطبقة وحسب الترتيب.

استخدمت الخطوة الثالثة من خوارزمية Lax (30) للنتبأ عن مقدات المحتوى المائي لتربة موقع الدراسة كدالة للزمن $\theta=f(z, t)$. يبين الشكل (7) مقدات المحتوى المائي للاعماق المختلفة كدالة الى العمق ولازمان مختلفة خلال فترة البزل. في هذه الدراسة تعكس المقدات الرطوبة الانخفاض في المحتوى المائي بمرور الزمن للاعماق المختلفة وتكون حركة الماء الى الاسفل فقط نتيجة لانعدام التبخر. تبين الاشكال ان هناك توافق عالي بين القيم المقاسة (الرموز) والقيم المنتبأ عنها (الخطوط) لمقدات المحتوى المائي اثناء فترة البزل. حيث يبين الشكل 6A توافقا عاليا بين القيم المقاسة والقيم المنتبأ عنها من مرحلة البزل

شكل (7) : المقدات الرطوبة المقاسة (الرموز) و المقدات الرطوبة المنتبأ عنها بطريقة وحدة الانحدار في الجهد المائي (الخطوط) حسب طريقة Lax_Sisson باستخدام A المعادلة 11، B المعادلة 12 و C المعادلة 13.

المبكرة (t= 0 day) وحتى نهايته باستخدام معادلة (11) في حين كانت القيم المنتبأ عنها عالية في مرحلة البزل المبكرة للمعادلتين 12 و 13. فيما عدا ذلك كان فقد كانت القيم المنتبأ عنها للمعادلتين (الخطوط) متوافقة مع القيم المقاسة. ان التوافق بين القيم المقاسة للمحتوى المائي والقيم المنتبأ عنها اثناء فترة البزل يدل على ان طريقة Lax-Sisson اسهمت في دعم نظرية وحدة الانحدار في الجهد المائي للنتبأ عن المقدات المائية اثناء

فترة البزل. كطريقة اخرى لتقويم حل Lax-Sisson في التنبأ عن المحتوى المائي تم رسم جميع بيانات المحتوى المائي المقاس طيلة فترة البزل التي بلغ عددها 588 مع جميع بيانات المحتوى المائي المتنبأ عنه بطريقة وحدة الانحدار في الجهد المائي باستخدام دالة الخط المستقيم 1:1 ذات المقطع صفر أي ان $K_{UGM} = bK_{IPM}$ حيث k_{IMP} و k_{UGM} تمثلان قيم المحتوى المائي المتنبأ عنه والمقاس حسب الترتيب، b الميل. لقد كانت قيم العامل b هي 0.96632، 1.00002، 1.01433 للمعادلات الثلاثة حسب الترتيب (شكل 8). تعكس هذه العوامل الدقة العاليه لحل Lax-Sisson في التنبأ عن المحتوى المائي. كما اعطت علاقة 1:1 (شكل 8) عوامل ارتباط عالية بلغت 0.940، 0.963، 0.892 للمعادلات الثلاثة حسب الترتيب. يعكس تطابق بيانات المحتوى المائي المتنبأ عنها مع المدى الواسع للمحتوى المائي المقاس حقليا خلال فترة البزل اهمية استخدام نظرية وحدة الانحدار في تحديد الخواص الايصالية خاصة تلك المتعلقة في حركة الماء.



شكل (8): علاقة 1:1 بين المحتوى المائي الحجمي المقاس والمتنبأ عنه لجميع الاعماق بأستخدام A المعادلة 11، B المعادلة 12 و C المعادلة 13.

يستنتج من هذه الدراسة ان حل Lax-Sisson للمعادلة العامة للجريان بالأتجاه العمودي تحت نظرية جهد الجذب الأرضي الذي تم فيه احلال النسبة z/t التي يمكن قياسها بدقة عالية محل المشتقة $dk/d\theta$ للدوال الثلاثة المستخدمة والتي تصف الأيصالية الهيدروليكية للتربة على انها دالة الى المحتوى المائي فقط قد اعطى نتائج عالية الدقة للتنبأ عن قابلية التوصيل الهيدروليكي والتغير في المحتوى المائي مع الزمن لأعماق التربة المختلفة اثناء فترة البزل. هذا من جانب ومن الجانب الآخر فان عوامل الدوال الثلاثة التي تم الحصول عليها تسمح بالامتداد (Interpolation) للتنبأ عن الخصائص الهيدروليكية لمدى أوسع من القيم المقاسة للمحتوى المائي كما في حالة الترب الجافة.

REFERENCES:

- * Albright, W.H., C. H. Benson, G.W. Gee, T. Abichou^c, S.W. Tyler, and S.A. Rock. 2006. Field Performance of Three Compacted Clay Landfill Covers. *Vadose Zone J* 5:1157-1171.
- * Altman, S. J., B.W. Arnold, C. K. Ho, S. A. McKenna, R.W. Barnard, G.E. Barr, and R.R. Eaton. 1996. Flow calculations for Yucca Mountain groundwater travel time (GWTT-95). SAND96-0819. Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.
- * Andraski, B.J. 1997. Soil-water movement under natural-site and waste-site conditions: A multiple-year field study in the Mojave Desert, Nevada. *Water Resour. Res.* 33:1901-1916.
- * Basile, A, A. Coppola, R. De Mascellisa. 2006. Scaling Approach to Deduce Field Unsaturated Hydraulic Properties and Behavior from Laboratory Measurements on Small Cores. *Vadose Zone J* 5:1005-1016.
- * Black, T. A., W. R. Gardner, and C. W. Thurtel. 1969. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:655-660.
- * Brooks, R. H. and A. T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. *Hydrol. Pap.* 3. 27pp. Colo. State Univ. Fort Collins.
- * Byre, K.R., J.M. Norman, L.G. Bundy, and S.T. Gower. 1999. Equilibrium tension lysimeter for measuring drainage through soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:536-543.
- * Child, E. C., and N. Collis- George. 1950. The permeability of porous materials. *Proc. Roy. Soc. (London)*, 201 A, 392-405.
- * Davidson, J. M., L. R. Stone, D. R. Nielsen and M. E. Larue. 1969. Field measurement and use of soil-water properties,. *Water Resour. Res.* 5:1312-1321.
- * Gee, G. W., J. M. Keller, and A. L. Ward . 2005. Measurement and Prediction of Deep Drainage from Bare Sediments at a Semiarid Site. *Vadose Zone J.* 4:32-40.
- * Greacen, E. L., and L. R. Correl. 1981. Calibration. (In E. L. Greacen (ed.). 1981. *Soil water measurement by the neutron method.* pp.50-81. Csiro- Australia, 3002).
- * Hanson, B., L. Schwanki, S. Gratten, and T. Prichards. 1997. Drip Irrigation for row crops. Division of Agricultural and Natural Resources, Publication 3376. University of California Irrigation Program, University of California, Davis.
- * Hubbell, J. M., M. J. Nicholl, J. B. Sisson and D. L. McElroy. 2004. Application of a Darcian Approach to Estimate Liquid Flux in a Deep Vadose Zone. *Vadose Zone J.* 3:560-569.
- * Jordan, C. 1968. A simple, tension-free lysimeter. *Soil Sci.* 105:81-86.
- * Klute, A. 1972. The determination of hydraulic conductivity and diffusivity of unsaturated soils. *Soil Sci.* 113:264-276.
- * Lax, P. D. 1972. The formation and decay of shock waves. *Am. Math Monthly.* 79:227-241.
- * Libardi, P. L., K. Reichardt, d. R. Nielsen, and J. W. Biggar. 1980. Simple field method for estimating soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc Am. J.* 44: 38-47.
- * McElroy, D. L., and J. M. Hubbell and L. Randazzo. 2004. Evaluation of the Conceptual Flow Model for a Deep Vadose Zone System Using Advanced Tensiometer. *Vadose Zone J.* 3:170-182
- * Nielsen, D. R., J. M. Davidson, J. W. Biggar, and R. J. Miller. 1964. Water movement through Panochy clay loam loam soil. *Hilgardia* 35:491-506.
- * Phillips, F.M. 2001. Investigating flow and transport in the fractured vadose zone using environmental tracers. p. 271-294. In *Conceptual models of flow and transport in the fractured vadose zone.* National Academy Press, Washington, DC.
- * Richards, L. A., W. L. Gardner, and G. Ogata. 1956. Physical processes determining water loss from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20:310-314.

- * Rose, C. W., and W.R. Stern. 1966. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. *Aust. J. Soil Res.* 5:11-19
- * Rose, C. W., W. R. Stern, and J. E. Drumond. 1965. Determination of the hydraulic conductivity as a function of depth and water content for a soil in situ. *Aus. J. Soil Res.* 3:1-9.
- * Salem, S. B. 1986. Data reduction methods for field estimated unsaturated hydraulic p[roperties. M.Sc. Thesis. Kansas State University, Manhattan , Ks., USA.
- * Salem, S. B. 2003. Unsaturated hydraulic characteristics of soil treated and untreated with fuel oil under surge and continuous irrigation. Ph.D Dissertation. College of Agriculture/ Baghdad University.
- * Scanlon, B. R., R. C. Reedy, K. E. Keese, and Stephen F. Dwyer. 2005. Evaluation of Evapotranspirative Covers for Waste Containment in Arid and Semiarid Regions in the Southwestern USA. *Vadose Zone J.* 4: 55-71
- * Scanlon, B.R., S.W. Tyler, and P.J. Wierenga. 1997. Hydrologic issues in arid, unsaturated systems and implications for contaminant transport. *Rev. Geophys.* 35:461–490.
- * Schawanki, L., B. Hanson, and T Prichard. 1998. Micro-irrigation of trees and vines. Division of agricultural and natural Resources. Publication 3378, University of California, Davis. Pp. 63-68.
- * Si, B. C., and R. G. Kachanoski. 2003. Measurement of Local Soil Water Flux during Field Solute Transport Experiments, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:730-736
- * Sisson, J. B., A. H. Ferguson, and M. Th. van Genuchten. 1980. Simple method for predicting drainage from field plot. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:1147-1152.
- * Stephens, D. B., and R. Knowlton. 1986. Soil water movement and recharge through sand at a semiarid site in New Mexico. *Water Resour. Res.* 22:881–889.
- * Stone, L. R., T. C. Olson, and M. L. Horton. 1973. Unsaturated hydraulic conductivity for water management in situ. *Proc. S. D. Acad. Sci.* 52:168-178.
- * Sun, A. Y. and D. Zhang. 2004. A Solute Flux Approach to Transport through Bounded, Unsaturated Heterogeneous Porous Media. *Vadose Zone J.* 3:513-526.
- * Tuller, M. and D. Or. 2002. Unsaturated Hydraulic Conductivity of Structured Porous Media: A Review of Liquid Configuration–Based Models. *Vadose Zone J.* 1:14-37
- * Tuller, M., and D. Or. 2001. Hydraulic conductivity of variably saturated porous media—Film and corner flow in angular pore space. *Zone Journal* 1:14-37.
- * Van Bavel, C. H. M., G. B. Stirk, and K. J. Brust. 1968. Hydraulic properties of a silty clay loam soil and field measurement of water uptake by root. I. interpretation of water content and pressure profiles. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:310-317.
- * Van Genuchten, M. Th. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:892-898
- * Watson, K. K. 1966. An instantaneous profile method fro determining the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials. *Water Resour. Res.* 2: 709-715.
- * Watson, K. K. 1967. The measurement of the hydraulic conductivity of unsaturated porous materials utilizing zone of entrapped air. *Soil Sci. Soc. Am Proc.* 32:716-720.
- * Wendroth, D., W., Ehler, J. W. Hopmans, H. kage, J. Halbertsma, and J. H. M. Wosten. 1993. Reevaluation of evaporation method for determining hydraulic function in unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am> J.* 57:1436-1443.
- * Zhu, J., B. P. Mohanty, A. W. Warrick, and M. Th. van Genuchten. 2004. Correspondence and Upscaling of Hydraulic Functions for Steady-State Flow in Heterogeneous Soils. *Vadose Zone J.* 3:527-53.

دراسة ملوثات غازات العادم المنبعثة من سيارات الكازولين في الطرق العراقية

كريم خلف علي/مدرس مساعد

ميكانيك/ توليد طاقة

الخلاصة:

يهدف البحث إلى تحليل وحساب نسب الغازات الملوثة المنبعثة من عادم سيارات الكازولين ومقارنة قيمها بالقيم المسموح بها في البلدان الأخرى. ودراسة نسب استخدام منظومات معالجة غازات العادم في سيارات الكازولين وتحديد مدى صلاحيتها وتأثيرها في الحد من نسب العادم. وهذه الغازات الملوثة هي أول اوكسيد الكربون (CO)، أكاسيد النتروجين (NO_x)، والهيدروكربونات غير المحترقة (HC)، وأكسيد الرصاص والسخام (soot).

شمل البحث نماذج من السيارات الحديثة والقديمة المستخدمة بشكل واسع في الطرق العراقية والتي تختلف في سنة الإنتاج والمسافة المقطوعة والوسائل المستخدمة لمعالجة العادم في كل نوع. وتم تحليل غازات العادم باستخدام جهاز تحليل غازات العادم الالكتروني (T156 D) إيطالي الصنع يعمل بنظام (windows). وكذلك شمل البحث فحص منظومات معالجة غازات العادم وتحديد مدى صلاحيتها لعينة واسعة من السيارات. وتشير النتائج العملية إلى اعتماد نسب الملوثات في العادم بشكل أساسي على المسافة المقطوعة للسيارة ومدى استخدام أنظمة المعالجة المباشرة وغير المباشرة للعادم. وكذلك تشير النتائج إلى انخفاض نسب الملوثات ($SOOT, HC, NO_x, CO$) المنبعثة من عادم السيارات التي لها مسافة مقطوعة قليلة (موديلات حديثة الإنتاج) والتي تستخدم بعض الأنظمة الالكترونية للسيطرة على الحقن والاشتعال (الحقن الالكتروني، الإشعال الالكتروني) وتستخدم بعض المنظومات للسيطرة على غازات العادم (نظام تسخين الهواء الداخل، نظام إعادة تدوير غازات العادم (EGR)، المحول الحفاز، نظام السيطرة على أبخرة الوقود).

في حين تزداد نسب الملوثات في الموديلات القديمة التي لها ساعات عمل طويلة وتفتقر إلى منظومات السيطرة على الملوثات وتعتمد السيطرة الميكانيكية على الخليط والإشعال وتعاني من قلة الصيانة وكلفتها العالية. من جانب آخر تبين النتائج أن عدد السيارات التي تستخدم منظومات معالجة غازات العادم

بشكل يلبي المتطلبات البيئية لا تتجاوز (32%) والقسم الآخر يلبي المتطلبات بشكل جزئي في حين أن القسم الأكبر (40%) لا تلبي المتطلبات البيئية والنسب المسموح فيها.

ABSTRACT

The work aims to calculate pollutants gases concentration that are emitted from gasoline engine Vehicles exhaust .These concentration are compared with emission limits in other countries. These gases are carbon monoxide (CO), unburned or partially burned hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), lead oxides, particulate matter and soot.

The research is carried out on a new and old cars .which are widely used in Iraqi roads .these cars are different in product year , distance travelled and in Exhaust- gas treatment techniques which used.

The analysis of exhaust gases carried out by using the electronic exhaust gas analysis system (T156D). Which is manufactured in Italy and operate with windows system.

The results show decrease in concentration of the (CO, HC, NO_x, SOOT) emitted from Exhaust gases cars which have low travel distance (new cars model) these cars use electronic systems to controll on injection , ignition and use exhaust gas pollutant control systems such as early fuel evaporation (EFE) , exhaust gas recirculation (EGR) ,catalytic converter , positive crankcase ventilation (PCV).

the results show that there are increases in pollutants concentration emitted from old model which have long work time and not have controller systems on the mixing and ignition systems as well as have lowe maintainance.

the results show that ratio of cars which use exhaust gas treatment techniques and satisfy the emits limits is 32% only .but the larger ratio approximately 40% don't satisfy the emits limits.

-المقدمة

تعد الغازات المنبعثة من سيارات الصالون التي تعمل بمحرك الإشعال بالشرارة احد مصادر التلوث المؤثرة في البيئة. ويعد الاحتراق المتكامل للوقود داخل غرفة الاحتراق المحدد الرئيسي لتكون المواد السامة في غازات عادم المحرك. ويرتبط الاحتراق المتكامل للوقود بتصميم ومواصفات ومنظومات المحرك ومن أهم أسبابه هي عدم احتراق طبقة الوقود الملامسة لسطح المعدن البارد لغرفة الاحتراق ونسبة الخلط غير التام للهواء مع الوقود [3,7]. ولذلك في معظم الأحيان لا يمكن الحصول على احتراق متكامل . ويتولد نتيجة الاحتراق بخار الماء H₂O وثاني اوكسيد الكربون CO₂ وينسب مرتفعة وهي نواتج احتراق تامة . في حين تتركز وسائل معالجة غازات العادم على الملوثات الرئيسية التالية [1,2]:-

1- أول أوكسيد الكربون CO

2- أكاسيد النيتروجين NO_x

3- الهيدروكربونات (HC) المحترقة جزئياً أو غير محترقة

4- أكاسيد الكبريت SO_x

5- مركبات الرصاص والدخان والروائح

أن حماية البيئة من هذه الملوثات هي من أصعب المتطلبات التي فرضت على شركات تصنيع السيارات وأصدرت العديد من البلدان أنظمة لتحديد الحدود المسموح بها لنسب الملوثات المنبعثة من سيارات الكازولين. وتطبيق هذه الحدود المسموح بها والقوانين على إنتاج السيارات ويتم تطبيق هذه القوانين حسب الاعتبارات الطبية والاقتصادية والتكنولوجية والسياسية [2,7]. ويتم قياس تركيز الانبعاثات باستخدام تقنيات وأجهزة عديدة للكشف والقياس. وبدأت شركات تصنيع السيارات باستخدام عدة منظومات للسيطرة على الملوثات وتلبية المتطلبات البيئية مع الحفاظ على أداء متميز للمحرك ويمكن تقسيم هذه المنظومات إلى:

أولاً: منظومات السيطرة غير المباشرة [1,4]:

وتعتمد السيطرة الالكترونية على منظومة الحقن ومنظومة الإشعال ونقل العزم (فاصل محول العزم) وتهدف إلى جعل عملية الاحتراق أكثر كفاءة وزيادة سرعة استجابة منظومات المحرك لتغيرات الطريق والأحمال بإدخال السيطرة الالكترونية بدلاً من السيطرة الميكانيكية. وتعود بفوائد تقليل استهلاك الوقود وتخفيض نسب الملوثات وتلبية المتطلبات الاقتصادية والبيئية.

ثانياً: منظومات السيطرة المباشرة [1,4]:

وتعمل هذه المنظومات على المعالجة المباشرة لغازات العادم بعد خروجها من غرفة الاحتراق. والبعض الآخر يعمل على أعداد خليط متجانس من الهواء وبخار الوقود قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق. وتتركز المعالجة المباشرة على تحويل الغازات الضارة الناجمة عن الاحتراق الجزئي إلى مواد أقل ضرراً مثل استخدام المحول الحفاز لخفض درجة حرارة أكسدة CO , HC وتقليل أكاسيد النيتروجين NO_x وينتج عن الأكسدة CO₂ , H₂O , O₂ وهي أقل أضراراً للبيئة. ومن أهم هذه الوسائل ((المحول الحفاز , تهوية عمود المرفق , التبخر المبكر للوقود)) .

ويشير [2] إلى تفاوت هذه الوسائل في مدى فعاليتها في الحد من نسب هذه الملوثات وتستخدم شركات تصنيع السيارات أكثر من منظومة في نفس السيارة لكي تلبي المتطلبات البيئية والاقتصادية. ومعظم البحوث السابقة تركزت حول دراسة فعالية كل منظومة على حدى والبحث الحالي تركز على دراسة تأثير استخدام المنظومات مجتمعة على ملوثات عادم سيارات الكازولين وفعالية استخدامها بعد فترات عمل مختلفة ولنماذج سيارات مختلفة المنشاء.

يهدف البحث الى تحليل وحساب نسب الغازات الملوثة المنبعثة من عادم سيارات الكازولين لنماذج مستخدمة بشكل واسع في الطرق العراقية وأجراء مقارنة بينها وكذلك دراسة نسب استخدام منظومات معالجة غازات العادم لعينة واسعة من السيارات وتحديد مدى فعالية وصلاحيّة هذه المنظومات في الحد من التلوث.

الجانب النظري:

تحليل نواتج الاحتراق في محركات الكازولين:

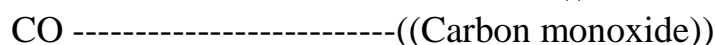
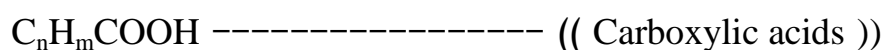
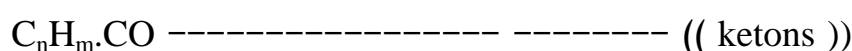
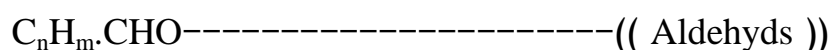
يستخدم الكازولين كوقود في محركات الاحتراق الداخلي بشكل واسع والكازولين خليط معقد من الهيدروكربونات مع بعض المواد المضافة معظم هذه الهيدروكربونات تغلي خلال المدى من درجات الحرارة (37 °C إلى 270 °C) حسب منحني التقطير لعدة عينات [5,3]. وخلال الاحتراق الكامل لوقود الكازولين مع الهواء تكون نواتج الاحتراق ثاني أكسيد الكربون (CO₂) وبخار الماء (H₂O) بنسب عالية بالإضافة إلى النيتروجين وهي نواتج الاحتراق التام . ولكن دائما لا يمكن الحصول على الأحتراق التام وسوف تظهر المكونات الأخرى في غازات العادم والبعض منها ملوثة للبيئة يوضح (الملحق (A) الجدول (1) القيم التقريبية للنواتج الرئيسية للملوثات) . ويمكن تحديد نواتج الاحتراق التي قد تظهر لمختلف ضر وف الاحتراق بما يلي [2,4]:

A - نواتج الأحتراق غير الكامل وتشمل:

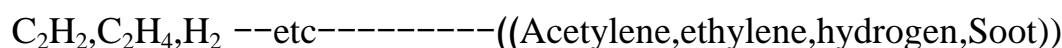
• الهيدروكربونات غير المحترقة.



• الهيدروكربونات المحترقة جزئيا:



B - نواتج التفسير الحراري [2,4]:



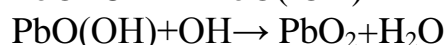
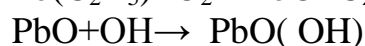
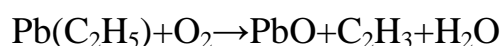
C - النواتج الثانوية للاحتراق وتشمل:

• أكاسيد النيتروجين: NO, NO₂-----((Oxides of nitrogen))

وتنتج من تفاعل النيتروجين N₂ مع الأوكسجين O₂ نتيجة ارتفاع درجات الحرارة العالية داخل غرفة الاحتراق أثناء عملية الأحتراق.

• أكسيد الرصاص (Lead oxides PbO₂)

وينتج من إضافة رابع اثيل الرصاص (Tetra-ethyl lead TEL) إلى وقود الكازولين لغرض زيادة رقم الاوكتان للوقود وتقود التفاعلات الى التالي [3,4]:



• أكاسيد الكبريت SO_x (sulfur oxides)

وينتج من شوائب الوقود وتختلف شوائب الكبريت في الوقود حسب منشأ الوقود.

2-2 مصادر المواد الملوثة من السيارات:

بعض مكونات العادم يتم السيطرة عليها من خلال تحسين ظروف الاحتراق والبعض الآخر تكون نسبها قليلة ولكن تبقى هذه النسب القليلة نسبيا للملوثات الرئيسية وهي (CO , NO_x , HC , SO_x , اكاسيد الرصاص) ذات أهمية عالية وتتركز معظم البحوث حول مصادرها وطرق قياسها والعمل على الحد منها ويمكن تحديد مصدر كل ملوث لسيارات البنزين كما يلي [5,6]:-

A-الهيدروكربونات (HC) المحترقة جزئيا والغير محترقة [3,7]:

الهيدروكربونات وهي جزيئات الوقود الغير محترقة أو المحترقة جزئيا واهم مصادرها التبخر من المبخرة وخزان الوقود وكذلك من التسرب إلى حوض عمود المرفق عبر حلقات المكبس (هذه المصادر استخدمت تصاميم للسيطرة عليها). ولكن المصدر الرئيسي لها غازات العادم للسيارات وهي ناتجة من عدم الاحتراق المتكامل للوقود وكذلك عمل المحرك بخليط غني وتزداد في السرعة البطيئة والتباطؤ وكذلك تأثير متغيرات العمل للمحرك (نسبة الهواء والوقود, حمل المحرك, نمط العمل, الصيانة الدورية). ويشير [7] إلى ازدياد انبعاث (HC) مع زيادة استهلاك حلقات المكبس وزيادة سمك الطبقة المتاحة الملاصقة لسطح المعدن البارد في غرفة الاحتراق ويتم قياس الهيدروكربونات بأجهزة القياس ويوحدات (Part Per Million) PPM عدد الأجزاء من المليون .

B- أول اوكسيد الكربون CO ((Carbon monoxide)) [3,7]

وهو غاز سام وينتج في غازات العادم من عمل محرك الاحتراق بخليط غني وعدم توفر الاوكسجين الكافي خلال الاحتراق وتزداد نسبة CO عند عدم ضبط خليط الهواء والوقود أو سرعة بطيئة وكذلك في حالة عدم توفر الوقت الكافي لإكمال عملية الاحتراق وتنخفض نسبة أول اوكسيد الكربون CO بشكل كبير عند عمل محرك البنزين بخليط فقير (lean mixture) نسبة (هواء \ وقود) أكثر من (16) وكذلك يقل مع زيادة سرعة المحرك ويقاس كنسبة مئوية من غازات العادم .

C- أكاسيد النتروجين (NO_x) (Oxides of nitrogen) [3, 9]:

ويشمل NO و NO_2 ويتكون في درجات الحرارة العالية لغرفة الاحتراق أعلى من ($1370^\circ C$) حيث يتفاعل الأوكسجين مع النتروجين وقد يتكون أول اوكسيد النتروجين (NO) عند وجود الأوكسجين (خليط فقير) ودرجة حرارة الاحتراق عالية . ويشير [6] إلى تأثير تكون (NO_x) بعدة عوامل أهمها نسبة الهواء إلى الوقود (F/A) وزيادة تقديم الشرارة الذي يؤدي إلى زيادة في الضغط وترتفع درجة الحرارة داخل غرفة الاحتراق وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة تركيز NO_x في غازات العادم وبالرغم من عدم تأثيره المباشر على كفاءة المحرك ولكنها المسؤولة عن تكون السخام عندما تتحد مع الهيدروكربونات (HC) [9,10].

D- أكاسيد الرصاص والمواد المتأكسدة جزئيا [8, 9] :

وتنتج مع العادم بعض المركبات العضوية وغير العضوية ذات الأوزان الجزيئية العالية ومركبات الرصاص. حيث يضاف رابع ائيل الرصاص (Tetra Ethel Lead TEL) إلى وقود محركات البنزين لزيادة مقاومة الصفح (رفع عدد الاوكتان للوقود) .ويبين [9] إلى أن رابع ائيل الرصاص مادة ثقيلة . آذ تبلغ كثافتها 1.7 كغم لتر ودرجة غليانها 200°C وتذوب بسهولة في الوقود (الكازولين) وترفع العدد الاوكتاني له من 80 الى 95 ويحترق حوالي 75% من الرصاص داخل المحرك وينتج على شكل جسيمات صغيرة مع غازات العادم. أما الباقي فيترسب على أجزاء المحرك الداخلية ولقد تم التغلب على مشكلة الترسبات الرصاصية على شمعات القدح وصمامات العادم وما لذلك من أضرار بإضافة مادة ثاني برميد الاثلين لتكوين مركب برميد الرصاص السريع التبخر . وهناك نواتج أخرى السخام (Soot) والروائح (Odor)

2-3 التقنيات المستخدمة في السيطرة على غازات العادم [2, 7]:

استخدمت الشركات عدة منظومات في السيارات الحديثة (العقدين الآخرين) للسيطرة وتقليل الغازات الملوثة (SO_x, HC, NO_x, CO) وفي نفس الوقت الحفاظ على أداء متميز للمحرك وذلك لكي تلبي متطلبات المقاييس العالمية للبيئة. وسنركز هنا على عمل وأهمية كل منظومة من منظومات معالجة غازات العادم فقط وليس على الجانب التركيبي للمنظومات. ويمكن تقسيم منظومات السيطرة إلى قسمين [2,4]:

* منظومات تقليل التلوث غير المباشر وتشمل:

- منظومة السيطرة على الوقود (FDS) ((Fuel Delivery system)) استخدمت منظومات الحقن الالكترونية بدلا من المكربن (Carburetor) وذلك لعدم تمكن الأخير من الإيفاء بمتطلبات حدود نسب التلوث وتقليل صرفيات الوقود وظهرت منظومات الحقن الألمانية والأمريكية واليا بانية والفرنسية . والتي تستخدم الجيل الرابع من الحاسوب [2,3] .
- منظومة الإشعال الالكترونية ((Electronic spark Timing)) يتم السيطرة على توقيت الإشعال بطريقة الكترونية بواسطة الحاسوب وهذه المنظومة توفر توقيت صحيح لبدء الشرارة وتكون الشرارة قوية وبواسطتها يتم الحصول على أفضل تقديم للشرارة يؤدي الى احتراق عالي الكفاءة [2,3]. والذي يقلل استهلاك الوقود ويحد من نسب التلوث.
- منظومة فاصل محول العزم ((Transmission Converter)) أن تصميم فاصل محول العزم هو لربط الأجزاء الداخلية لمحولة العزم ميكانيكيا لتقليل الخسارة في القدرة في مرحلة تحويل العزم عندما يكون تغير السرعة بمعدل ثابت تقريبا وان هذا يزيد من عمر ناقل الحركة الأوتوماتيكي ويقلل نسب التلوث. أن الحاسوب يستلم الإشارة بعد التعشيق على السرعة الثالثة

لناقل الحركة الأوتوماتيكي بواسطة مفتاح السرعة وبعد ذلك يكمل الدائرة الكهربائية للملف اللولبي (Solenoid) لفصل محول العزم الذي يفتح مجرى الزيت الذي بدوره يقوم بتعشيق فاصل محول العزم.

* منظومات تقليل التلوث المباشرة وتشمل [4,8]:

• منظومة تهوية عمود المرفق ((Positive crankcase ventilation))

وهو نظام قديم في السيارات ويقوم بجمع الغازات المتسربة من حلقات المكبس وأبخرة الزيوت المستعملة في تزييت المحرك وتوجيهها عن طريق صمام يدعى بصمام (PCV) إلى مجمع السحب وإعادته إلى غرفة الاحتراق عن طريق مرشح الهواء وبهذه المنظومة يتم التخلص من بعض الملوثات الهيدروكربونية .

• منظومة السيطرة على أبخرة الوقود ((Evaporative emission control))

أن أفضل طريقة للتخلص من بخار الكازولين المتجمع في خزان الوقود هو جمعه وحرقه داخل غرفة الاحتراق. في هذه المنظومة يتصل المرشح الفحمي بخزان الوقود عن طريق أنبوب يقوم بنقل الأبخرة من خزان الوقود إلى المرشح الفحمي والتي تخزن فيه بامتصاصها من قبل الفحم المنشط (كاربون منشط) لمنع تلوث الجو وتتم السيطرة على هذه العملية بواسطة الحاسوب (ECM) والحاسوب يراقب المعلومات التي لديه ويقرر متى يسمح للأبخرة بالخروج من الحاوية إلى أنابيب السحب.

• منظومة تدوير غازات العادم ((Exhaust gas Recirculation))

أن هذه المنظومة تستعمل لتقليل نسب أكاسيد النتروجين (NO_x) المنبعثة من غازات العادم والناجمة من الارتفاع الشديد في درجات الحرارة أثناء احتراق الوقود وتقوم هذه المنظومة بتقليل حرارة الاحتراق عن طريق صمام يدعى (EGR) وهو صمام يسمح بمرور نسبة من غازات العادم إلى نظام السحب ويؤدي إلى خفض درجة حرارة غرفة الاحتراق بشكل كبير وينخفض تكون أكاسيد النيتروجين (NO_x) .

• منظومة إدارة الهواء ((Air management system))

وتقوم هذه المنظومة بتقليل التلوث المنبعث من العادم من خلال تقليل نسبة أول اوكسيد الكربون CO والهيدروكربونات HC ومبدأ العمل تقوم هذه المنظومة وتحت ظرف معين بضخ الهواء (الأوكسجين) إلى مجمع أنابيب العادم لأجل أتمام احتراق الوقود الذي غادر غرفة الاحتراق وهذه العملية تساعد أيضًا في تسهيل مهمة عمل (catalytic converter) الموجودة في أنابيب العادم.

• منظومة التبخر المبكر للوقود ((Early fuel Evaporation)) (EFE)

وتستخدم في السيارات في المناطق الباردة وتقوم بتسخين سريع لأنابيب السحب وهذا التسخين يؤدي إلى تبخر مبكر للوقود والحصول على خليط متجانس (homogenous mixture) وذلك لجعل الاحتراق أفضل وزيادة سرعة انتشار جبهة اللهب في الخليط أثناء الاحتراق وتقليل انبعاث الملوثات من غازات العادم [3,7].

• منظومة مرشح الهواء الحراري ((Thermostatic Air cleaner))

أن السيطرة على درجة حرارة الهواء الداخل إلى المحرك (غرفة الاحتراق) من خلال مرشح الهواء له أهميته الكبيرة في احتراق مزيج الهواء والوقود وكذلك تقليل نسبة الملوثات في غازات العادم لذا صممت مرشحات الهواء الحديثة بحيث يتم التحكم ببوابات سحب الهواء أوتوماتيكيا تبعا لظروف عمل السيارة ففي ظروف انخفاض درجات الحرارة والرطوبة العالية تغلق فتحة الهواء التي تسحب الهواء مباشرة من الجو وتفتح الفتحة الأخرى والتي تسحب الهواء بعد مروره على أنابيب العادم (أي هواء ساخن) [5].

• منظومة المحولة الحفازة ((Catalytic converter))

يعتبر المحول الحفاز الجهاز الأكثر فعالية في السيطرة على انبعاثات العادم (وهو شائع الاستخدام) . فعند استخدامها في منظومة العادم تعمل العوامل الحفازة على خفض درجة حرارة أكسدة CO,HC وتقليل أكاسيد النتروجين (NO_x) . وينتج عن الأكسدة N_2, O_2, CO_2, H_2O وتوضع المحول الحفاز في وسط أو مؤخرة منظومة العادم. أغلب المحفزات استخداما هي التي تستخدم البلاتينيوم (platinum) والبلاديوم (palladium) للأكسدة وتستخدم الريديوم (Rhodium) لتقليل أكاسيد النتروجين حيث يتم طلاؤها على مادة مسامية عادة ما تكون على شكل حبيبات من أوكسيد الألمنيوم (Aluminum Oxides) أو على شكل خلايا النحل من أوكسيد الألمنيوم [4,9]. أن مسامية أوكسيد الألمنيوم توفر مساحة سطحية كبيرة جدا يمكن طلاؤها بالمادة الحفازة لأعطاء أقصى تعريض من المادة الحفازة إلى الغازات.

- تقنيات قياس وتحليل غازات العادم ((Exhaust Gas analysis techniques))

في جميع البلدان ذات القيود العالمية على الانبعاثية مثل اليابان Japan والدول الأوروبية Europe و U.S.A تم تطوير أنظمة الاختبار للانبعاثية وغازات العادم (الملحق A الجدول 2) بعض البلدان أخذت إجراءات وتقنيات أكثر تعقيدا. وبشكل عام يعتمد الاختبار على نوع السيارة والغرض من الاختبار [2, 6] . وهناك ثلاثة اختبارات رئيسية دولية وهي:-

- اختبار نوع (homologation) للحصول على شهادة عامة للسيارة.
 - اختبارات لعينات عشوائية لفحص المنتج وحسب ساعات العمل .
 - اختبار الفحص و التنبه حيث يتم فحص مكونات غازات العادم خلال العمل الحقيقي للمركبة .
- وفي معظم البلدان يتم تصنيف وتخصيص السيارات الى ثلاث مجاميع رئيسية وإصدار الحدود المسموح بها للملوثات بناء على هذا التصنيف ويتضمن المجاميع التالية [6] :-

- سيارة خفيفة وهي تزن اقل من 3.8 ton
- سيارة تجارية ثقيلة وهي تزن أكثر من 3.8 ton
- سيارة مسافرين.

وتتم هذه الاختبارات أما عند عمل السيارة في الطريق أو يتم تشغيل السيارة على منصة الاختبار النوع المتدرج (roller –type test stand) وبعد الاختبار ومقارنة نسب الملوثات يتم إعطاء المركبة ترخيص الإنتاج بعد اجتياز الاختبارات وهذه الاختبارات تتركز حول اختبار المحرك تحت مختلف الظروف والأحمال ويتم حساب قيم الملوثات ومقارنتها مع قيم الحدود المسموح بها للانبعاثات وإعطاء المنتج احد الرتب التالية [2, 4]:-

- سيارة قليلة الانبعاثية (LEV) Low –Emissions Vehicle
- سيارة نقل قليلة الانبعاثية (TLEV) Transitional –Low-Emission Vehicle
- سيارة ذات انبعاثية قليلة جدا (ULEV) Ultra-Low-Emission Vehicle
- سيارة متميزة جدا بقلّة الانبعاثية (SULEV) Super-Ultra-Low-Emission Vehicle
- سيارة ذات الانبعاثية الصفرية (ZEV) Zero-Emission Vehicle

*الجانب العملي والأجهزة المستخدمة :-

تم استخدام الأجهزة التالية في الاختبارات:

أولاً: جهاز تحليل غازات العادم (Exhaust Gas analysis) حديث الصنع نوع (T156D) إيطالي الصنع من شركة (Pigas Expander) ويعمل بنظام Windows . وتم استخدام الجهاز بربط المتحسس الخاص بالجهاز إلى أنبوب عادم المحرك ولمسافة 30 cm من نهاية أنبوب العادم وذلك بربط المتحسس إلى أنبوبة عادم السيارة ويعمل هذا الجهاز بحاسبة الكترونية وله القابلية على قياس كل من نسبة الهواء إلى الوقود (F \ A) ونسب مكونات غازات العادم HC, O_2, NO_x, CO, CO_2

ثانياً: السيارات المستخدمة في الاختبارات شائعة الاستخدام في الطرق العراقية . تعمل بوقود الكازولين

وبموديلات مختلفة وتم الاختبار حسب المنشأ والموديل وعدد ساعات العمل وكما يلي:-

- سيارة (Hyundai) موديل 2003 ولها ساعات عمل أقل من 50, 000 km
- سيارة (KIA Sportage) موديل 2000 ولها ساعات عمل أقل من 100,000 km
- سيارة (Opel) موديل 1995 ولها ساعات عمل أقل من 150, 000 km
- سيارة (Volkswagen) موديل 1985 ولها ساعات عمل أكثر من 200, 000 km

تم تحليل غازات العادم للسيارات المستخدمة لمدى واسع للسرعة الدورانية وتشمل السرعة البطيئة والعالية خلال المدى من 1000 r.p.m إلى 5500 r.p.m وتحت ظروف حمل الطريق وباستخدام منصة اختبار متدرجة (roller-type test stand) وتم تحليل هذه الظروف وفق الطرق المستخدمة عالمياً في فحص عينات من السيارات المستخدمة في الطرق .

أما فحص عمل وصلاحية منظومات تقليل التلوث المباشرة وغير المباشرة المستخدمة لعينة واسعة من السيارات فتم بالاعتماد على ورشتين متخصصة في صيانة السيارات وشمل كافة منظومات التلوث للسيارة وتم فحص تركيبها وتوصيلاتها إلى أجزاء المحرك وباستمرار فحص لكل سيارة الملحق (A) يوضح استمارة الفحص المعتمدة.

*- النتائج والمناقشة:

نتائج نسب التلوث:

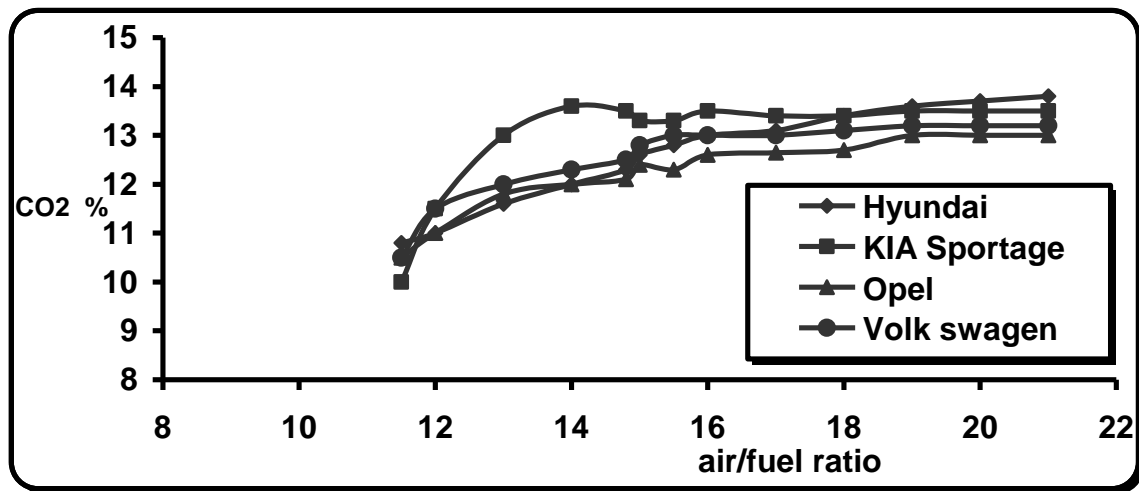
توضح الأشكال (1,2,3,4,5) العلاقة بين نسب غازات العادم (CO_2 , CO , NO_x , HC , O_2) مع نسبت الهواء إلى الوقود (F/A) على التوالي

للسيارات (Volk Swagen 1985, Opel 1995, KIA Sportage 2000, Hyundai 2003) من الشكل (1) نلاحظ أن أعلى نسبة لغاز CO_2 هي تتبع من سيارة KIA Sportage ومن ثم Hyundai وارتفاع نسبة CO_2 يعني احتراق عالي الكفاءة في المحركات لأن CO_2 من نواتج الاحتراق التام في حين تنخفض في النوعين الآخرين مما يعني أنها أقل كفاءة احتراق. ومن خلال الشكل (2) نلاحظ إن أقل نسبة للملوث CO هي في سيارة KIA Sportage ويعود السبب إلى كفاءة الاحتراق وفعالية المحول الحفاز (Catalytic converter) المستخدم والذي يعالج غازات العادم بزيادة أكسدة HC, CO إلى H_2O, CO_2 والمسافة المقطوعة أقل نسبياً. وتأتي بعدها Hyundai في حين تكون عالية في سيارة Volkswagen 1985 لعدم استخدامها المحول الحفاز وزيادة الاستهلاك للمحرك والمسافة المقطوعة طويلة وتفتقر إلى وسائل معالجة العادم.

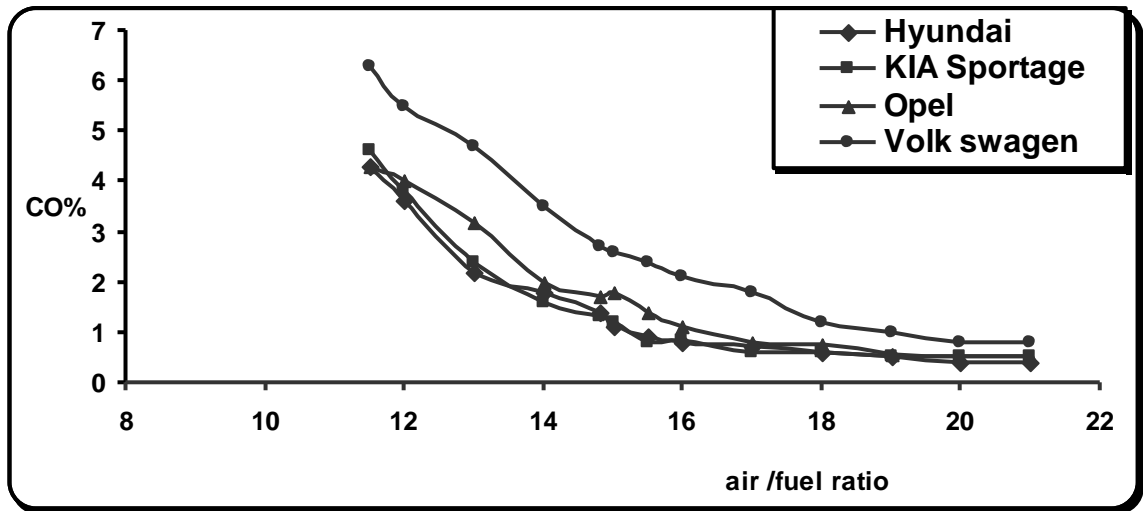
من خلال الشكل (4) يمكن ملاحظة الانخفاض الكبير في نسب الهيدروكربونات (HC) في عادم سيارات Hyundai و Opel ومن بعد تأتي KIA Sportage وهذا الملوث يعتمد بشكل رئيسي على تصميم غرفة الاحتراق ووسائل معالجة غازات العادم وخاصة (Catalytic converter) والمسافة المقطوعة للسيارة واستهلاك حلقات المكبس مما يعني المحافظة على نسبة الانبعاث للمحرك وكذلك يزداد تركيز HC عند زيادة نسبة الخلط أعلى من $A/F=19$ الخليط فقير جداً وذلك لبطء عملية الحرق وانخفاض درجة الحرارة ولجميع السيارات. أما من الشكل (5) فنلاحظ أن فائض الأوكسجين في غازات العادم يكون أعلى تركيزاً في سيارة Opel ومن ثم Hyundai لعمل هذه السيارات بخليط فقير نتيجة استخدامها منظومة الحقن والإشعال الإلكترونية.

أما ظروف العمل الأفضل للمحركات نلاحظه من الأشكال (1,2,3,4,5) يظهر لنا بشكل واضح الانخفاض الكبير في نسب الملوثات عند عمل المحركات ولجميع السيارات في نسب الخلط الفقير (lean mixture) وخاصة أول اوكسيد الكربون (CO) وتصل أدنى مستوى لها عند نسبة خلط

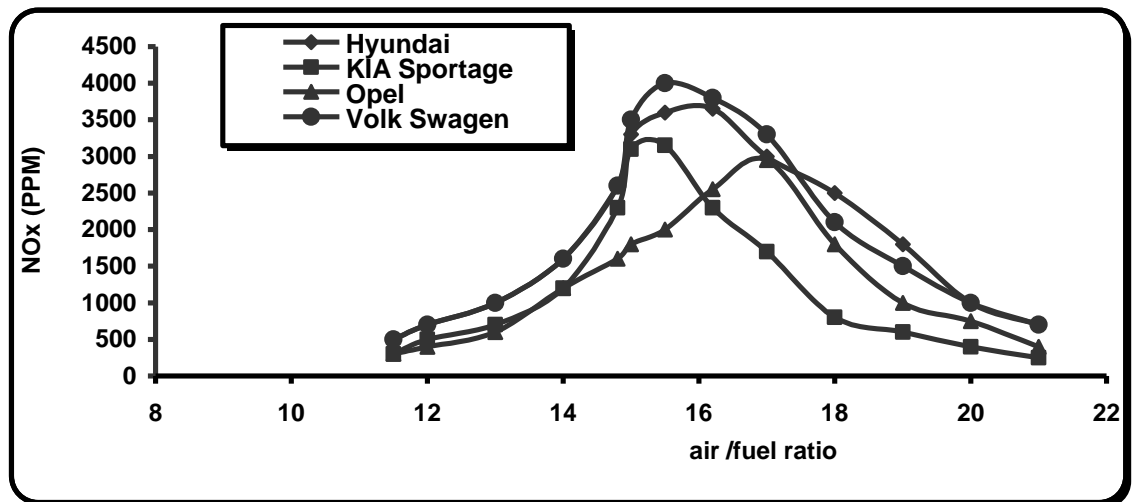
18الى20 . أما الهيدروكربونات غير المحترقة (HC) فتكون في أدنى مستوى لها عند نسب خلط بين 15 الى 18 . وكذلك تنخفض نسب (NO_x) بشكل واضح عند نسب الخلط أكثر من (16.5) ويعود السبب إلى توفر الأوكسجين الكافي لجعل الاحتراق أكثر تكامل في غرفة الاحتراق . وكذلك نلاحظ أن أعلى نسب لأكاسيد النتروجين NO_x يكون عند نسب خلط (هواء وقود) تتراوح بين 15 إلى 16 وفي جميع السيارات أيضا . ونستنتج من خلال النتائج أن من المفضل عمل السيارة بنسبة خلط أعلى من 15 وذلك لانخفاض العالي الذي يحصل في نسب الملوثات . أما ناحية نوعية السيارة نلاحظ انخفاض في نسب الملوثات في سيارات (KIA Sportage و Hyundai) اقل من الأنواع الأخرى للسيارات وخاصة نسب HC, CO وكذلك NO_x وذلك يعود لاستخدام وسائل فعالة لمعالجة غازات العادم . كذلك نلاحظ ارتفاع في نسب التلوث في السيارات التي لها ساعات عمل أكثر من 150000 KM وبشكل واضح ومن خلال النتائج هناك ارتفاع ملحوظ في نسب الهيدروكربونات غير المحترقة (HC) في غازات العادم للسيارات ذات ساعات العمل الطويلة والتي تعاني من استهلاك جزئي في حلقات المكبس وأجزاء المحرك بشكل عام كما نلاحظه في سيارة Volk Swagen . ويظهر الانخفاض العالي في سيارة Hyundai وذلك لفعالية أجهزة الحد من الملوثات وخاصة المحول الحفاز المستخدم في حين نلاحظ ارتفاعها في Volk Swagen وذلك لاستخدامها منظومة عادم تقليدية ولا تحتوي على المحول الحفاز .



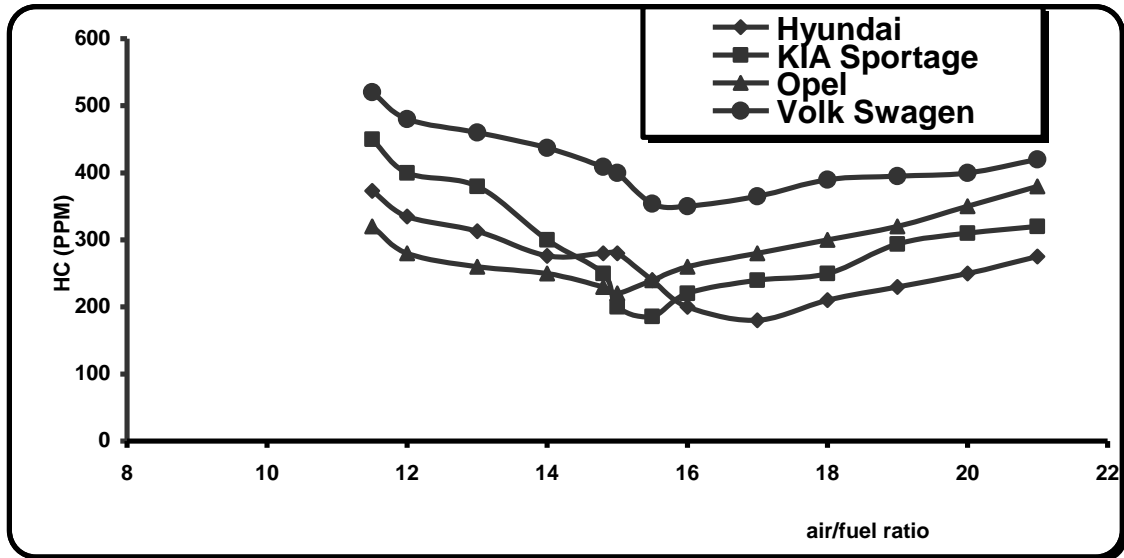
شكل (1) يمثل نسبة تركيز CO₂ في غازات العادم مع نسبة خلط الهواء الوقود (F/A)
لنماذج السيارات



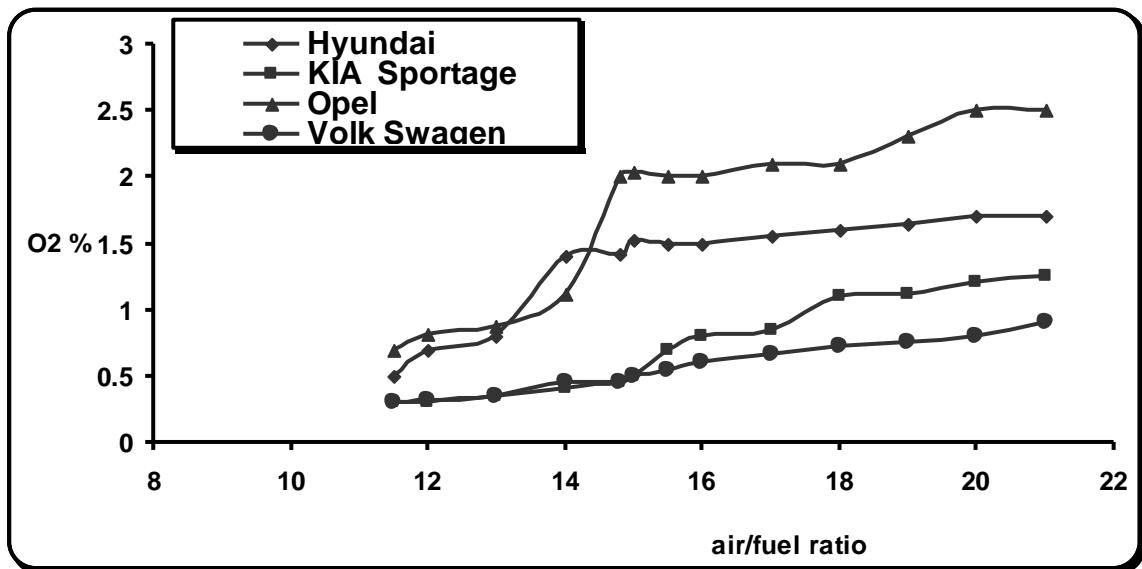
شكل (2) يمثل نسبة تركيز CO في غازات العادم مع نسبة خلط الهواء \ الوقود (F\A)
لنماذج السيارات



شكل (3) يمثل نسبة تركيز NO_x في غازات العادم مع نسبة خلط الهواء \ الوقود (F\A)
لنماذج السيارات



شكل (4) يمثل نسبة ملوثات HC في غازات العادم مع نسبة خلط الهواء\الوقود (F\A)
لنماذج السيارات



شكل (5) يمثل نسبة تركيز O₂ في غازات العادم مع نسبة خلط الهواء\الوقود (F\A)
لنماذج السيارات

من خلال الأشكال (6,7,8,9) نلاحظ محصلة النتائج الرئيسية لتغيير نسب غازات العادم CO₂, CO, HC, NO_x مع تغيير سرعة المحرك ولنفس النماذج من السيارات

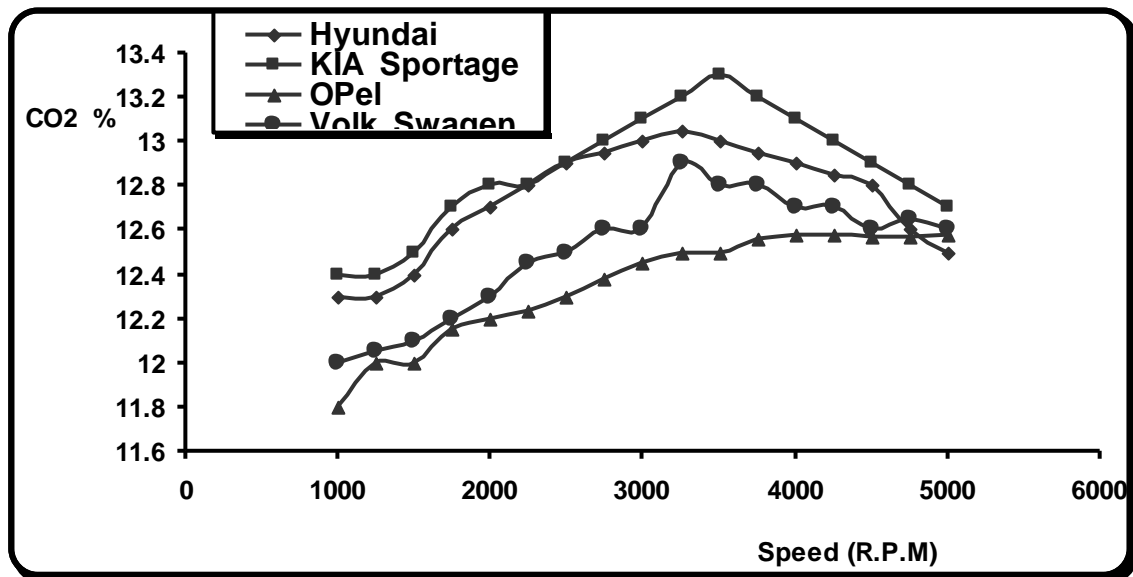
(Hyundai 2003, KIA Sportage 2000, OPEL 1995, Volkswagen 1985) على التوالي من خلال الشكل (6) نلاحظ أن أعلى نسبة لغاز CO₂ هي تنبعث من سيارة KIA Sportage ومن ثم Hyundai على طول مدى السرعة المستخدم في الاختبار ولنفس الأسباب السابقة كفاءة الاحتراق وفعالية وسائل معالجة العادم المستخدمة فيها . و من الشكل (7) نلاحظ انخفاض نسبة CO في عادم سيارات KIA Sportage و Hyundai على طول مدى السرعة المستخدم في الاختبار مقارنة بالأنواع الأخرى

ومن الشكل (9) نلاحظ الهبوط الكبير في تركيز HC مع زيادة سرعة المحرك وعلى طول مدى السرعة المستخدم وذلك لارتفاع درجة حرارة غرفة الاحتراق وتتميز سيارة Hyundai 2003 بمستوى واطي لتركيز HC وذلك لفعالية أنظمة معالجة العادم المستخدمة .

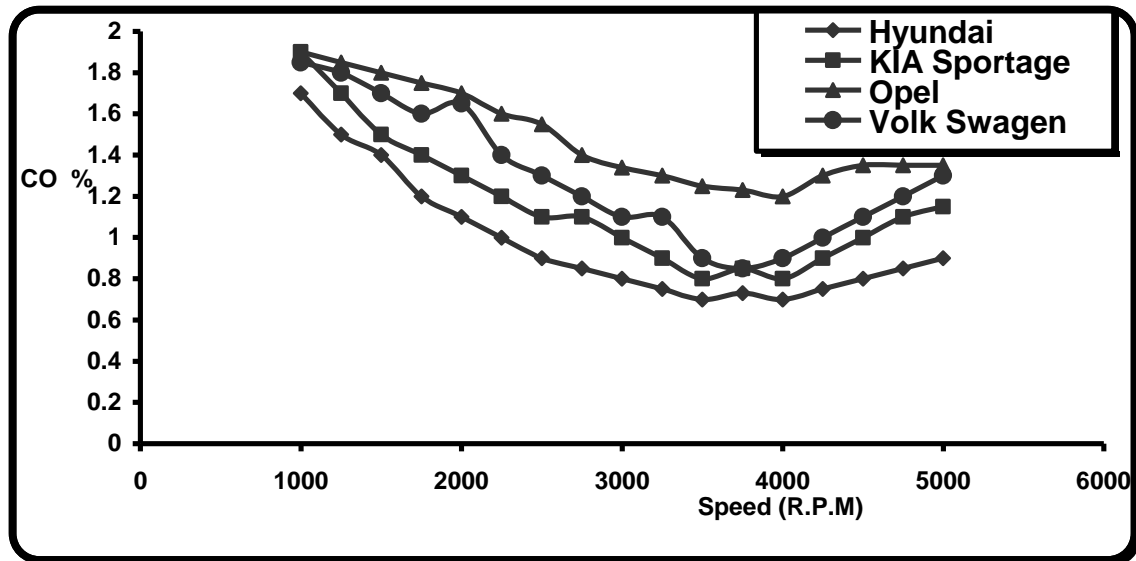
ومن خلال الأشكال (6,7,8,9) نلاحظ انخفاض نسب الملوثات الرئيسية CO , NO_x , HC في غازات العادم للسيارات ذات ساعات العمل اقل من 100000 km في حين تزداد هذه النسب في الموديلات التي لها ساعات عمل أكثر من 100000 km . وكذلك نلاحظ انخفاض نسب الهيدروكربونات HC في السيارات الجديدة والتي لها ساعات عمل قليلة وبشكل واضح ويعود السبب إلى محافظة المحرك على نسبة الأنضغاط وحصول عملية الاحتراق بشكل أكثر تكامل. وهذا واضح في سيارة Hyundai 2003 KIA Sportage 2000 بالإضافة إلى استخدام هذه السيارات نظام الحقن للوقود (fuel injection) وهذا النظام يوفر زيادة الكفاءة الحجمية للمحرك وتحسن في تقليل استهلاك الوقود النوعي المكبحي (B.S.F.C) ونسبة 30% عن المبخرة الاعتيادية كما أشارت البحوث السابقة.

وتستخدم نظام إعادة تدوير غازات العادم (EGR) ونسب عالية وكذلك تستخدم المحول الحفاز الثلاثي (3-way compromised) في الحمل الجزئي لمعالجة غازات العادم وهذه الوسائل تستخدم للحد من NO_x ونسبة الهيدروكربونات (HC) غير المحترقة لان الخليط المستخدم فقير جدا.

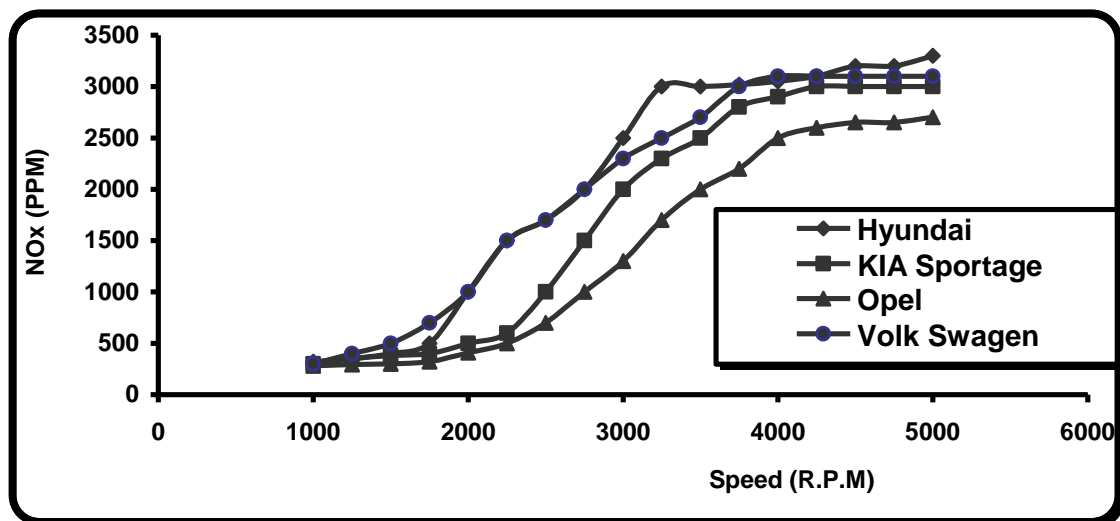
نلاحظ من نفس الأشكال (6,7,8,9) التغيير العام لتركيز الملوثات مع تغيير السرعة حيث نلاحظ انخفاض كبير في نسب ملوثات CO , HC مع زيادة سرعة المحرك في حين تزداد نسب اكاسيد النتروجين NO_x وبشكل كبير في غازات العادم مع زيادة سرعة المحرك ولجميع السيارات . وتعود الزيادة في NO_x إلى ارتفاع درجة الحرارة في غرفة الاحتراق عند زيادة السرعة وبذلك يزداد تفاعل النتروجين مع الأوكسجين .



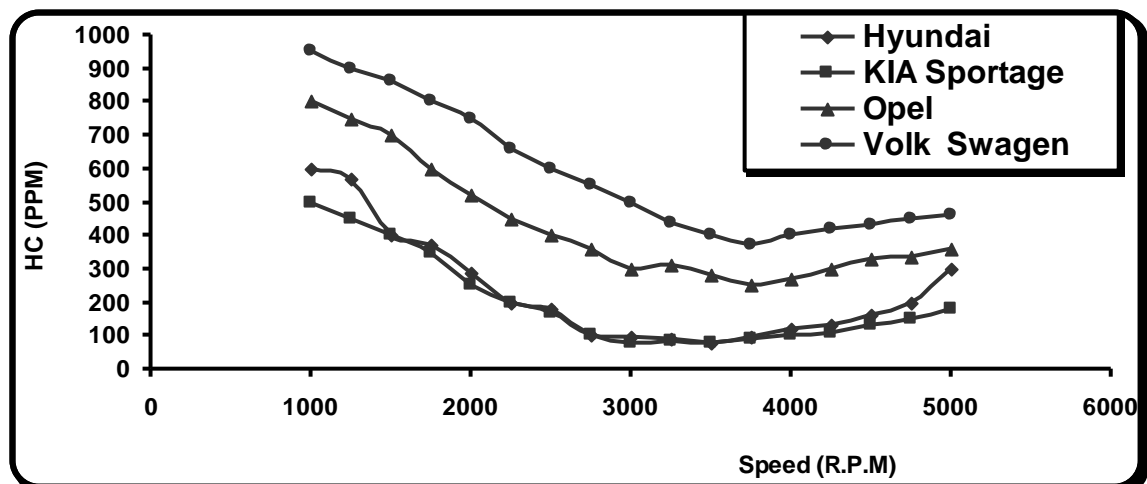
شكل (6) يمثل نسبة CO_2 في غازات العادم لمدى واسع للسرعة لنماذج السيارات



شكل (7) يمثل نسبة CO في غازات العادم لمدى واسع للسرعة لنماذج السيارات



شكل (8) يمثل نسبة NO_x في غازات العادم لمدى واسع للسرعة لنماذج السيارات



الشكل (9) يمثل نسبة HC في غازات العادم لمدى واسع للسرعة لنماذج السيارة

وباستخدام المعادلات في الملحق (A) تم حساب نسب الملوثات في غازات عادم نماذج السيارات السابقة وأجراء المقارنة مع القيم في الجداول (2,3) في الملحق وتبين نتائج المقارنة أن السيارات ذات المسافة المقطوعة أقل من 100000 km تلبي المتطلبات البيئية (ضمن الحدود المسموح بها للملوثات) ولطول مدى السرعة المستخدم في الاختبار . أما السيارات ذات المسافة المقطوعة 150000 km فتلبي المتطلبات في مدى السرعة المتوسطة والعالية فقط . في حين أن السيارات ذات مسافة 200000 km فلا تلبي المتطلبات البيئية على طول نقاط مدى السرعة المستخدم في الاختبارات ونسب التلوث مرتفعة فيها .

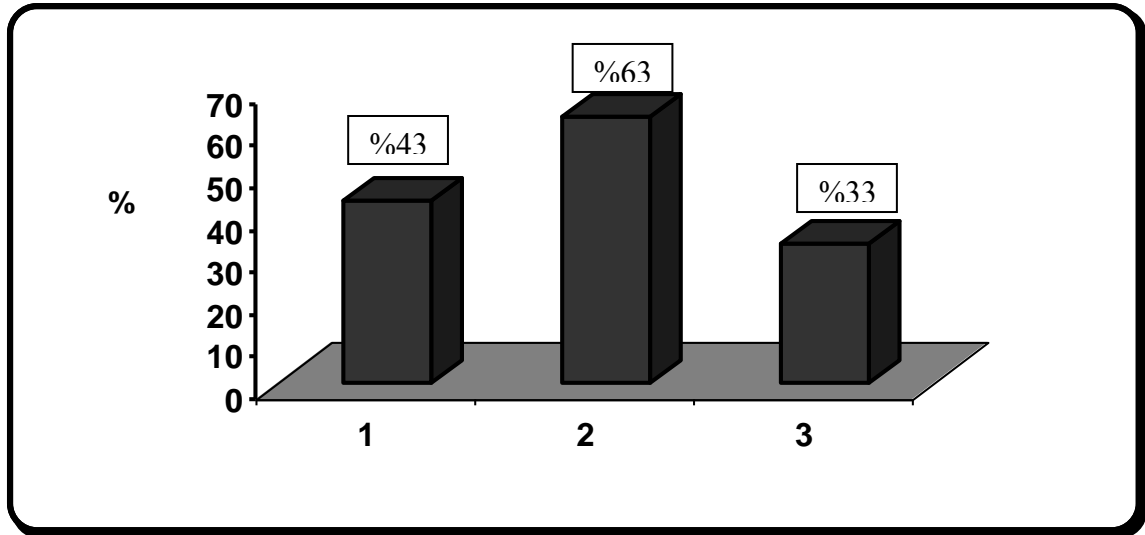
مناقشة نتائج فحص منظومات تقليل التلوث المستخدمة في السيارات:

تم إجراء إحصائية على عينات من السيارات المستخدمة في الطرق العراقية لمعرفة نسبة السيارات التي تستخدم كل منظومة من منظومات معالجة غازات العادم المباشرة وغير المباشرة وتحويلها الى نسبة مئوية وشمل الفحص عينة مؤلفة من 400 سيارة تعمل بوقود الكازولين . وإيجاد نسب مئوية لاستخدام كل منظومة وباستخدام استمارة الفحص المعدة لكل سيارة . الملحق (A) يوضح نموذج من استمارة الفحص المستخدمة واجري الفحص بورشتي تصليح متخصصة لصيانة السيارات وشمل كافة منظومات التلوث للسيارة . وتبدأ بفحص تركيبها وتوصيلاتها إلى أجزاء المحرك وتحديد صلاحية المنظومات من خلال فحص مدى تأثيرها على عمل وتركيز أنبعاثات العادم لمختلف ظروف العمل . إن بعض المنظومات موجودة في السيارة ولكنها غير مربوطة بشكل صحيح إلى أجزاء المحرك أثناء الصيانة غير الجيدة لها . علما أن بعض السيارات تستخدم قسم من هذه الوسائل والبعض الآخر يستخدم معظم هذه الوسائل على نفس السيارة والأشكال (10, 11) تعطي محصلة النتائج للفحوصات العملية للسيارات

أولاً: نسبة السيارات التي تستخدم منظومات معالجة العادم غير المباشرة:

النتائج التالية هي النسب المئوية للسيارات التي تستخدم منظومات التلوث غير المباشرة في عينة السيارات التي شملها الفحص والشكل (10) يوضح هذه النسب

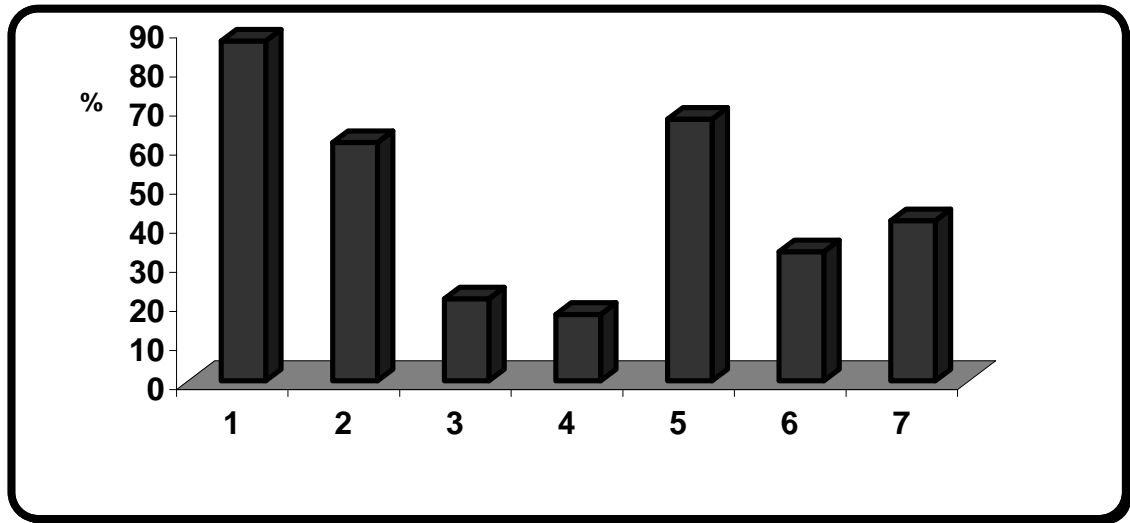
ت	أسم المنظومة	النسبة المئوية للسيارات
1-	منظومة السيطرة على الوقود الالكترونية	43 %
2-	منظومة السيطرة على الإشعال الالكترونية	63 %
3-	منظومة فاصل محول العزم الأوتوماتيكي	33 %



الشكل (10) مخطط لنسب منظومات معالجة العادم غير المباشرة المستخدمة في السيارات

ثانيا: نسبة السيارات التي تستخدم منظومات تقليل التلوث المباشرة:
النتائج التالية هي النسب المئوية للسيارات التي تستخدم منظومات تقليل التلوث المباشرة في عينة السيارات التي شملها الفحص والشكل (11) يوضح هذه النسب.

ت	اسم المنظومة	النسبة المئوية للسيارات
1-	منظومة تهوية عمود المرفق	87 %
2-	منظومة السيطرة على أبخرة الوقود	61 %
3-	منظومة تدوير غازات العادم	21 %
4-	منظومة إدارة الهواء	17 %
5-	منظومة التبخر المبكر للوقود	67 %
6-	منظومة مرشح الهواء الحراري	33 %
7-	منظومة المحول الحفاز	41 %

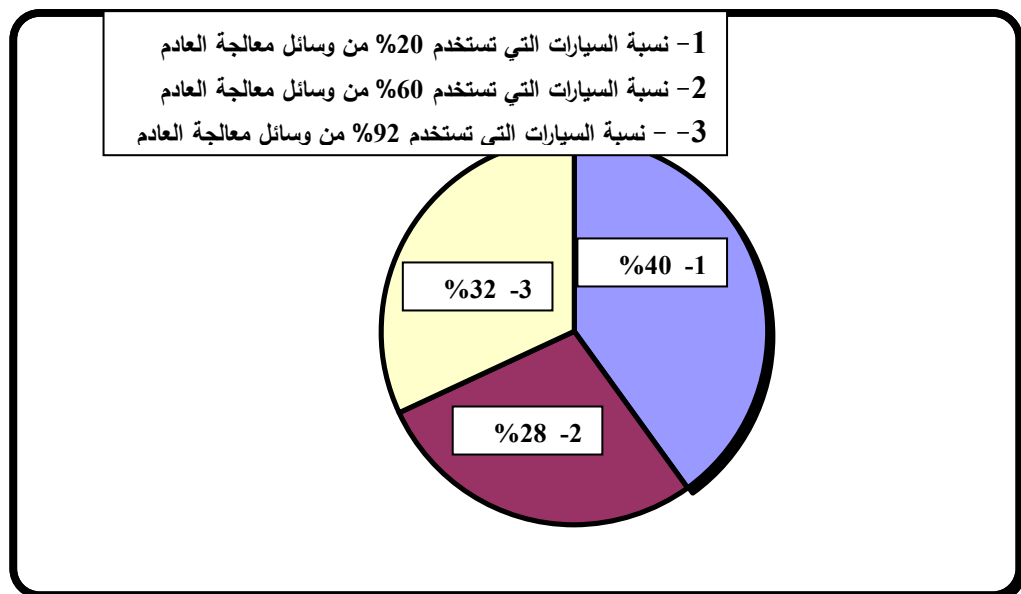


الشكل (11) مخطط لنسب منظومات تقليل التلوث المباشرة المستخدمة في السيارات

من خلال الفحوصات السابقة يمكن ملاحظة ما يلي :

- نلاحظ أن 40 % من هذه السيارات تستخدم 20 % من وسائل معالجة غازات العادم.
- نلاحظ أن 28 % من هذه السيارات تستخدم 60 % من وسائل معالجة غازات العادم.
- في حين أن 32 % فقط من هذه السيارات تستخدم معظم هذه الوسائل ونسبة 92 % .

وهذه النسب تشير إلى أن عدد كبير من السيارات يكون نسب الملوثة الخارجة منه لا تكون ضمن النسب المسموح بها . ونلاحظ أيضا وجود هذه المنظومات في بعض السيارات معطلة عن العمل ولا تؤدي عملها المطلوب لقلة الصيانة وإهمال توصيلاتها إلى أجزاء المحرك والشكل (12) يوضح ملخص لنسب استخدام وسائل معالجة غازات العادم الكلية (المباشرة وغير المباشرة) في السيارات التي شملها الفحص.



شكل (12) مخطط النسب المئوية للاستخدام الفعلي لمنظومات معالجة العادم للسيارات

* الاستنتاجات:

- * أن ارتفاع نسبة CO_2 في عادم سيارات Hyundai و KIA Sportage يعني إن الاحتراق عالي الكفاءة في هذه السيارات. وانخفاض نسب HC , NO_x , CO لنفس السيارات يشير إلى فعالية منظومات معالجة غازات العادم المستخدمة فيها وقلة استهلاك المحرك .
- * نلاحظ بشكل واضح الانخفاض في نسب الملوثات HC , CO عند عمل المحرك بخليط فقير وكذلك تنخفض نسبة NO_x عند نسب خلط (هواء / وقود) أكثر من 16.5 .
- * أن انخفاض كبير في نسب الملوثات CO , HC مع زيادة سرعة المحرك في حين تزداد نسب أكاسيد النيتروجين NO_x وبشكل كبير ولجميع السيارات .
- * انخفاض نسب الملوثات المنبعثة HC , NO_x , CO بنسب 45 % و 65 % و 35 % على التوالي في السيارات التي تستخدم وسائل السيطرة الالكترونية وأنظمة تقليل التلوث مقارنة في السيارات التي لا تستخدم هذه الأنظمة .
- * من خلال المقارنة مع قيم الجداول نلاحظ أن نسب انبعاثية السيارات تعتمد بشكل مباشر على ساعات العمل للمحرك (المسافة المقطوعة) ووسائل المعالجة المباشرة وغير المباشرة للعادم.
- * نلاحظ فعالية المحول الحفاز (Catalytic Converter) في الحد من الملوثات وخاصة في سيارة Hyundai 2003 حيث يقوم بخفض درجة الحرارة وأكسدة كلا من الملوثات الرئيسية HC , CO وينتج عن الأكسدة H_2O , CO_2 , O_2 , H_2 وهذه النواتج تعتبر غير ملوثة وقل ضررا على البيئة .
- * وجود نسبة كبيرة من السيارات لا تلبى المتطلبات البيئية وخاصة السيارات ذات ساعات العمل أكثر من 150000 KM تعاني من قلة الصيانة لمنظوماتها وذات انبعاثية عالية جدا وذلك لان معظمها لا يستخدم وسائل معالجة غازات العادم وتستخدم السيطرة الميكانيكية على الإشعال وتغذية المحرك (carburer) وكذلك توقف بعض المنظومات عن العمل .
- * تحسين منظومات تجهيز الخليط إلى المحرك واستخدام نظام تسخين الهواء الداخل للمحرك باستغلال ماء تبريد المحرك وتدويره حول مجرى الدخول له دور كبير في الحصول على خليط متجانس واكتمال الاحتراق والحد من نسب الملوثات والنظام مستخدم بشكل واسع في السيارات.
- * تشير النتائج العملية إلى أن السيارات التي تستخدم نظام تدوير غازات العادم (EGR) والمحول الحفاز (Catalytic Converter) من أفضل السيارات في الحد من نسب غازات العادم ((HC , NO_x , CO)) مثل Hyundai 2003 وبعض الشركات تستخدم جميع المنظومات على نفس السيارة .

- * من خلال إجراء إحصائية على عينة من السيارات في الطرق العراقية تبين أن 60 % من هذه السيارات لا تحتوي على منظومات حماية البيئة وبالأخص المحول الحفار وتفتقر إلى الصيانة وبعض المنظومات فيها معطلة عن العمل .
- * بينت نتائج الفحص والمقاربة استخدام بعض السيارات لمحركات تجاوزت ساعات العمل المقررة لها وبحاجة إلى صيانة شاملة ووجود نسبة من السيارات تعمل بمحركات محورة أثناء الصيانة وعدم كفاءة الاحتراق داخل غرفة الاحتراق وتجاوزت نسب التلوث بمدى كبير .
- * بينت نتائج الفحوصات أن 32 % فقط من السيارات تحتوي على معظم وسائل المعالجة لغازات العادم وهذه الوسائل تعمل بشكل صحيح في حين أن 28 % يلبي المتطلبات بشكل جزئي أما القسم الأكبر 40 % لا تلبي المتطلبات البيئية والنسب المسموح بها.
- * أن أحد الأسباب الرئيسية لارتفاع نسبة الملوثات المنبعثة من السيارات في الطرق العراقية هو عملية ضبط موزع الإشعال (توقيت الشرارة) على توقيت متأخر قليلا وذلك لكون عملية الضبط ميكانيكية لمعظم السيارات التي لا تستخدم الحقن الإلكتروني ولعدم جودت الوقود المستخدم ولتجنب ظهور الصفع (Knock) وهذا بدوره يؤدي إلى احتراق جزئي للوقود .

REFERENCES

- * Benjamin Baird and S.R. Gallahalli ((Emissions and Efficiency of a spark – Ignition Engine fueled with a natural Gas and Propane mixture)) power generation conference Miami Beach Florida, July 23-26-2000
- * Robert Bosch ...etall ((Gasoline engine management))1999.
- * Markatos N.C. ((computer simulation for fluid flow, heat and combustion in reciprocating engines))1989.
- * Sobiesiak.A((internal combustion engines))2005.
- * Alkidas A.K, drews R.J((effect of mixture preparation on HC Emission of S.I Engine operating under steady state cold conditions)) SAE paper 961956.
- * Sendyka B.,DacyL.L ((the mathematical Model describing the energy process in the area of exhaust Gas after-Burning)) international scientific conference on Internal combustion Engines ,KoNES 2001,Poland
- * Mathur .M.L and R.P.Sharma((A course in internal combustion Engines)) 1985.
- * Tomomi Kaneko----etall ((NO_x Redution in Diesel combustion by Enhanced mixing of Spray Tip Region)) 2003
- * Taylor ,C.((Internal combustion engine and air pollution))—1986.
- * Kuo,K.K,((principles of combustion)) New York,1986,pp.589-591.
- * Sorenson.((simple computer simulation for internal combustion engine))Int.J.of mech. vol ,NO.39.1981
- * Bronislaw Sendyka,Jacek ((Recovery of exhaust energy by means of turbo compound))---2002

الملحق (A):

استمارة فحص سيارة

تاريخ إجراء الفحص

نوع السيارة :

/ /

المسافة المقطوعة للسيارة

المنشاء :

الموديل:

() Km

ت	اسم المنظومة	المنظومة صالحة للعمل	تعمل بشكل غير جيد	غير صالحة للعمل
1	منظومة السيطرة على الوقود الالكترونية			
2	منظومة السيطرة على الإشعال الالكترونية			
3	منظومة فاصل محول العزم الأوتوماتيكي			
4	منظومة تهوية عمود المرفق			
5	منظومة السيطرة على أبخرة الوقود			
6	منظومة تدوير غازات العادم			
7	منظومة إدارة الهواء			
8	منظومة التبخر المبكر للوقود			
9	منظومة المحول الحفاز			
10	منظومة مرشح الهواء الحراري			
11	إلية تقديم وضبط التوقيت			

المعادلات المستخدمة في الحسابات

- نسبة الهواء إلى الوقود (A/F) وحساب كتلة غازات العادم [3,7]

للجهاز المستخدم في البحث القابلية على حساب نسبة الهواء إلى الوقود (A/F) بصورة مباشرة من شاشة الجهاز وبشكل مستمر ولمختلف ظروف العمل للسيارة.

$$A/F = m_a/m_f \text{-----(1)}$$

$$m_a = (A/F) * m_f$$

حيث m_a = كتلة الهواء, m_f = كتلة الوقود

- تم حساب استهلاك السيارة من الوقود باستخدام المعادلة التالية [3,7]:

$$S = m_f / x \text{ ----- (2)}$$

حيث S = استهلاك السيارة للوقود (litter/km), x = المسافة المقطوعة (km)

- تم حساب وتحويل الاستهلاك من النسبة الحجمية إلى استهلاك الكتلة

$$\rho = m / v \text{ ----- (3)}$$

حيث ρ = كثافة وقود الكازولين 0.77 kg/m^3 , v = الحجم

- تم استخدام المعادلة التالية لحساب كتلة غازات العادم [12]

$$m_{ex} = \beta * m_a \text{ ----- (4)}$$

حيث β = معامل التغير أجزئي لمحركات الكازولين 1.03 - 1.05, m_{ex} = كتلة غازات العادم

- تحويل النسب المئوية لكل مكون للعادم إلى قيم وزنية باستخدام المعادلة ومن ثم المقارنة مع القيم

$$CO = \%CO * m_{ex} \text{ ----- (5)}$$

حيث $\%CO$ = النسبة المئوية لغاز أول أوكسيد الكربون .

جدول (1) أوزان النواتج الرئيسية للتلوث الناتجة من أشعال وقود البنزين بمقدار 100 لتر. وتحت الظروف القياسية لمحركات الاحتراق الداخلي التي تعطي أعلى كفاءة وأقل تلوث واستهلاك للوقود (ظروف المثالية).

الوزن	المكون	NO
10— 15 kg	Carbon monoxide CO	1-
0.3— 0.6 kg	Unburned Hydrocarbons HC	2-
0.3— 1.5 kg	Nitrogen oxides NO _x	3-
60g	Aldehydes acids Cn Hm .CHO	4-
24g	Carboxylic acids CnHm COOH	5-
30g	Sulfur oxides	6-
24g	Ammonia	7-
30—60g	Inorganic solids	8-

جدول (2) حدود الانبعاثية المسموح فيها في سيارات السفر للأعوام من 1980 إلى 2005 في السيارات الأوروبية :

Year	CO(g/mile)	Nox(g/mile)	HC (g/mile)
1980	5.40	1.2	0.41
1981- 1982	5.40	1.2	0.41
1983- 1985	4.20	1.0	0.41
1986-1990	3.40	0.60	0.40
1991	3.40	0.60	0.40
1992	3.40	0.60	0.40
1993	3.1	0.40	0.37
1994	3.1	0.40	0.37
1995	3.1	0.40	0.37
1996	2.70	0.25	0.341
1997	2.70	0.25	0.341
1998	2.50	0.20	0.31
1999	2.50	0.20	0.31
2000	2.30	0.15	0.20
2001	2.10	0.15	0.20
2002	2.10	0.15	0.125
2003	1.50	0.10	0.125
2004	1.50	0.10	0.125
2005	1.00	0.08	0.10

جدول (3) المدى المعتمد في الانبعاثية لسيارات السفر لعام 2005

	CO (g/ km)	NO _x (g/km)	HC(g/km)
MAX	2.7	0.55	0.62
MEAN	2.1	0.4	0.4

استخدام المدخل الابتكاري في تحليل وحل مشكلات أسلوب الإحالة في مناقصات المشاريع الإنشائية

د. صدقي اسماعيل رزوقي
جامعة بغداد – كلية الهندسة
مدرس

الخلاصة

تواجه صناعة التشييد في العراق وخاصة في الظروف الحالية تحديات كبيرة انعكست بشكل واضح على سرعة ونوعية وكلف هذه المشاريع , احدى هذه التحديات هي مشكلة اختيار العطاء الانسب اذ ان العطاء الاقل سعراً هو الذي يفوز بالمشروع رغم افتقاره وفي احيان كثيرة المقومات المناسبة كي يكون العطاء الافضل . قام الباحث بدراسة ميدانية لظاهرة عدم دقة التسعير من خلال المقابلات الشخصية مع عدد كبير من المختصين . ومن خلال تطبيق تقنيات المدخل الابتكاري والعصف الذهني , ثم اقتراح معيار مناسب يعتمد على عوامل عديدة لاعتماده كاساس تقييم وترسية العطاءات . تم تقييم هذا المعيار من قبل عدد من المختصين الذين ابدوا ملائمتهم للتطبيق لتقليل سلبيات الاحالة الى العطاء الاقل سعراً .

ABSTRACT

Iraqi Construction Industry faces large challenges especially now adays: these challenges cause many problems in the quality, cost and duration of the projects. One of these challenges is the problems of choosing the appropriate offer, because the lowest one is chosen in spite of the fact that this offer is not the best one. The researcher made a field study for the case of incorrect pricing of contracts through direct interviews with many expertise's. Through the application of innovative approach & brainstorming techniques, a proposed criterion for choosing the suitable offer was suggested depending on many factors as a base for evaluation and tendering of offers. This criterion also evaluated by many senior engineers and assured its suitability.

المقدمة

إن مشاريع التشييد تصمم وتنفذ حسب احتياجات صاحب العمل وضمن برنامج وكلفة معقولة وإذا لم يكن صاحب العمل هو المنفذ فانه يحتاج إلى مقاول ذي خبرة وقدرة كافية لتحمل المسؤولية لجميع مراحل تنفيذ المشروع.

إن التحديات التي تواجه صناعة التشييد في العراق وخاصة في الظروف الحالية تحتم على العاملين فيها التفكير الجدي من أجل دفع عجلة التقدم في مجال المقاولات نحو الأفضل.

ولما كانت نوعية المقاولات وأساليب أحوالها وصفة العطاء المختار لها من العلاقة المباشرة ومن الأهمية في تأمين التوصل إلى هدف المشاريع، ولقلة الدراسة المتخصصة حول الموضوع فقد اختار الباحث هذا الجانب لموضوع البحث وبتحديد ما يتعلق بإعمال الشركات المقاولات من القطاع العام والخاص كحالة دراسية لتنوع اختصاصاتها وخبرتها السابقة. لاتخاذ القرار الأمثل والصائب من بين مجموعة من الحلول لغرض اختيار العطاء الأنسب، إذ إن مضمون القرار في الإدارة ما هو إلا ترجمة فعلية للأهداف والسياسات التي تتاط بالإدارة لتحقيقها.

مبررات البحث.

تحتل إدارة العقود أهمية كبيرة في جميع مجالات الحياة لأنها تعد الأداة الكفوة في تحديد الأفضل للتنفيذ. وفي قطاع التشييد تبرز هذه الأهمية لان العامل البشري يطغى على باقي العوامل المؤثرة في العملية التنفيذية لكون عملية اتخاذ القرار في علم الإدارة تركز على مبدأ اختيار انسب البدائل المتاحة أمام متخذ القرار لانجاز الهدف أو الأهداف المرجوة وفي بعض الأحيان قد يكون القرار هو رفض جميع البدائل المتاحة تفادياً للالتزام أو الارتباط لان هذا الاختيار يتم بعد دراسة مستفيضة لكل جوانب المشكلة موضوع القرار .

وقد تبلورت فكرة البحث في موضوع (سوء اختيار العطاء الأنسب) مع دراسة حالة تطبيقية لمشاريع التشييد في العراق وذلك لظهور حالة إحالة المناقصات إلى العطاءات الأقل سعراً أو الإحالة إلى شركات معينة دون إجراء المنافسة وبالتالي ظهور مشاكل جمة منها المشكلات الإنسانية والاقتصادية وغيرها، إذ إن الفساد في عملية ابرام وتنفيذ العقود يعتبر كارثة كبيرة على الدول المتطورة والنامية على حد سواء فتكون النتيجة إنشاءات رديئة الجودة وإدارة ضعيفة وهذا ما نراه في بعض المشاريع في العراق بالوقت الحاضر .

أهداف البحث.

يهدف هذا البحث إلى استعراض الأساليب المتبعة في إحالة المقاولات في قطاع التشييد من خلال إجراء دراسة نظرية ودراسة ميدانية لتحديد واقع الحال و محاولة تقييم هذا الواقع وبيان المشاكل التي يعاني منها القطاع.

إضافة إلى استخدام أسلوب المدخل الابتكاري في تحليل وحل مشكلة أسلوب الإحالة من خلال وضع المعايير التي تعيد الانضباط والتوازن إلى سوق المناقصات.

فرضيات البحث.

يقوم البحث على أساس اختبار مدى صحة الفرضيات الآتية:

- (1) يواجه قطاع التشييد في العراق مشكلة عدم وجود أساس واضح لترسية المناقصات. إذ إن كل جهة تطبق ما يناسبها فالبعض يحتكم للسعر دون النظر إلى اعتبارات أخرى لاتقل أهمية، والبعض الآخر يبحث عن الجودة بغض النظر عن السعر والمسالة متفاوتة.
- (2) النظام المعتمد في تصنيف وتأهيل المقاولين الذي يمنع أية شركة من التقدم لعطاءات اكبر من قدرتها، يحتاج الى صرامة ودقة في التنفيذ
- (3) كثرة عدد الشركات المرخص لها بالعمل في السوق قياسا بحجم المشروعات التي تطرح الآن مما جعل شركات كثيرة تنافس على السعر إلى حد وصلت فيه الأسعار إلى اقل من الميزانية المحددة للمشروع والجهة صاحبة المشروع لا تحرك ساكناً.
- (4) وجود بعض الشركات التي لا يهتمها إن ربحت أو خسرت بقدر ما يهتمها الحصول على المشروعات لضمان الاستمرار
- (5) دخول بعض الشركات الأجنبية العملاقة والتي تعتبر خارج نطاق المنافسة نظرا لحجمها وإمكانياتها الهائلة وفوزها بنصيب الأسد من المشروعات الكبيرة بالسوق المحلية.

المقاولات في قطاع التشييد

تعرف المقاولات بأنها (عقد يتعهد بموجبه احد الطرفين المتعاقدين للطرف الآخر بتقديم خدمات أو مواد أو كليهما معا لإنشاء وإكمال وصيانة منشأ هندسي أو لتطوير منشأ هندسي قائم وتنفيذ جميع الأعمال المبينة في المخططات وجداول الكميات وحسب الشروط والمواصفات المطلوبة على أن يدفع الطرف الأول تكاليف ما يقوم به الطرف الثاني من أعمال)⁽¹⁾ .

ويمكن تصنيف المقاولات الإنشائية حسب أسلوب الإحالة المتبع إلى صنفين رئيسيين هما:
أولاً :- مقاولات تحال بالأسلوب التنافسي.

وهي أكثر أنواع المقاولات شيوعا وتقوم على أساس ضمان المنافسة الحرة لجميع الذين لديهم الرغبة في المساهمة في المناقصة والتعاقد لتنفيذ المشاريع بقصد الوصول إلى أفضل عطاء لتنفيذ المقاوله وهناك نوعان من المناقصات العامة هما.⁽²⁾

(1) المناقصة العالمية. وتتم بإعلان الدعوة إلى جميع الراغبين في المساهمة داخل وخارج القطر.

(2) المناقصة المحلية. وتقتصر على المناقصين المحليين لأسباب تعود إلى توفر الإمكانيات المحلية من الناحيتين الفنية والمالية.

ثانياً: مقاولات تحال بأسلوب التكليف

تسمى بالمقاولات التفاوضية. أو الدعوة الخاصة ويطلق عليها أيضا بالدعوة المباشرة وتتم بتوجيه دعوة إلى مجموعة لاتقل عن ثلاثة من المقاولين من أشخاص أو شركات أو مؤسسات (3) ممن يمتلكون الكفاءة الفنية والقدرة المالية للاضطلاع بمهمة تنفيذ المشاريع ذات الطبيعة الخاصة أو في حالات معينة لها علاقة بطبيعة وحجم المشروع وما يتطلبه ذلك. وفي هذا النوع يتم انتقاء المقاولين بعد اجتيازهم التأهيل الأولي ودراسة أعمالهم ومؤهلاتهم مما يسهل اختيار واحد أو أكثر من المرشحين للتقديم على العمل ويفضل استخدامه في المشاريع الخاصة من اختصاصات فنية معينة يختارهم صاحب العمل للدخول في المناقصة وبذلك تكون المنافسة محددة وتتم هذه الدعوة بطريقتين: (4)

1) الطريقة الأولى:

تتضمن اختيار مجموعة من المقاولين وتوجيه الدعوة لهم ثم يطلب منهم تقديم عطاءاتهم ويتم اختيار احدهم في ضوء أفضل عطاء.

2) الطريقة الثانية.

تتم على مرحلتين حيث تبدأ الأولى بإعلان الدعوة إلى المقاولين الراغبين في المساهمة في المناقصة ثم يطلب منهم تقديم مؤهلاتهم والأعمال المماثلة التي قاموا بتنفيذها وتكون الدعوة لغرض اختيار عدد المقاولين الذين تتوفر فيهم شروط المطلوبة لتوجيه الدعوة الخاصة لهم وبعد تسلم المعلومات المطلوبة في المرحلة الأولى تبدأ المرحلة الثانية حيث يتم في ضوءها ترشيح المقاولين الذين ستوجه الدعوة إليهم لتقديم عطاءاتهم ثم يتم اختيار أفضل عطاء.

إجراءات إحالة المقاولات الإنشائية.

بعد أن يقوم المقاولون بتقديم عطاءاتهم الى الجهة المعنية بالمشروع تقوم الجهة المنفذة المخولة بالإحالة بتشكيل لجنة لفتح العطاءات وتكون هذه اللجنة برئاسة موظف بدرجة مدير عام وعضوية ممثل عن كل من الدائرة القانونية والمالية ومهندس وممثل عن الجهة المنفذة وسكرتير بدرجة رئيس ملاحظين مع عضوين احتياطيين (3).

تجتمع لجنة فتح العطاءات حال انتهاء الوقت المحدد لغلق المناقصة وتباشر بفتح العطاءات بأكملها في الجلسة ذاتها بحضور المناقصين أو ممثليهم المخولين وبعد انتهاء عملية فتح العطاءات يقوم رئيس اللجنة بإعلان أسعار المناقصين كما ورد في عطاءاتهم وإحالة العطاءات ومرفقاتها إلى لجنة تدقيق وتحليل العطاءات.

تقوم لجنة تدقيق وتحليل العطاءات بتنظيم جدول مفصل بالعطاءات كافة بعد الانتهاء من عملية تدقيقها وتحليلها حيث يبين الجدول مقارنة كاملة من النواحي الفنية والقانونية والمالية وجميع التفاصيل المتعلقة بها.

وبعد هذه الإجراءات تحدد اللجنة اسم المناقص المرشح للإحالة والأساس الذي استندت إليه في هذا الترشيح في التقرير النهائي الذي تقدمه إلى الجهة المخولة بالإحالة (صاحب العمل) .
تقوم الجهة المخولة بتبليغ المناقص الذي رست عليه المناقصة خلال خمسة عشر يوما من تاريخ صدور قرار إحالة المقابلة إليه.

ينظم العقد بنسختين أصليتين وبعد اكتمال إجراءات توقيع صيغة التعاقد تودع النسخة الأولى لدى الجهة المنفذة والثانية لدى المقاول وتودع نسخ مصورة طبق الأصل لدى كل من الدوائر المالية والقانونية والجهات الأخرى التي ترى الجهة المنفذة ضرورة تزويدها بالنسخ⁽³⁾

العوامل التي تؤثر على اختيار المقاولين

- تتم إحالة المقابلة بموجب أفضل عطاء مقدم وهناك عدة عوامل تؤثر على اختيار صاحب العمل للمقاول ويختلف تأثيرها حسب نوعية المقابلة وقيمتها وحجمها وأهميتها ومن هذه العوامل ما يلي:
1. الكفاءة الفنية والخبرة في مجال العمل المطلوب
 2. المؤهلات المادية وتشمل الرصيد النقدي والمعدات والآليات التي تمتلكها الشركة
 3. كفاءة الملاك التنفيذي وحسن التنظيم الإداري للشركة
 4. الثقة والسمعة الجيدة حيث إن التفضيل يكون للشركة التي تنجز الأعمال بمواعيدها وبمواصفاتها وبأقل ما يمكن من مشاكل
 5. مدة تنفيذ العمل التي يقدرها المقاول في عطاءه
 6. الأعمال المماثلة التي قام المقاول بتنفيذها بنجاح.

تسعير العطاء

يحتل عنصر التسعير الأهمية الأولى لدى الجهات المستفيدة والمنفذة، إذ أن كفاءة التخمين والتسعير من العوامل المؤثرة في نجاح أو فشل المقاولين العاملين في قطاع التشييد.
إن الخطوة الأولى في تسعير العطاء هي تحديد مجموعة العمل الخاصة بدراسة المشروع ويتم اختيار مجموعة التسعير حسب نوع المشروع وحسب سياسة الشركة في تسعير مشاريعها. ويتطلب أن يكون المسؤول عن التسعير ذا خبرة ومهارة إدارية تمكنه من التنسيق مع أعضاء الملاك العامل على عملية التسعير.
يعتمد التسعير على تحليل عناصر المقابلة المختلفة وإضافة نسبة معقولة منة الإرباح ويجب توفر بعض الأمور الأساسية منها⁽⁵⁾

1. وضوح كامل لمتطلبات العمل من مخططات وجداول كميات ومواصفات فنية وشروط المقابلة وفحوصات.

2. معرفة بالسوق وما يتعلق بالمواد وأماكن توفرها وأسعارها وتوفر أجور الأيدي العاملة الوقتية والمعدات وكلف صيانتها ومستلزمات تشغيلها، وكافة المتطلبات والعناصر الداخلة بالعمل.
3. معرفة بالموقع والطرق الموصلة اليه وتوفر الخدمات الضرورية للتنفيذ كالماء والكهرباء وغيرها.
4. معرفة بالقوانين والتعليمات النافذة .
5. معرفة أسعار المقاولين الثانويين.
6. توصيف طرق تنفيذ المشروع ويتم ذلك بالتنسيق بين من يقوم بالتسعير والملاك الذي سيقوم بالتنفيذ.

بالإضافة إلى ما ذكر أعلاه هناك عوامل أخرى تؤثر في تسعير المقاول منها:

- 1) العرض والطلب في سوق المقاولات وشحة أو توفر المواد والأيدي العاملة والاستقرار السياسي والنمو الاقتصادي.
- 2) خبرة المقاول وسمعته وحرصه على الإيفاء بالالتزامات والتحسب لمفاجآت السوق وحجم الأعمال الملتزم بها عند التسعير والسيولة النقدية المتوفرة لديه.
- 3) التوجيهات والقرارات المركزية والتي تتعلق بحماية الاقتصاد الوطني.

إن ارتفاع سعر العطاء المقدم يضمن أعلى ربح ممكن ويقلل مخاطر خسارة الأموال ولكنه بالوقت نفسه يزيد مخاطر احتمال عدم الفوز والحصول على العمل. كما أن تقليل سعر العطاء المقدم يقلل مخاطر عدم الحصول على العمل ويزيد مخاطر خسارة الأموال حيث يقل الربح المضاف⁽⁶⁾. وبالنظر لأهمية هذا الأمر لابد من الإشارة إلى وجوب حرص المقاول على دراسة الأسعار دراسة شاملة وتفصيلية قبل تقديم عطاءه ولكن المقاول يكون هنا تحت تأثير ثلاثة عوامل متداخلة وهي:

- 1) بذل الجهود للحصول على أفضل المعلومات عن الأسعار السائدة حتى يمكنه القيام بتقدير كلفة الأعمال المختلفة.
 - 2) يحرص المقاول على أن تكون الكلف المقدمة من قبله بالحد الأدنى لكي يضمن لنفسه مركزاً تنافسياً بعد فتح العطاءات.
 - 3) إن لمدة الإعلان اثر كبير على منح الوقت المتاح للمقاول للقيام بعملية التسعير وقد تكون تلك الفترة ضيقة بحيث يضطر المقاول إلى الاعتماد على خبرته الذاتية في التسعير الأمر الذي قد يعرضه لمخاطر تقديم أسعار عالية جداً أو واطئة جداً.
- أصبحت عمليات التسعير الآن من النشاطات الهندسية التخصصية حيث تعنى بقياس وتدقيق الكميات والأسعار بأساليب حديثة وأصبحت من الموضوعات ذات المناهج المقررة وتدرس في الكليات الهندسية ولكن دوائر العراق مازالت في أفضل الأحوال تتبع الطرق التقليدية.

إن إدارة المقاولات تعتمد على ثلاثة مقومات أساسية هي الجودة والمدة والكلفة. وتتطلب الجودة توفر الخبرة والتقنية والكادر الفني الكفاء، أما المدة فتستلزم الحسابات الزمنية الصحيحة لتاريخ بدأ العمل وانتهائه ومتابعة مراحله المختلفة، أما الكلفة فإنها تستوجب الحسابات الاقتصادية الصحيحة لتحديد الكلف التفصيلية للمقاولات

الدراسة العملية

بعد أن تم عرض الجوانب النظرية التي تتعلق بأساليب الإحالة وصنع القرار لتنفيذ المقاولات الإنشائية، يأتي دور الدراسة الميدانية المتعلقة بالتطبيقات العملية للموضوع ليكتمل البحث بها. تضمنت الدراسة الميدانية مقابلات استطلاعية لمعرفة الأساليب المتبعة في إحالة المقاولات الإنشائية وشملت المقابلات عينات من المقاولين والجهات المستفيدة. ويعتبر أسلوب المقابلات من الأساليب الجيدة للحصول على معلومات. وإن نجاحها يعتمد على تركيز الباحث على الجوانب الرئيسة التي تخدم البحث. ونتيجة لذلك تبين للباحث أن الأسلوب التنافسي التقليدي الذي سبق التطرق إليه هو الأسلوب السائد في الإحالة وبشكل عام نلاحظ في السنوات التي سبقت الحرب على العراق عام 2003 أن الأسلوب التنافسي هو السائد ونسبته مرتفعة قياساً بأسلوب التكليف الذي اقتصر على حالات استثنائية خاصة بالمشاريع الرئاسية والإستراتيجية. أما بعد الحرب يكاد يكون الأسلوب التنافسي هو الغالب والأعم إلا بعض الحالات التي تتم فيها إسناد الأعمال إلى بعض الشركات الأجنبية دون إجراء عملية التنافس، وهذا واضح من خلال التقارير المنشورة على شبكة الانترنت⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾:

كذلك تضمن المسح الميداني استخدام مدخل الابتكار في عملية تحليل المشكلات الناجمة من الإحالة إلى العطاءات الأقل سعراً، إذ أن الابتكار يعتبر قيمة رئيسة وضرورية وله من الأهمية القصوى في زيادة احتمالات الوصول إلى البديل الأكثر فعالية، ويوجد أسلوبين في هذا السياق يقودان إلى زيادة كمية الأفكار وهما أسلوب "تعصيف الذهن" "Brainstorming" وكذلك أسلوب المجموعة الاسمية "Nominal Group". ولقد تم استخدام أسلوب تعصيف الذهن في هذا البحث، لما يمتاز به من السهولة واليسر والفهم لجميع الاطراف المشاركة في عملية الابتكار.

يعتمد هذا الأسلوب على تعظيم عدد الأفكار التي تطرح بدائل لتنفيذ حل المشكلات عن طريق المجموعات، وتعتمد هذه الطريقة على عدة أسس:

- 1) عدد أفراد مجموعة العمل الامثل ما بين 4-9 أفراد.
- 2) يتم التركيز في المرحلة الأولى في عملية تعصيف الذهن على عدد (كمية) الأفكار
- 3) يتم تلافي عوائق المشاركة الفعالة من أفراد مجموعة العمل بأن لا يتم التعليق في المرحلة الأولى على أي فكرة يتم طرحها وتأجيل ذلك إلى المرحلة التالية
- 4) يتم في المرحلة الثانية تقييم كل فكرة جماعياً حتى يتم توسيع نطاق المناقشة مما يزيد من عملية كفاءة التقييم

وتكون نتيجة المناقشة الجماعية احد النواتج التالية:

(1) استبعاد الفكرة نهائياً.

(2) تعديل الفكرة بإدخال التعديلات أو تطوير الفكرة لتكون أكثر قدرة على التطبيق.

(3) إعادة الترتيب للمتغيرات داخل البديل.

(4) تجميع أكثر من بديل في فكرة اعم.

ولتفادي مشكلة عدم تفضيل أو قدرة بعض الأشخاص على طرح أفكارهم أمام المجموعة، تم ابتكار أسلوب جديد في تعصيف الذهن ويسمى "تعصيف الذهن الالكتروني" "Electronic Brainstorming"، وتتلخص هذه الطريقة بان يتم توفير وحدة طرفية Terminal لحاسب إلي لكل فرد من الأفراد بحيث يكونوا كلهم مرتبطين ومن المتطلبات الأخرى وجود برنامج متخصص في الحاسب الآلي يسمح لكل فرد بان يدخل أفكاره على الحاسب ويظهر له في حالة طلبه مجموعة من أفكار الآخرين بطريقة عشوائية على شاشة الوحدة الطرفية الخاصة به، وبذلك يمكن أن يطور كل فرد أفكار الآخرين وفي نفس الوقت تفادي الإحراج من طرح أفكاره أمام الآخرين. وفي هذا البحث تم الاستفادة من المنتديات الهندسية الالكترونية مثل منتدى المهندسين العرب ومنتدى الاستراتيجية لتطبيق المفهوم أعلاه إضافة إلى سهولة استخدام شبكة الانترنت في محاولة من الباحث لاستكشاف الواقع وتلمس الحلول من خلال استطلاع الآراء العديد من المهندسين العاملين في قطاع التشييد الذين اتفقوا على أشياء واختلفوا على أخرى وان كان الجميع قد تكلم بصراحة مطلقة لوجود نية صادقة واتجاه أصيل لتشخيص الظاهرة وإيجاد الحل المناسب. إذ تم التوصل إلى مجموعة من الحقائق حول عدم دقة التسعير من خلال اتباع أسلوب العصف الذهني الالكتروني:

(1) غياب وعدم وجود نظام يجبر شركات المقاولات على إتباع أسلوب محدد في عملية تسعير تكلفة تنفيذ المشروعات، وهذا انعكس بدوره على قيام بعض الشركات بقبول مشروعات بأسعار تقل عن التكلفة الأساسية وهو ما يؤثر على أداء هذه الشركات ويؤدي على المدى البعيد إلى التوقف عن تنفيذ المشروعات.

(2) إن تراجع حجم طرح المشروعات أدى لوجود نوع من التزاحم بين شركات المقاولات للحصول على المشروعات، مما يدفعها إلى حرق الأسعار في سوق المقاولات بما يؤثر سلباً على أداء عدد كبير من الشركات، وخاصة إذا أضيف إليها امتناع عدد من الشركات المقولة عن دخول المناقصات التي تتم بأشراف جهات غير حكومية في ظل الظروف الراهنة التي تمر بالبلد.

(3) أن معالجة مشكلة التسعير غير الدقيق صعب باعتبار إن كل شركة تتقدم للعطاء بالسعر الذي تراه مناسباً لها بناء على معطيات خاصة بها من ناحية تكلفة المشروع والربحية.

(4) عدم وجود برامج توعية للشركات بخطورة وأضرار ظاهرة عدم دقة التسعير.

(5) إن النظرة الدقيقة في قطاع المقاولات مفقودة والهدف الذي يجب أن يسعى إليه هو إقامة المشروعات الهندسية بجودة عالية وقيمة معتدلة وخلال فترة زمنية محددة وبالحد الأدنى من اوامر الغيار، وهذا يتطلب إعادة النظر في كيفية سير قطاع البناء والتشييد بكاملة حتى نفرز ونعمق مفهوم المقاول الجيد والاستشاري الجيد والمالك الجيد.

(6) تشير إحصائيات وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي إلى وجود أعداد كبيرة من شركات المقاولات والمقاولين ولكن دون تصنيف فعلي حقيقي حتى الآن إلا بعد الاجتهادات من قبل بعض الجهات ، ولكن حتى هذه الاجتهادات لا تفيد في التصنيف المطلوب ولا تنقص القطاع من بعض الشركات، فنحن أمام حالتين: الأولى وجود مقاولين جيدين يعمل لديهم مهندسون ذوو كفاءة عالية ويمتلكون معدات حديثة وجيدة وعمال مهرة وإدارة جيدة وقد تحملوا الكثير من الأعباء المالية والمهنية حتى وصلوا إلى ما وصلوا إليه، في المقابل يوجد مقاولون ليس لديهم هذه المواصفات وهؤلاء يدخلون «الطرفان معاً» في منافسة على مشروع معين وللأسف فإن الفئة الثانية يكون لها الحظ الأوفر في الحصول على المشروعات وذلك عن طريق حرق الأسعار لأن تقييمهم للأعمال قائم على الارتجال والبعد عن الواقعية، وهذا يؤثر على المدى البعيد، حيث تتعثر هذه الشركات في تنفيذ ما يسند إليها من مشروعات وقد لاحظنا في السنوات الأخيرة زيادة حالات التعثر والإفلاس في هذا القطاع وتعدد القضايا. ومثلاً على ذلك تلكؤ مشروع تطوير القسم المدني في كلية الهندسة في جامعة بغداد وذلك للسبب أعلاه.

(7) للفترة التي سبقت نهاية عام 2005 كانت عملية الحصول سهلة للترخيص ليكون مقاولاً فعلياً وإن يحصل على شركة مصنفة أو مكتب ومهندس وبأية مواصفات ليمارس العمل ويدخل منافسا بالسوق ولا يهم ان يتعثر بعد ذلك، ولذلك فإن وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي يجب ان تطور تصنيفا للمقاولين المصنفين سابقاً وبالتعاون مع نقابة المهندسين العراقية والمقاولين على استعداد لتقديم ما لديها من خبرات لإخراج هذا التصنيف بالشكل والمضمون الذي يخدم القطاع. كما إن التصنيف وحده لا يكفي بل يجب أن يتم متابعة الالتزام بالتصنيف وذلك من خلال التأكد من إسناد المشروعات إلى هذه الشركات كل حسب تصنيفه وإمكانياته وأدائه وذلك بالمشاريع العامة والخاصة.

(8) يوجد ملاك وأصحاب مشاريع يلجأون إلى السعر الأدنى دون أي اعتبار لناحية الجودة في تنفيذ المشروع، وهذا يشجع عدم دقة التسعير، كما إن الذين يؤيدون الاقتصاد الحر لا يدركون أن هناك ضابطاً فعلياً وعلى الأرض ولموسماً نراه في الدول المتقدمة والتي تتبع هذا النظام أساسه المحافظة على الثروة الوطنية والذي نراه حالياً هو مشاريع ذات مواصفات متدنية وارجع ذلك إلى عدم وجود مختبرات كافية لفحص حتى المواد أداخله في عمليات البناء، فعلى سبيل المثال لا توجد مختبرات لفحص المواد العازلة والأصباغ والأخشاب والجرانيت والسيراميك وأطقم الحمامات.

9) ان الاستشاري يتحمل الآن مسؤولية كبيرة لأنه تفرض عليه مشروعات من المقاول الذي لا يستطيع أن ينجز العمل بالمواصفات التي يضعها الاستشاري وبالتالي يسعى الأخير إلى تلبية متطلبات المشروع وكثيراً ما لا يستجيب المقاول وفي الأخير يقع اللوم على الاستشاري الذي يخضع في نهاية المطاف لبعض طلبات المقاول.

10) إن الشركات الأجنبية كانت سبباً في بزوغ ظاهرة ارتفاع الأسعار لأنها استحوذت بإمكانياتها الهائلة على معظم المشروعات العملاقة وما بقي منها تتزاحم عليها الشركات الأخرى وللأسف فإن الجهات الحكومية والقطاع الخاص يساهمان في استفحال هذه الظاهرة لان كلا القطاعين يبحث عن أرخص الأسعار دون النظر إلى الاعتبارات الأخرى.

11) لا يمكن القول بأن هناك أسعاراً غير دقيقة في سوق المقاولات وإنما هناك أسعار غير صحيحة أو متدنية تصل أحياناً إلى أقل من الميزانية المحددة للمشروع سلفاً.. ونرى اليوم مناقصات الفرق فيها بين الأول والثاني يصل إلى 10% وبين الأول والثالث 15% وبين الأول والرابع 35% وربما أكثر من ذلك، فكيف يمكن أن نثبت بأن هذا السعر محروق أم لا.

12) هناك تخوف من قبل بعض لجان الإحالة والتفاوض في تحمل المسؤولية عند إرساء المقابلة إلى العطاء الأنسب وليس الأقل سعراً وهذا ما يعزز فرضية البحث التي تشير إلى غياب أسس تقييم وترسية العطاءات على الشركات.

13) إن لموضوع العرض والطلب تأثير آخر في ظاهرة حرق الأسعار وهو اتجاه عالمي معروف وليس قاصراً على العراق فقط.

14) إن السبب في ظاهرة عدم دقة الأسعار يعود إلى غياب صيغة قياسية للعقود المعمول بها وللمنافسة القوية التي يعاني منها قطاع المقاولات والتي أفرزت حالات عدم الجودة وعدم الالتزام بمعايير معينة يجب توافرها، وهذا الوضع كان نتاجاً طبيعياً لسياسة السعر الأقل التي تطبقها الجهات صاحبة المشاريع. ومن بينها الجهات الحكومية دون اعتبار للإجراءات الخاصة بسلامة التنفيذ. وللأسف لا يوجد شيء يلزم ضرورة تطبيق هذه الإجراءات. وبعض المقاولين يلعبون على هذا البند بين الحين والآخر للفوز بالمناقصات.

والذي يثير الاستغراب هو إذا كان أصحاب المشاريع من القطاع الخاص يهتمهم السعر الأقل في المقام الأول بهدف توفير ربما لجهل منهم بالنواحي الفنية التي يجب ان تؤخذ في الاعتبار...فما الذي يدفع الجهات الحكومية التي تطرح مشاريعها الى الاحتكام للسعر الأقل ودون الميزانية المقررة لهذه المشاريع.

15) إن المسؤولية في رأي الباحث تقع على جميع الجهات وفي مقدمتها الجهات صاحبة المشاريع وخاصة الجهات الحكومية التي تحتكم للسعر. بغض النظر عن أي اعتبارات أخرى. لأنها ساهمت دون أن تدري. ليس فقط في تدني مستويات التنفيذ بل في انهيار العديد من شركات المقاولات لأنها لم تتوخ الدقة سواء في تحليل أسعار المناقصات والدراسة والواقعية لظروف السوق ومتطلبات المشاريع. أو في التأكيد من مدى أهلية الشركات المتقدمة للتنفيذ وذلك نتيجة لعدم كفاءة نظام تصنيف الشركات إلى الفروق الكبيرة التي نجدها في أسعار عدد من المناقصات بين المقاول الأول والثاني، والتي تصل أحياناً إلى 25%. في الوقت الذي نجدها بسيطة جداً بين كل من المقاول الثاني والثالث والرابع.

16) هناك شبه إجماع على أهمية تعاون كافة الجهات المعنية في هذا القطاع للقضاء على العديد من الظواهر السلبية الموجودة فيه بدءاً من أصحاب المشاريع الذين يفوزون بأقل الأسعار وانتهاءً بالمقاول الذي يسعى دائماً لتغطية نفسه بكل وسيلة. ومطالبة الجهات صاحبة المشاريع بالتدخل واستبعاد الشركات التي تتقدم بأسعار أقل من التكلفة الحقيقية للمشاريع. لأنها ستحافظ بذلك ليس فقط على سلامة المنشآت وعلى الأموال التي تنفق على تشييدها. وإنما أيضاً على سلامة وضع الشركات العاملة في القطاع وحمايتها من الإفلاس. علماً بأن الضرر الذي يصيب المقاول المخطيء لن يقتصر عليه فقط، وإنما يصيب أطرافاً أخرى عديدة نشاطها مرتبط بنشاطه. مع أهمية وجود تصنيف دقيق للمقاولين العاملين في هذا القطاع وإعادة النظر في العقود وتوحيد المواصفات.

المدخل الابتكاري في تحليل وحل مشكلة أسلوب الإحالة (سوء اختيار العطاء الأنسب)

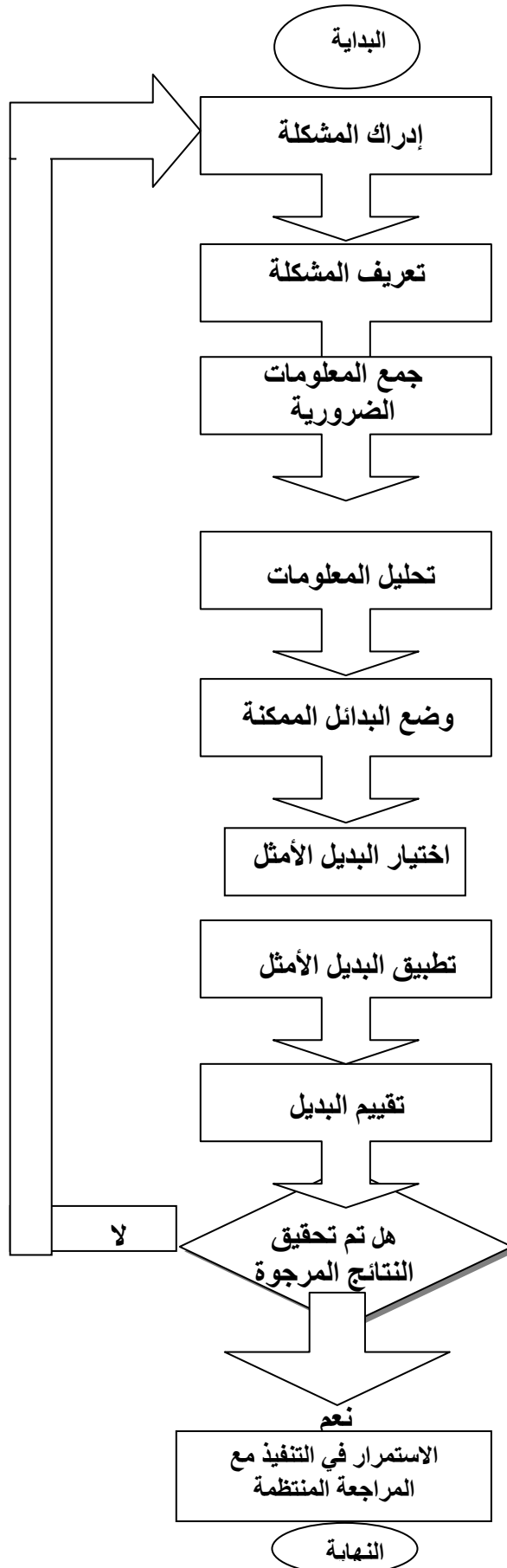
يتلخص مفهوم المدخل الابتكاري في الخروج من القوالب الجامدة في التفكير، والتركيز على إفراز أكبر عدد من الأفكار مما يزيد من احتمال وجود حلول فعالة. والمدخل الابتكاري في تحليل وحل المشكلات يتكون من ثمانية خطوات متكاملة بحيث تؤدي في النهاية إلى تحليل المشكلة وحلها وبناء القرارات على أساس سليم. وكما مبين في الشكل (1) أدناه وسوف يتم تطبيقها على موضوع البحث.

الخطوة الأولى: إدراك المشكلة

إن ظهور أعراض المرضية في مجال قطاع التشييد وخاصة في موضوع إدارة المناقصات يلفت نظر متخذي القرار وخاصة أصحاب العمل أو المدراء التنفيذيين أو مجلس الإدارة في الشركات الإنشائية على وجود خلل في مكان ما يستوجب التحليل وسرعة التلبية. أي أن الإدارة العليا والوسطى تبدأ آلية تحليل وحل المشكلات بناء على ظهور مظاهر خلل في أسلوب الإحالة المتبع حالياً مما يستوجب الانتباه، إذ أن تعريف المشكلة هو وجود انحراف عما هو مخطط. وإن المشكلة هنا تمثلت في مبررات البحث المبينة سابقاً والتي

تلخصت في إن الأسلوب المتبع حالياً في إرساء المناقصات يؤدي في الغالب إلى انحراف المشروع عما هو مخطط له من حيث الوقت والكلفة ثم الجودة.

وأهمية الخطوة الأولى تكمن في أن عدم وجود آلية لإدراك المشكلة قد يؤدي إلى تداعيات خطيرة تتمثل في عدم قدرة الإدارة على التعامل مع المشكلات المحيطة لأنها لم تستعد لها جيداً. وأبلغ مثال على أهمية تلك الخطوة هو أن الوضع الحالي يشهد غياباً لعملية تقييم وإحالة العطاءات على الشركات وبالتالي أدى هذا إلى ظهور ظاهرة حرق الأسعار وما رافقها من سلبيات في قطاع التشييد.



شكل رقم (1) المخطط الانسيابي للمدخل الابتكاري

الخطوة الثانية: تعريف المشكلة

إن العلاج والتعامل مع الأعراض لا يؤدي إلى الشفاء التام، لذا يجب أولاً التعرف على هوية المشكلة (مبررات البحث)، أي سبب الأعراض. والأسلوب العلمي لذلك هو تشخيص المشكلة بتصنيفها أولاً إلى التقسيمات السابق ذكرها للمشكلات (نظم، اقتصادية، وإنشائية). ومن هذا المنطلق يمكن تحديدها تحديداً دقيقاً.

فمشكلة البحث تأخذ طبيعة مركبة من 33%-حسب رأي الباحث- انها مشكلة اقتصادية بسبب عدم كفاية المخصصات في الموازنة الاستثمارية وضعف استغلال موارد الشركة وضعف المرتبات، و 33% إلى أنها مشكلة نظم من حيث سوء نظام الإحالة المتبع (اقل الأسعار) وضعف الرقابة على الجودة وسوء ظروف العمل و 33% إلى إنها إنشائية إذ يغلب الإنسان المال على القيم إضافة إلى ضعف الشعور بالانتماء وعدم وجود نظام حوافز فعال وضعف التنسيق بين الأقسام الفنية، فتكون النتيجة إنشاءات رديئة الجودة وإدارة ضعيفة.

الخطوة الثالثة: جمع المعلومات والبيانات المرتبطة بالمسألة

في هذه المرحلة يتم جمع جميع البيانات والمعلومات التي قد تساهم في تفهم جوانب المشكلة وإبعادها وفي نفس الوقت تساهم في حلها ولا تقتصر عملية جمع البيانات والمعلومات على مرحلة من المراحل بل تتم في جميع مراحل تحليل وحل المشكلات. والأسئلة التالية تساعد في تحديد الجوانب الهامة من المعلومات والبيانات المرتبطة بالمسألة⁽¹⁰⁾:

السؤال الأول: ما هي العناصر الأساسية التي تتكون منها المشكلة؟

إن العناصر الأساسية التي تتكون منها المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب) يمكن تلخيصها في (سعر السوق، قانون العرض والطلب، تصنيف الشركات المقاوله، سياسة الشركات المقاوله، صاحب العمل، النظام الإداري المتبع، نظام التسعير وطرق الدعوة للمناقصة، عنصر التدقيق والمتابعة، دور الشركات الأجنبية، نوعية المشاريع المطروحة، عنصر المخاطرة، المجازفة وعنصر المواصفات)

السؤال الثاني: أين تحدث المشكلة؟

هل أن مشكلة البحث (سوء اختيار العطاء الأنسب) هي مشكلة محلية أم دولية، وهل تكون في قطاع التشييد دون غيره من القطاعات الأخرى؟

السؤال الثالث: لماذا تحدث المشكلة في هذا القطاع؟

بعد تحديد الإجابة عن السؤال السابق تتم الإجابة عن هذا السؤال، أي ماهي مبررات وفرضيات حدوث المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب) في هذا القطاع بالذات؟
السؤال الرابع: متى تحدث المشكلة؟

بمعنى في أي مرحلة من مراحل المشروع الإنشائي تحدث المشكلة (مرحلة القرار أم مرحلة التصميم أم مرحلة التنفيذ أم مرحلة الصيانة والاستعمال) أم في جميعها؟

السؤال الخامس: كيف تحدث المشكلة؟

بمعنى هل تحدث المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب) بصورة فجائية دون سابق إنذار أم بصورة تدريجية متزايدة وهل يتوقع أطراف المشروع (صاحب العمل والمقاول والاستشاري) حدوثها؟

السؤال السادس: لماذا تحدث المشكلة بهذه الكيفية وهذا التوقيت؟

أي ماهي الأسباب التي أدت إلى حدوث المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب) وماهي الأضرار الناجمة عنها؟

السؤال السابع: لمن تحدث هذه المشكلة؟

هل تكون المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب) خاصة بصاحب العمل أم الشركات المقولة أم كلاهما وهل تؤثر على أطراف أخرى خارج المشروع مثل القطاع الاقتصادي للبلد؟
ولقد تم جمع كافة المعلومات الخاصة بمشكلة البحث في الجانب العملي من خلال استخدام أسلوب العصف الذهني وكما توضيحه سابقاً.

الخطوة الرابعة: تحليل المعلومات

يتم في هذه المرحلة تكامل المعلومات التي تم جمعها في الخطوة السابقة وذلك لوضعها في إطار متكامل يوضح الموقف بصورة شاملة. ويشمل ذلك اختبار كل عامل من العوامل على حدة وكذلك علاقته بالمتغيرات الأخرى في المشكلة. وبلي ذلك مقارنة المشكلة بالمواقف الأخرى، وأخيراً تصنيف وتسجيل توالي أحداث المشكلة.

وتحليل المشكلة يتطلب الإجابة على الأسئلة التالية:

السؤال الاول: ما هي العناصر التي يمكن التحكم فيها في المشكلة والتي لا يمكن التحكم فيها ؟

يرى الباحث إن العناصر التي يمكن التحكم بها، كتصنيف الشركات المقاوله وطرق الدعوة والنظام الإداري المتبع ونظام التسعير وطرق الدعوة للمناقصة وعنصر التدقيق والمتابعة ونوعية المشاريع المطروحة وعنصر المواصفات اما العناصر الأخرى فتكون درجة التحكم بها في غاية الصعوبة مثل سعر السوق وقانون العرض والطلب وسياسة صاحب العمل ودور الشركات الأجنبية.

السؤال الثاني: من يمكنه المساعدة في حل تلك المشكلة ؟

يرى الباحث أن كل من الأطراف المساهمة في المشروع كل من موقعه يمكن أن يساهم في حل هذه المشكلة شرط توفر عنصر الإخلاص والنية الصادقة.

السؤال الثالث: ما هي آراء واقتراحات الزملاء والمرؤوسين والروؤساء لحل تلك المشكلة ؟

السؤال الرابع: ما مدى تأثير وتداعيات تلك المشكلة ؟

استطاع الباحث من خلال أسلوب الاستبيان وأسلوب العصف الذهني ان يجمع مجموعة من المقترحات لحل هذه المشكلة منها:

- 1) عقد ندوات تنصب على توعية الشركات المقاوله بخطورة وأضرار ظاهرة حرق الأسعار
- 2) إعداد تصنيف جيد ودقيق لتأهيل الشركات المقاوله مع متابعة الالتزام بالتصنيف وذلك من خلال إسناد المشروعات إلى هذه الشركات كل حسب تصنيفه وإمكانياته وأدائه.
- 3) ضرورة تدخل الإدارات العليا في حال إسناد العمل إلى مقاولين ليس ضمن الصنف المطلوب للعمل ويكون ذلك بامتناعها عن تصديق العقود.
- 4) عمدت بعض الادارات لترسية العطاء على المقاول الثاني باعتبار أن هذا المعيار الأفضل وهو معمول به في دول العالم المتقدمة إذ أن المقاول الأول قد لا يكون عطاءه الأفضل.
- 5) استبعاد الشركات التي تتقدم بأسعار اقل من التكلفة الحقيقية للمشاريع، لأنها ستحافظ بذلك ليس فقط على سلامة المنشآت وعلى الأموال التي تنفق على تشييدها. وإنما أيضا على سلامة وضع الشركات العاملة في القطاع وحمايتها من الإفلاس.
- 6) عقد ندوة بمشاركة نقابة المهندسين العراقية وجمعية المهندسين واتحاد المقاولين ومن له علاقة بهذا الموضوع لتجميع الخبرات لتقديم الحلول المناسبة والعملية لهذه المشكلة.

أما الباحث فهو يرى إن اختيار المقاول أمر مهم جداً في العملية الإنشائية، ويجب العناية في مسألة الاختيار، كما يجب أن لا ييخل بالوقت ولا بالموارد الأخرى التي تساعد على تقويم كفاءة كل مقاول أبدى استعداداً للقيام بالمشروع، لأن المقاول طرف مهم جداً في نجاح المشروع أو فشله، فالتدقيق في وثائق المقاولين سواء ما يختص بالمشروع أو ما يختص بالمقاول نفسه (مؤهلاته) أمر بالغ الأهمية، ويجب أن لا تؤخذ المسألة ببساطة أو ينظر إليها على إنها تمرين أكاديمي ليس له من الواقع نصيب لأن تجاوز أي نقطة أو التباسها وتأجيلها إلى ما بعد توقيع العقد قد يؤدي إلى تعثر المشروع، وربما فشله، والدخول في دوامة إنهاء العقد قبل حينه وما يتبع ذلك من قضايا ونزاعات لا حصر لها، إن حسن الاختيار له أسس يقوم عليها وكما مبين في استمارة تقييم العطاء المناسب أدناه:

جدول رقم (1) مقترح لاستمارة تقييم العطاءات (من اعداد الباحث)

استمارة تقييم العطاءات				
اسم المشروع:		صاحب العمل:		
رقم المناقصة:		اسم الشركة المقولة:		
ت	التفاصيل	الدرجة %	النتيجة %	الملاحظات
1	تصنيف الشركة المقولة	5%		
2	السعر	60%		
3	الوقت وطريقة التنفيذ	5%		
4	المقدرة الفنية	5%		
5	المقدرة المالية	5%		
6	الخبرة والمعرفة (اعمال سابقة مماثلة ناجحة)	5%		
7	مؤهلات الموظفين والمهندسين	5%		
8	التنظيم الاداري والفني	5%		
9	السمعة	5%		
النتيجة				

الدرجة	التقدير
100-91	ممتاز
90-81	جيد جدا
80-71	جيد
70-61	متوسط
60-51	مقبول
اقل من 50	لا يصلح

التوقيع	التوقيع	التوقيع	التوقيع

وبالتالي يمكن ترتيب تسلسل العطاءات حسب درجتها ثم اختيار العطاء الأعلى درجة لإرساء المناقصة عليه وكالاتي:

إن المنهج الذي اعتمده الباحث في التوصل إلى القرار الأمثل في الاختيار هو المنهج العلمي الذي يقوم على أساس المنطق والتفكير المنظم أي أن أساسه الموضوعية والتمحيص العلمي، إذ بدأ بتشخيص المشكلة ثم تحديد الهدف وانتهى باختيار القرار الأنسب، والذي تطلب بدوره الاستعانة بمفاهيم وأساليب وتقنيات تساند عملية صنع القرار. وابتعد الباحث عن المنهج التقليدي الذي يستند على الخبرة السابقة لصانع القرار.

تحديد بدائل لحل المشكلات

تعرف هذه المرحلة بأنها المخزون الابتكاري لعملية حل المشكلة (سوء اختيار العطاء الأنسب)، حيث أنها تختص بإفراز أكبر عدد للأفكار مما يؤدي إلى تعظيم احتمالات الوصول إلى الحل الأمثل. إذ تم في الفقرة السابقة عرض مجموعة من المقترحات لحل المشكلة من خلال استخدام أسلوب من أساليب تعظيم الابتكار " تعصيف الذهن " Brainstorming .

اختيار البديل الأمثل

في هذه المرحلة يتم مقارنة البدائل من حيث مزايا وعيوب كل بديل على حدة وذلك في ضوء الوزن النسبي لكل من المزايا والعيوب، ولكون هذا البحث تضمن ثلاث مقترحات وكما تم بيانه سابقا وهي:

1. مقترح ترسية العطاء على المقاول الثاني.
2. مقترح استبعاد الشركات التي تتقدم بأسعار اقل من التكلفة القريبة من التكلفة التخمينية للمشاريع.
3. مقترح الباحث

إذ تم استبعاد المقترحين الأولين وذلك لتركيزهما على جانب التكلفة فقط دون الأخذ بنظر الاعتبار العوامل الأخرى، بخلاف مقترح الباحث الذي امتاز بمواصفات البديل الأمثل، إذ تم توزيع هذه الاستثمارات على عشرة مهندسين من ذوي الاختصاص وتضمنت اللقاءات عملية شرح النظام المقترح من قبل الباحث وتم التوصل إلى النتائج التالية من خلال الإجابة بنعم أو لا عن الأسئلة الخاصة بمواصفات البديل الناجح كما في الجدول التالي :

جدول رقم (2) نتائج تقييم النظام المقترح

لا	نعم	المزايا هل تعتقد ان النظام المقترح ...
20	80	تسانده الإدارة العليا
20	80	يحقق الهدف من تطبيقه
30	70	بسيط في التطبيق وسهل في الفهم
0	100	يساعد في تحقيق أهداف المشروع في ان ينجز ضمن الوقت والتكلفة والجودة المحددة
10	90	يتضمن نظاماً عملياً وعلمياً لترسية العطاء
10	90	ياخذ كافة العوامل الخاصة بكفاءة المقاول بنظر الاعتبار
20	80	يحد من ظاهرة حرق الأسعار ويساهم في المنافسة الشريفة
50	50	يساعد في تطبيق معايير أمان داخل مكتب صاحب العمل مثل تشكيل اللجان عند اتخاذ القرارات الهامة وتدوير الموظفين في الوظائف الحساسة (لجان فتح العطاءات والتفاوض) و يجب الأخذ بعين الاعتبار أن يحظى موظفون بتدريب جيد وبراتب مميز.
40	60	لا ترغب به بعض الشركات المقاوله وخاصة الأجنبية

تطبيق البديل

- الطريق الوحيد لمعرفة درجة فعالية البديل والمحك الوحيد له هو وضعه موضع التنفيذ الفعلي . ويشمل التطبيق كل التعديلات الضرورية في الوظائف الإدارية من إعادة التخطيط والتنظيم وكذلك كل الإجراءات والمتغيرات التعاقدية. وللتطبيق الفعال يجب وجود مجموعة من الضوابط منها:
- 1- الاحتفاظ باللائحة السوداء للشركات التي ثبت تورطها في قضايا الفساد أو الإخلال بالعقد. ويجب منع هذه الشركات من التنافس على الفوز في المشاريع المطروحة لفترة زمنية معينة.
 - 2- التأكد من القيام بفتح علني للمظاريف للشركات المتنافسة إذا ما كانت قيمة تكاليف المشروع تتجاوز القيمة المحددة من قبل الجهة الرسمية.
 - 3- يجب التسهيل على الشركات المتنافسة إن أمكن للحصول على معلومات عن جميع مراحل العقد بما يشمل معايير الاختيار وعملية التقييم وشروط العقد وأي تعديلات عليه.
 - 4- يجب ضمان السرية وعدم تزويد أي شركة من الشركات المتنافسة لمعلومات إضافية لوحدها وخصوصا تلك المتعلقة بآليات الاختيار.
 - 5- يجب منح الشركات المتنافسة الوقت الكافي للتحضير للمناقصة والتحضير للشروط المسبقة التي تؤهلهم للتقدم.
 - 6- يجب التأكد من ان "أوامر التغيير" التي قد تؤثر على السعر أو الوصف المتفق عليه في العقد أن تكون بعلم وإشراف أعلى المستويات وبفضل على مستوى صانعي القرار من الشركة المقابلة.
 - 7- يجب التأكد من أن الرقابة الخارجية والداخلية كلها مستقلة ونزيهة وفاعلة..
 - 8- يجب توزيع المهام الرئيسية من أجل ضمان أن يكون تحديد الاحتياجات والتحضير والاختيار وعمليات التعاقد والإشراف والرقابة على المشروع مهام لأشخاص مختلفين.

تقييم تنفيذ البديل

يرى الباحث إن التقييم الحقيقي للبديل (النظام المقترح) هو وضعه موضع التنفيذ لفترة زمنية معينة ثم تتم عملية التحليل والنقد لغرض اعتماد هذا النظام أو تطويره أو إلغائه ، إذ تعتمد مرحلة التنفيذ على المعلومات المرتدة عن التنفيذ في الجوانب التالية ؟

1. هل أنتج النظام المقترح الأهداف المرجوة منه ؟
2. هل تم تطبيق النظام المقترح بالشكل الصحيح ؟
3. هل تم تطبيق مقاييس العمل بأسلوب سليم ؟
4. هل تم رفع مستوى الروح المعنوية ؟

وتمتد عملية التقييم لتشمل الجوانب التالية:

1. درجة تحقيق أهداف الشركة صاحبة العمل.

2. التقييم الذاتي للأداء

3. التداعيات غير المتوقعة لتنفيذ البدائل.

بعد تجميع المجموعتين من العوامل للوصول إلى رؤية شاملة لتقييم البديل. ففي حالة وجود تقييم سلبي، يتم الرجوع إلى الخطوة الأولى وبخلافه يتم إصدار قرار من الجهات العليا لاعتماد هذا النظام في إدارة المناقصات في المشاريع الإنشائية وهذا ما يتمناه الباحث على أن يتم بيان ذلك في بحث قادم إن شاء الله.

الاستنتاجات

1. عدم وجود أساس واضح ودقيق لترسية المناقصات في المشاريع الإنشائية. إذ إن كل جهة تطبق ما يناسبها فالبعض يحتكم للسعر دون النظر إلى اعتبارات أخرى لا تقل أهمية، والبعض الآخر يبحث عن الجودة بغض النظر عن السعر والمسالة متفاوتة.
2. إن مقالة جدول الكميات المسعر هو الأكثر شيوعاً في المقاولات الصناعة الإنشائية وهو السائد حالياً
3. يكاد يكون الأسلوب التنافسي هو الغالب والأعم في إحالة المناقصات إلا في بعض الحالات التي تتم فيها إسناد الأعمال إلى بعض الشركات الأجنبية دون إجراء عملية التنافس
4. وجود نموذج لا يرتقي إلى مستوى الطموح حول إدارة الولايات المتحدة لإعادة أعمار العراق فالمسؤولين عن التعاقد غالباً من ينتهكون الإجراءات التي وضعتها الحكومة الأمريكية للحماية من الفساد والهدر والاستغلال. أضف إلى ذلك أنه عند استخدام الأموال العراقية لم تطبق تلك الإجراءات على الرغم من أن المراقبين أعربوا أنه كان بالإمكان احترامها بسهولة.
- والمواقع أن المراجعات الأخيرة تسلط الضوء على منح عقود مربحة لشركات لديها علاقات راسخة مثل هاليبورتون وهي ظاهرة لم تقتصر على الأموال الأمريكية. فإن القسط الأكبر من العقود الممولة بأموال النفط العراقي ذهبت لهاليبورتون وهي فرع من شركة كيلوغ، براون أند روت، من دون أي منافسة.
5. وجود أعداد كبيرة من شركات المقاولات والمقاولين ولكن دون تصنيف فعلي حقيقي
6. عدم وجود رغبة من قبل لجان الإحالة والتفاوض في تحمل المسؤولية عند إرساء المقولة إلى العطاء الأنسب وليس الأقل سعراً.

التوصيات

1. ضرورة تطبيق النظام المقترح مع اعطائه الوقت الكافي للتطبيق ثم تحليل النتائج واتخاذ القرار المناسب باعتماده في ادارة العقود او اصدار تشريع بذلك من خلال وزارة التخطيط والتعاون الانمائي.
2. عقد ندوة بمشاركة نقابة المهندسين العراقية وجمعية المهندسين واتحاد المقاولين ومن له علاقة بهذا الموضوع وباشتراك الوزارات المعنية لعملية التشييد كوزارة الاعمار والتخطيط لتجميع الخبرات لتقديم الحلول المناسبة والعملية لهذه المشكلة.

المصادر

- * جار الله، محمد نواره وجمال محمد، *إدارة المشاريع الهندسية*، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، الرياض، 1984.
- * الدائرة القانونية، وزارة التخطيط ، *الضوابط العامة لإعلان مناقصات مشاريع خطة التنمية القومية وإحالتها إلى المقاولين* " بغداد، 1989.
- * وزارة التخطيط ، *تعليمات تنفيذ ومتابعة مشاريع واعمال خطة التنمية القومية* "، بغداد، 1988، المادتين الخامسة والسادسة.
- * المختار ،حامد جاسم، *التحكيم في العقود الهندسية* "، منشورات نقابة المهندسين العراقية، مطبعة الديوان، بغداد، 1987، صفحة 25.
- * المرعب، عبد الوهاب، *آراء في التسعير* "، ندوة حسابات الكلف، وزارة الاسكان والتعمير، بغداد، 1995، صفحة 3

*) Barnes M., "*Measurement in Contract Control*", Willian Clowes Limited Beccles and London, Great Bratain, 1981, p.63)

*) David Ivanovich and Tom Fowler, "Cheney at Halliburton: A Mixed Record as CEO, He Revitalized Company But Also Left Oil-Service with Some Major Robert Harrow, "Origins of و Houston Chronicle, August 29, 2004 ,”Headache Secret Iraq Deals Debated”, Washington Post, September 19, 2004 Halliburton’s

(*) الشبكة العربية لمعلومات حقوق الانسان، موقع www.hrinfo.org



*) Office of the Inspector General – Coalition Provisional Authority, Coalition Provisional Authority's Contracting Processes Leading up to and Including Contract Award, Report Number 04-013, July 27, 2004.

*) المهندس سامان، عارف، "عملية تحليل المشكلات في إطار عملية اتخاذ القرارات، موقع مركز المدينة المنورة للعلوم