التقنيات الحديثة
في
إعادة تأهيل وتطوير العمارة التراثية
تطبيقاً على المسجد الأحمدي

د/ إبراهيم بدوي إبراهيم
المدير التنفيذى لشركة A3R للتجميل المعماري و الترميم
القاهرة مصر

المقدمة

إن المنشآت المعمارية الأثرية جزء هام من حضارة الشعوب ونحن أمة لها تاريخ أمدنا بالعديد من فنون العمارة الإسلامية التي عادة تصنع من مواد طبيعية بسيطة مثل الأخشاب والأحجار والجص والزجاج وهى مواد زائلة أو فانية بعوامل الزمن والتعرية ولذا يلزمها الكثير من أعمال الصيانة والمعالجة والترميم

تهتم مصر بإعادة تأهيل العمارة التراثية الإسلامية من خلال استنباط حلول تكنولوجية مستحدثة علمياً وفنياً لمحاولة الحفاظ على هذا التراث وصيانته وترميمه وتطويره ونحن كمتخصصين في أعمال التجميل المعماري رأينا أن يكون لنا دورا يساعد في مناخ اهتمام مصر بالدراسات العلمية والفنية وخاصة في مجال الترميم .

فكان علينا أن نحاول جاهدين أن نقوم بإجراء عمليات بحثية على الترميم الدقيق للفنون المعمارية في بعض المساجد المصرية التي تم تكليفنا بها .

يحتاج الأسلوب العلمي الاستنباطي في الترميم إلى عمليات فحص دقيقة ثم الدراسة والتحليل واستقراء تحديدي لأسباب التلف وأنواعه وبعد ذلك يتم تحديد طرق العلاج الخاصة بالتجميع والتثبيت والتقوية قبل البناء عند الحاجة ثم التشطيب النهائي بمراحله.

تطبيقا على المسجد الأحمدي بطنطا ومن خلال البحث نقتراح أسلوب جديد في التقويم والتحليل والترميم العلمي الحديث وذلك بدلا من الأساليب التقليدية القديمة.

الطابع المعماري والترميم

يصف **عبد الله عووضة** الجمال بأنه" تمازج وتمايز بين عدة وحدات يربطها رابط واحد "(1ص، ص19) وبالنسبة لنا هذا الرابط هو الطابع والطابع عبارة عن إفراز ثقافي لظروف مجتمع معين في وقت خاص به ويعبر عنه وسماته ليست إملاء على المجتمع . مثل العولمة الفكرية و الثقافية و الاجتماعية المثارة على الساحة حالياـ ولكن تتكون تبعا للظروف الطبيعية مثل المناخ ومواد البناء المحلية المتوافرة وظروف حضارية وثقافية مثل العوامل الدينية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية وعوامل تقنية تبعا للتكنولوجيا المتوفرة في ذلك المكان والزمان ويمكن أن نطلق على ما سبق العوامل " الزمكانية " التي تنعكس على ذلك الطابع فيكون الطراز المفرز مرآة حقيقية معبرة عن شخصية ذلك المجتمع وقد عرف **أبو حيان التوحيدي** ذلك النوع من الجمال بأنه "هو كمال في الأعضاء وتناسب في الأجزاء مقبول عند النفس"

تذكر **ألفت حمودة** أن العمارة الإسلامية تتزن فيها القوى الروحية والفكرية مع القوى المادية للإنسان وبالتالي يتولد طابع العمارة لذلك المجتمع معبرا تماما عن هذا الاتزان ماديا وفكريا وفلسفيا وتشكيليا " وكان لتعاليم الدين الإسلامي أثرها في إيجاد طابع معماري خاص يتفق وتلك التعاليم ويلائم الإنسان المسلم ويوائم روح العصر السائدة "

وفي ذلك انعكاس جمالي يربطه **أفلوطين** مؤسس علم الجمال "بالنور الباطني الذي تستضيء به النفس ثم تضيء به كل شيء" وانعكاس ذلك بالنسبة لورقة العمل هو تعبير الترميم والتجديد عن عدة تيارات فكرية وثقافية وليس فقط جوانب مادية للترميم فكما يذكر **أحمد**

قدري أحد أهم العوامل المصاحبة للترميم هو " إحداث تغيرات عميقة في الواقع الفكري والوجداني للشباب " وعليه فالحفاظ على المباني الأثرية يأخذ عدة اتجاهات مثل إعادة البناء والتجديد والتثبيت والصيانة والإصلاح والاهتمام الأكبر يتركز حول التصميم المعماري أساسا " فالفكر المعماري يأتي في مرتبة أهم من المواد المستخدمة في البناء.. فإن الاهتمام الأكبر لابد وأن ينصب على التخطيط والتصميم المعماري والأشكال الزخرفية وأشكال القباب والقبوات هذا مع الالتزام بأن يكون الترميم من نفس المواد إن كانت متوفرة وصالحة للاستخدام على أساس ثابت ودائم وليس وقتي"

وينطبق ذلك على المفهوم مع رؤية أفلوطين الذي يعتبر أن الشكل الداخلي ليس إلا الفكرة المعمارية وأن الشكل الخارجي للمبنى هو التعبير عن هذه الفكرة المعمارية بالإضافة إلى أن الجمال لا يرتكز على المادة في حد ذاتها ولكن في الفكرة التي شكلت بها المادة والتطبيق في الواقع إنما هو ترميم ومحافظة وتجديد وليس مجرد إبقاء الوضع على ما هو عليه في المباني المستخدمة بالذات فالحياة عند **نيتشة** هي إرادة قوة ودافع مستمر للتجديد ووضع هذا التحديد كما يذكر **زكريا إبراهيم** هو أن يصبح نتاج هذا العمل الفني " أداة فعالة مستمرة تعدل من البيئة الواقعية التي يحيا فيكنفها أفراد الجماعة "

راوية حمودة تذكر في تحليلها أن فلاسفة العرب ومفكريه قد اشتركوا في ثلاثة نقاط أساسية ألا وهي :" شوق النفس الدائم إلى رؤية الشيء الجميل وأنها تدركه بفطرتها الظامئة إلى الجمال وأهمية الفطرة أو الحدس أو الخيال السامي أو البصيرة ... وكلها مرادفات للملكة أو المقدرة الكامنة في الإنسان على الإدراك الجمالي والربط بين ملكة الإدراك الجمالي وبين أعمق وأعلى مراتب ومستويات المعرفة ".

وقد حاولت مجموعة البحث تطبيق ذلك الأسلوب المبتكر المتكامل بين جمال العمارة والفنون التطبيقية في عدة مشاريع تجديد سابقة مثل مبنى التربية والتعليم بالقاهرة ويظهر في ذلك المشروع بالأخص تجديد وترميم غرفة علي باشا مبارك وزجاج هو السلم الرئيسي وأيضا في أعمال ترميم المسجد الأحمدي موضوع ورقة البحث وهو محاولة لإعادة فنون المسجد المعمارية والزخرفية إلى حالتها الأصلية مع المحافظة عليها وتجديدها في ثوب عصري

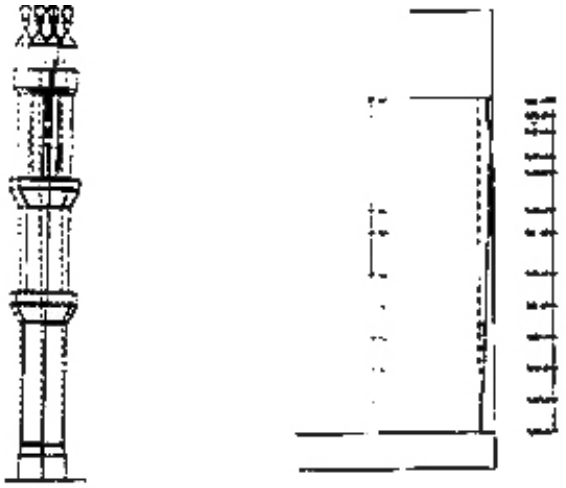
منهجية البحث

تم تحديد أسلوب علمي لمراحل التطبيق على الأعمال الفنية الدقيقة بالمسجد الأحمدي وقد وصل البحث التطبيقي إلى نتائج ممتازة في مجال الترميم الدقيق أشاد بها الكثير من المتخصصين في المجال المعماري والأثري وتنقسم خطوط العمل إلى أربعة مراحل رئيسية تبدأ بالدراسة العلمية للتاريخ لتحديد التفاصيل الطرزية ثم التحليل ثم المعالجة والوقاية وتفاصيل ذلك كما يلي: .

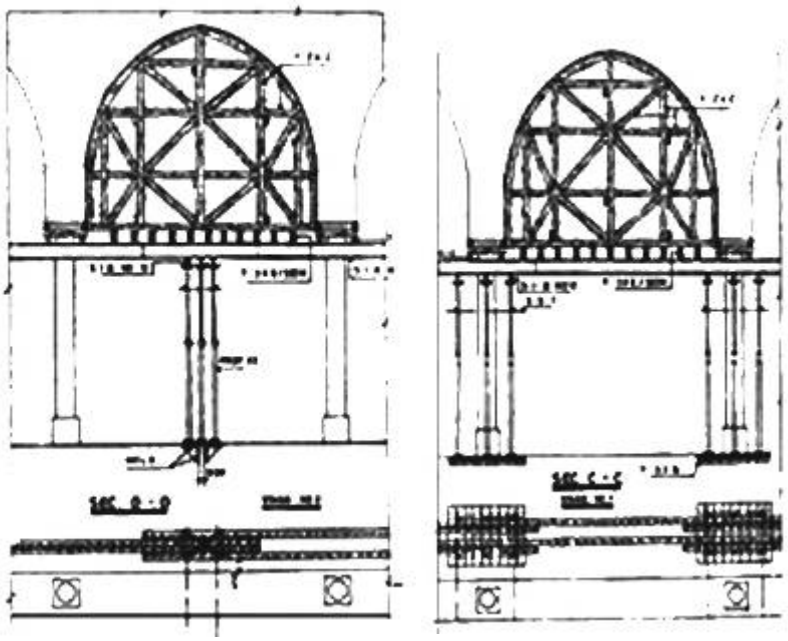
أولا : مراحل الفحص والدراسة

- الدراسة البحثية النظرية لتاريخ نشأة الأعمال من واقع الأوراق والمراجع والمستندات.
- الدراسة التطبيقية العلمية من واقع الوضع الحالي للأثر.
- التصوير الفوتوغرافي الدقيق واستعمال الأشعة السينية والفحص المعملي.

نبدأ بدراسة الوضع الراهن ودراسة الأعمال المساحية وحالة الأساسات وأبحاث التربة



الميول في الحائط والمئذنة



صلب القبة

الصلب المؤقت الصلب النهائي

دراسة للأساليب العلمية والفحوص التي تمت على تحديد المواد المستخدمة في المبنى وتحليل عينة من الأحجار والملونات والأخشاب والأعمال الرخامية والموزيك لتحديد خاماتها وطرق صناعتها.

ثانيا: مرحلة تحليل نتائج الفحوص

- تحديد الفاقد والتالف من الأعمال الزجاجية والجصية والخشبية و الملونات المستخدمة من الواقع والتصوير الفوتوغرافي الدقيق.
- التعرف والتحديد لأسباب الإصابة والتلف للعمل الأثري موضوع البحث.
- تحديد أنواع الخامات المستخدمة في الأثر ومركباتها من أخشاب وزجاج وجص وملونات وما شابه ذلك.
- تحديد أسلوب التصميم والطرز و الزخارف والخطوط المستخدمة في الأثر.

ثالثا: مرحلة تحديد طرق العلاج والتقوية

- التنظيف الميكانيكي.
- تطبيق خامات الوقاية والعلاج الموضعي .
- العلاج بالمواد الكيميائية وغيرها من المركبات الطبيعية.
- تطبيق طرق التقوية المختلفة.

رابعا: مرحلة الترميم الدقيق

- تنفيذ أساليب الترميم التكنولوجية الحديثة
- استكمال الأعمال الفنية التقليدية المفقودة.
- تنفيذ أساليب الحفظ والوقاية وتحديد طرق الصيانة المستقبلية.
- تحديد المواصفات الفنية العلمية للأثر بعد ترميمه.

مرحلة تحليل نتائج الفحوص

تم إجراء بعض الدراسات العلمية لتحليل بعض العينات المرفوعة من الموقع من مواد مختلفة مثل الملونات والأحجار والزجاج والجص والخشب وخلافه وذلك من قبل القيام بأعمال الترميم بالمدرسة الأقبغاوية والرواق العباسي وباب المزينين وتم ذلك بأهداف مختلفة مثل:

- التعرف على ما هو موجود.
- الحصول على أنسب المكونات والخامات المراد استخدامها للعلاج والترميم والتجديد للنواقص.
- الحصول على عمل فني متجانس يحافظ على الأثر وتركيبه الطبيعي والكيميائي.
- الحصول على نسب تشريحية سليمة لكل الخامات المستخدمة في عملية الترميم مع الأثر نفسه.
- دراسة التركيب الجيولوجي"المعدني" والكيميائي لعينات ممثلة للأحجار والألوان والجص وخلافه .
- إخراج عمل فني بصورة طيبة في نسق متماثل ونسيج يشابه الأثر مما يحافظ على قيمة العمل الفني وقيمته التاريخية.

وقد تمت الدراسة العلمية للأثر باستخدام العديد من الأجهزة العلمية الدقيقة التي ساهمت في تكوين منظومة تحليلات كان لها دورا هاما في تحديد الخواص للمواد التي يتم عليها عمليات الترميم وكذلك تحديد تركيبا الكيميائي والجيولوجي وأهم هذه التحليلات هي:

1. الأشعة السينية الحيودية X- Ray Diffraction: وتستخدم هذه الأشعة في دراسة التركيب المعدني للمواد للتعرف على محتواها من المعادن المختلفة ونسب هذه المواد.
2. الأشعة السينية الفلورسينية X- Ray Fluorescence: ويستخدم هذا النوع من الأشعة في دراسة التركيب الكيميائي للمواد بدقة متناهية حيث يتم التعرف على محتوى المادة من العناصر وبالتالي معرفة محتواها من الأكسيد (جدول1).

	I	الرقم الوارد به العينة
	3836	الرقم المركزي
color	Calcite	نوع العينة
10.20	6.70	SiO_2%
0.23	0.07	TiO_2
1.27	1.40	Al_2O_3
0.98	0.40	T.Fe2O3%
0.32	0.01	MnO%
42.15	0.80	MgO%
0.45	50.00	CaO%
0.32	0.51	Na_2O%
0.22	0.23	K_2O%
5.52	0.14	P_2O_5
0.35		ZnO%
0.3		PbO%
0.12		SO_3%
3.33		SO_4%
35.22	39.26	L.O.I%
		Sum%

جدول (1)

نتائج تحليل بالأشعة السينية الطيفية (XFR) لعينة حجر من باب المزينين ولعينة من الملونات الموجودة بأحجار قبلة العباسي.

3. **الانبعاث الطيفي** (CS)Spectroscopy Emission: ويستخدم هذا الجهاز لقياس المحتوى الدقيق جدا من العناصر وكافة العناصر الانتقالية التي لا ترى بالأجهزة الأخرى لصغر تركيزها (جدول2،3).

المكونات والمحتويات	عينة رقم 1 حجر بني اللون	عينة رقم 2 حجر أبيض اللون
مكونات كبرى<10%	CaO	CaO
مكونات صغرى1-10%	SiO_2,Fe_2O_3,Au	SiO,Fe2O3
مكونات قليلة 0.01-1.0%	Al_2O_3,BaO,B_2O_3,MgO,Ag	Al_2O_3,BaO,MgO
مكونات أقل مما يكون <0.01%	MnO,TiO_2,PbO,Na_2O,P_2O_5,Cr_2O_3,CuO	MnO,TiO_2,P_2O_3,NiO_2,PbO

جدول (2)

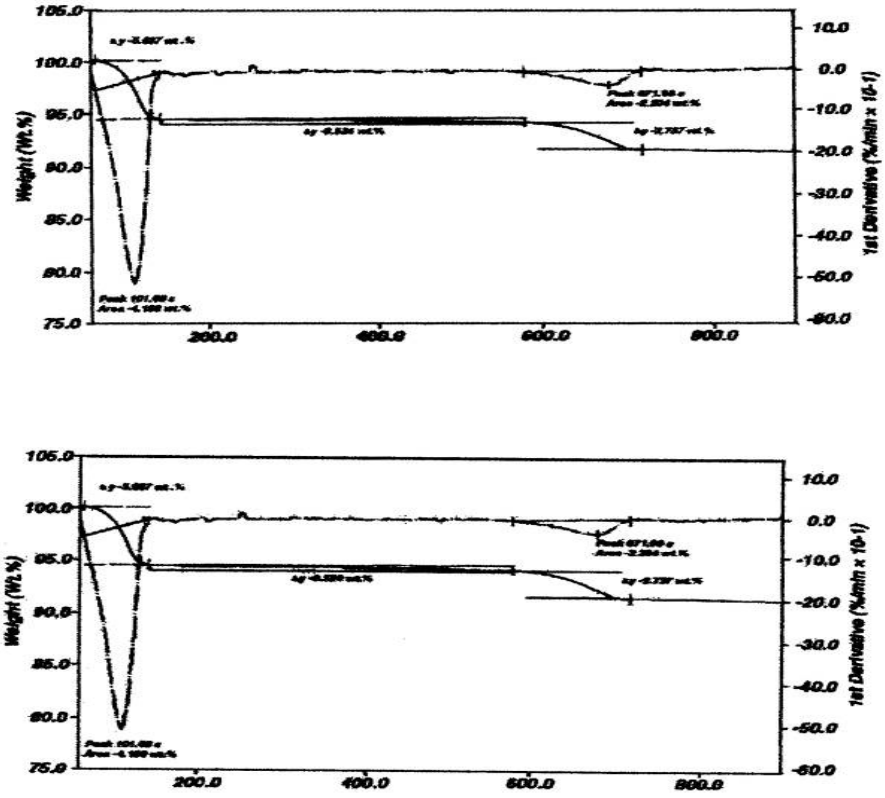
تحليل العينات باستخدام جهاز مطياف الضوء Spectrograph

	أحمر ياقوتي	أصفر عسلي	بنفسجي	أزرق	أخضر	معجون
Zr	--	--	--	--	0.01	--
Zn	3	1	0.1	--	--	--
V	0.003	0.001	0.003	--	--	--
St	0.003	0.001	0.001	0.003	0.003	0.001
Sn	--	0.01	--	0.01	--	
Si	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.1
Pb	Mj	Mj	Mj	Mj	Mj	0.3
P	0.03	0.01	0.03	0.003	0.003	0.1
Ni	--	--	--	--	--	--
Na	0.003	--	0.001	0.005	0.001	--
Nn	Mi	Mj	Mj	Mi	Mi	0.3
Mg	0.03	0.01	1.0	0.01	0.003	0.1
K	0.01	0.003	0.003	0.01	0.01	1.0
In	0.1	0.03	0.001	0.001	0.01	--
Hg	0.003	0.001	1	--	--	--
Ge	--	--	--	--	--	--
Ga	--	--	--	--	--	--
Fe	--	--	--	--	--	--
Co	0.003	0.001	0.003	0.003	0.03	0.033
Cr	0.003	--	0.01	1	--	--
Cu	0.1	0.003	0.3	0.5	--	--
Cd	0.01	0.001	0.01	3	0.01	0.01
Ca	1	--	--	--	--	--
Be	Mi	Mj	Mj	Mi	Mj	Mj
Ba	--	--	--	--	--	--
B	--	--	--	--	0.01	0.01
As	Mi	Mj	Mj	Mj	--	--
Al	0.01	--	0.01	--	--	--
Al	3	3	3	5	1	1
Ag	--	--	--	--	--	--

جدول (3)

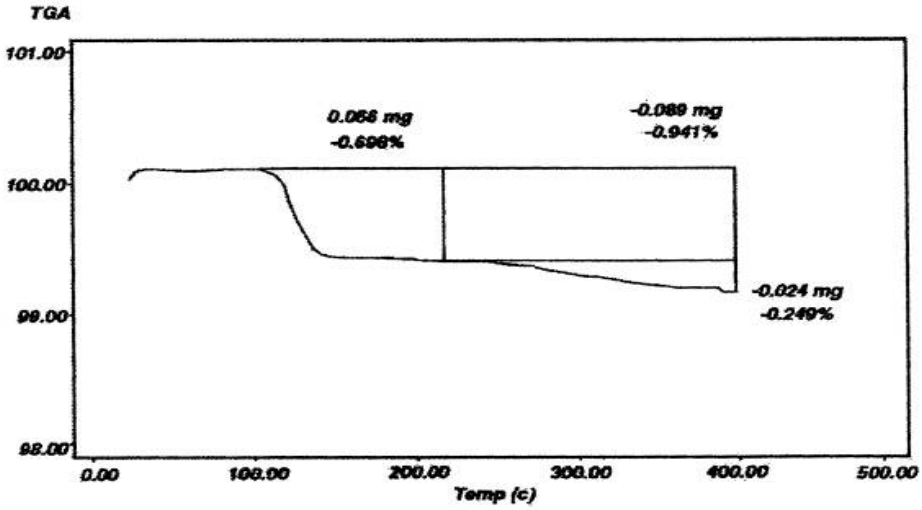
يوضح تحليل عينات الزجاج الملون باستخدام جهاز السبكتروجراف (Spectrograph A.E.SP)

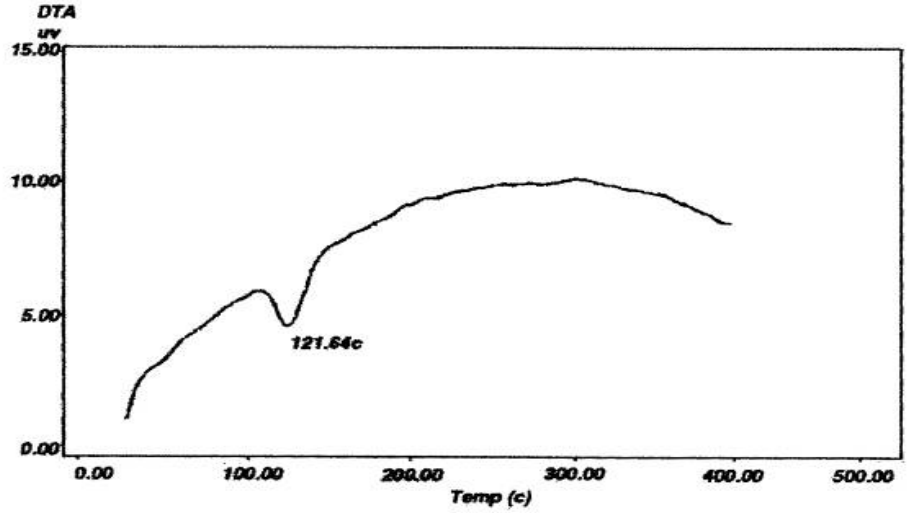
4. التحليل الحراري (DTA And TGA) Thermal Analysis: حيث استخدم جهاز التحليل الحراري التمايزي (التفاضلي) DTA وكذلك TGA حيث اتضح لنا التأثير بفعل الحرارة على العينات ومدى تأثيرها برفع درجات الحرارة (شكل 1، 2، 3).



شكل رقم (1)

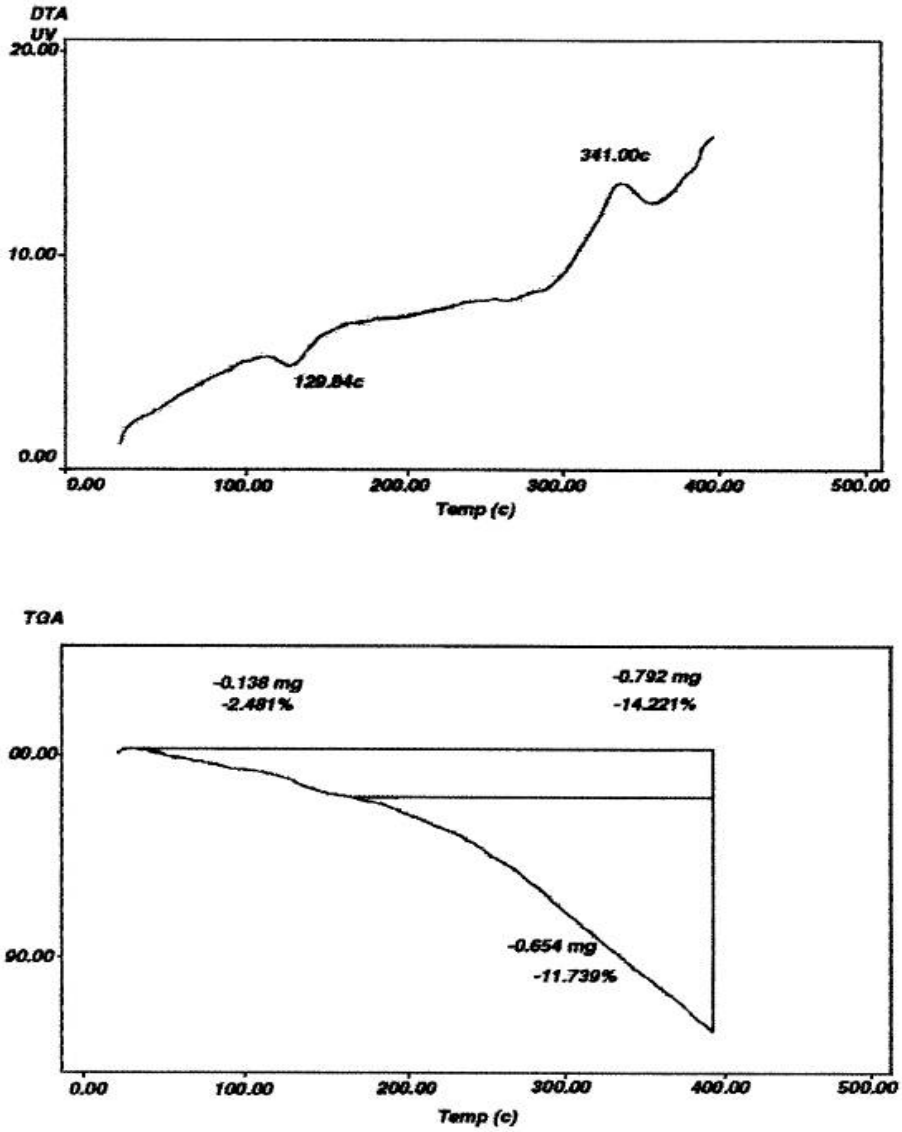
التحليل الحراري على عينات من الجبس القديم والمستخدم في الترميم حاليا





شكل رقم (2)

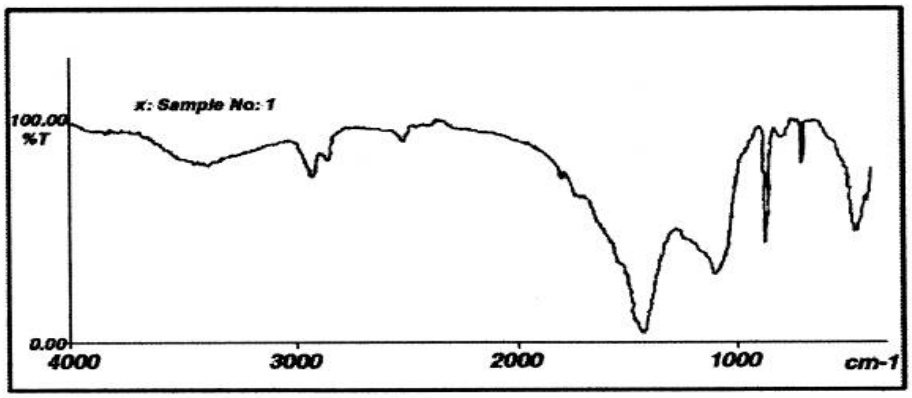
التحليل الحراري وعينة من أحجار باب المزينين

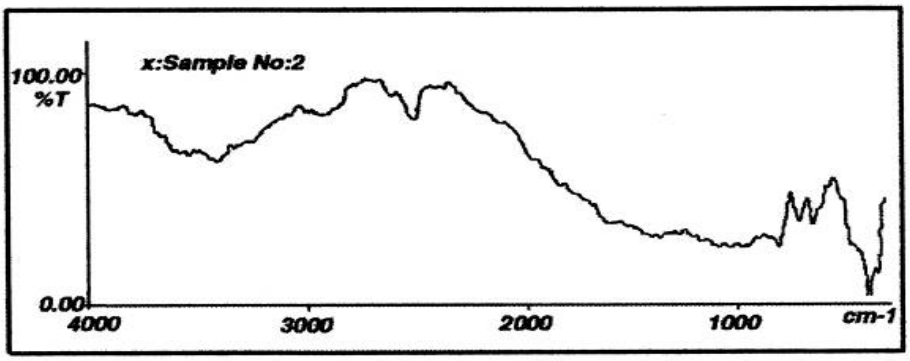


شكل رقم (3)

التحليل الحراري DTA ، TGA **على عينة من ملونات سقف المدرسة الاقبغاوية**

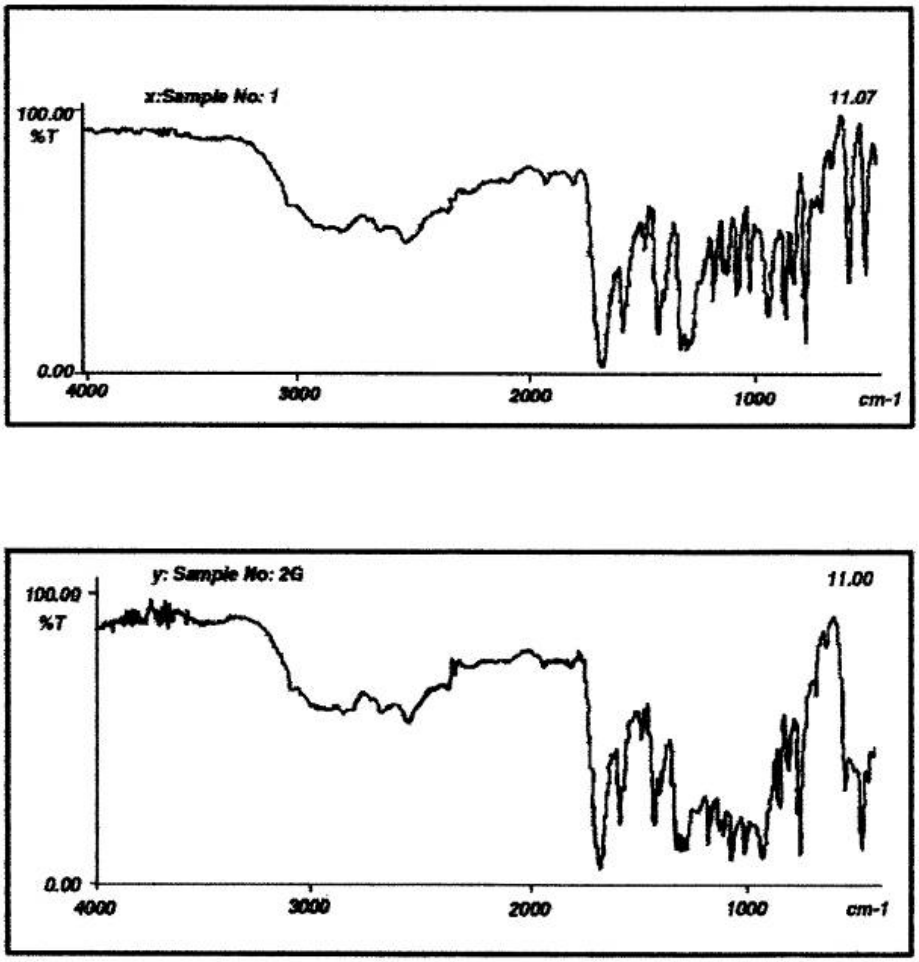
5. الأشعة تحت الحمراء Infra-Red والأشعة فوق البنفسجية Ultra- Violet : حيث يتم دراسة التركيب باستخدام الأشعة الطبقية في مجالين مختلفين مثل الأشعة تحت الحمراء Infra- Red والأشعة فوق البنفسجية Ultra- Violet (شكل 4، 5).





شكل رقم (4)

تحليل بالأشعة تحت الحمراء IR **على عينة من الملونات وأخرى من الأحجار**



شكل رقم (5)

تحليل بالأشعة فوق البنفسجية UV **على عينة من الجبس** X **والأخرى من الملونات** Y

وبدراسة كل هذه القياسات المعملية أمكن التحديد الكامل للتركيب المعدني والكيميائي لمحتويات المواد المختلفة بدقة شديدة وسنرى شرح ذلك على ثلاث عينات إحداهما من الحجر والثانية من الملونات على الحجر والخشب وعينة من الزجاج. (جدول 4، 5).

بني

Sample identification: (brown)

No	Card. ident.	Match Score	Rel m Score	1%	Displ (um)	Name	
1	05-0448	26.11	0.65	48	0	Barite	*
2	24-1035	41.41	0.52	69	24	Barite. Syn	*
3	14-0172	2.07	0.52	9	40	Neotocite	*
4	06-0344	2.92	0.49	9	0	Nantokite, syn	*
5	06-0710	5.41	0.45	8	23	Pyrite, syn	
6	33-0491	3.55	0.44	9	27	Geerite	
7	05-0628	3.51	0.44	9	-19	Halite. Syn	*
8	42-1340	6.57	0.44	8	23	Pyrite	
9	05-0586	0.37	0.37	48	-28	Calcite. syn	*

أصفر

Sample identification : eslamic (brown)

No	Card. ident.	Match Score	Rel m Score	1%	Displ (um)	Name	
1	13-0534	4.99	0.28	1	54	Hemmatite. Syn	*
2	17-0536	4.48	0.33	2	33	Goethite	*
3	21-0816	19.02	0.50	5	-2	Gypsum	
4	23-0311	28.08	0.46	6	-2	Gypsum. Syn	
5	25-0019	24.88	0.31	1	-14	Variscite	*
6	33-1161	8.98	0.36	4	-17	Quartz. Syn	*
7	05-0586	11.21	0.43	9	-18	Cacite. Syn	*
8	36-1451	10.32	0.87	93	-19	Zincite. Syn	*
9	36-0432	19.96	0.57	9	-32	Gypsum	*

أبيض

Sample identification : eslamic (White)

No	Card. ident.	Match	Rel m	1%	Displ (um)	Name	
1	33-0306	2.21	0.74	6	30	Calicum Silicate Hydrate	
2	36-0432	22.79	0.69	23	0	Gypsum	*
3	05-0586	9.60	0.48	4	24	Calcite. Syn	*
4	11-0293	15.38	0.42	33	11	Brushite	
5	16-0695	10.42	0.39	1	18	Cebolite	
6	06-0226	9.51	0.35	1	13	Anhydrite. Syn	*
7	27-1056	12.28	0.34	1	-23	Wollastonite – 1\ ITA\ RG. Ferron	*
8	02-0412	8.62	0.30	1	-20	Marialite	*
9	01-0947	6.46	0.29	1	28	Magnesium Chloride Hydrate	*

رمادي

Sample identification : eslamic (gray)

No	Card. ident.	Match Score	Rel m Score	1%	Displ (um)	Name	
1	36-0432	22.22	0.63	145	19	Gypsum	*
2	26-1079	3.99	0.50	69	16	Graptite – 3\ Itr \ Rg. Syn (Nr)	*
3	11-0293	17.18	0.43	100	28	Brushite	
4	33-1161	10.72	0.43	83	30	Quartz. Syn	
5	29-0557	9.46	0.38	9	36	Mawsonite	*
6	36-1461	22.32	0.33	6	0	Anglesite. Syn	*
7	21-1231	6.22	0.31	48	0	Berndtite- 4\ Ith \Rg	*
8	33-0490	21.91	0.30	11	28	Chalcocite -\ Itm \Rg	*
9	09-0462	8.48	0.28	2	14	Orthoclaase	*

جدول رقم (4) يوضح تحليل لعينات مختلفة من الملونات المستخدمة في أسقف مسجد الأزهر

نوعية الأحجار الملونة	نوعية الأخشاب الملونة	
Ca	*Ca*	*MagO2 >10%*
Al, Mg, Na, Si	*Al, Mg, Si+Zn*	*Minor 1-10%*
Fe	*Cr Mn+Pb*	*Trace*
Dr, Mn+Ti	*Ba, Fe+Ti*	*Faint trace*
Cu+Pb	*Cu*	*Very faint trace 0.001-0.01%*

جدول (5)

يوضح تحليل لعينات من اللون على الأحجار والأخشاب.

نتائج تحليل بعض العينات

تحليل عينة من الحجر: من الدراسات التي أجريت على عينة من الحجر اتضح لنا ما يلي:

1. بدراسة التحليل الكيميائي للعينة المأخوذة من الأحجار اتضح إنها تحتوي أساسا على نوعية خاصة من الحجر الجيري لها تركيب كيميائي محدد حيث اتضح أن العينة تحتوي على حوالي 50٪ من تركيبها من أكسيد الكالسيوم وتحتوي على حوالي 7٪ أكاسيد سيليكون وهذه النوعية خاصة وفريدة من الحجر الجيري حيث يختلف في تركيبته عن الحجر الجيري العادي أو النقي الذي يحتوي على أقل من 1٪ سيليكا و56٪ أكسيد كالسيوم.
2. أتضح من التحليل أيضا أن العينة تحتوي على نسبة عالية من أكسيد الحديد وهي حوالي 4٪ أكسيد حديديك ويعزي إليها اللون الأصفر للحجر الجيري الموجود بالأزهر وذلك في حين أن

الحجر الجيري النقي يحتوي عادة على أقل من 0.1٪من أكسيد الحديديك ويكون لونه بالتالي أبيض ناصع وجد أيضا أن العينة تحتوي على نسب من أكاسيد الكروم والمنجنيز وغيرها من الأكاسيد التي تساعد أيضا على ظهور اللون الأصفر الموجود بالعينة.

3. أتضح من التحليل المعدني باستخدام XRD أن العينة تحتوي أساسا على الكالسيت في صورة معدن ظاهر ببلورات واضحة من خلال الجهاز المستخدم ومعدن الكالسيت هو الصورة المتبلورة للحجر الجيري حيث أنه هو المكون الرئيسي للعينة وذلك بجانب بعض من السيليكا في صورة كوارتز.
4. من دراسة التحليل الحراري التمايزي " التفاضلي" DTA يتضح لنا أن العينة ثابتة برفع درجات الحرارة وأن هناك تفاعل عند التسخين عند درجة 110م° حيث تفقد العينة الماء الموجود بها ثم الثبات بعد ذلك وأتضح من تحليل TGA أن الفاقد في الوزن قليل جدا وهذا يؤكد ثبات العينة في درجات الحرارة المختلفة حتى درجة حرارة 400م°.
5. باستخدام الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية أمكن دراسة التركيب وخواص العينة وهي تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها بالدراسات السابقة (جدول 1) على عينة من بعض أحجار باب المزينين.

تحليل عينة من الملونات: من الدراسات التي أجريت على عينات من الألوان المستخدمة في تلوين الأسقف ظهر لنا:-

1. من التحليل الكيميائي لمكونات المادة الصفراء مثلا والقشور المغطاة بطبقة رقيقة ذات لون أصفر فاقع وجد أن العينة تحتوي في تركيبها على ما يقرب من 80٪ من تركيبها حجر جيري وحوالي 12٪ أكسيد سيليكون بالإضافة إلى مجموعة من الأكاسيد للعناصر الانتقالية بنسبة أقل من 1٪ لكل منها مثل أكسيد الحديد والكروم والتيتانيوم والمنجنيز.
2. يتضح أن اللون الأصفر عبارة عن طبقة رقيقة جدا تعادل جزء من المليمتر تغطي بطانة من خليط من الحجر الجيري والسيليكا الناعمة جدا فيما يمثل أرضية لعملية الدهان باللون الأصفر وتحتوي البطانة على أكسيد الكالسيوم وأكسيد السيليكون وأكسيد الزنك كمكونات أساسية وعليها طبقة اللون الأصفر الناتجة عن مجموعة الأكاسيد للعناصر الانتقالية التي يعزى إليها اللون الموجود (جدول 2، 3).
3. من التحليل المعدني باستخدام XRD أمكن التعرف على محتويات العينة من المعادن ومن الكالسيت كمكون أساسي ورئيسي بجانب الكوارتز بنسبة قليلة وهو يؤكد التحليل الكيميائي لمواد العينة.
4. من التحليل الحراري للعينة وجد أن العينة تحتوي على بعض من المواد العضوية حيث أنه برفع درجة الحرارة تفقد العينة

جزء كبير من مكوناتها وهذا يوضح أسباب تحلل المواد العضوية الموجودة بها وتطاير أجزاء كبيرة منها.

5. تم استخدام الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء لدراسة الخواص الضوئية للعينة وهي توضح النتائج التي تم الحصول عليها من القياسات السابقة (جدول4) الذي يوضح التحليل الخاص ببعض العينات اللونية المأخوذة من سقف المدرسة الأقبغاوية وسقف الرواق العباسي.

تحليل عينات الزجاج بواسطة جهاز الاسبكتروجراف Spectrograph A.E.SP.

الزجاج من القطع المتهالكة من الشبابيك بجهاز الاسبكتروجراف الموجود بالمركز القومي للبحوث بمعامل الحراريات والزجاج والاسبكتروجراف هو نوع من أنواع التحليل الطيفي الذي يشير إلى درجة تركيز العنصر الداخل في إنتاج نوعيات الزجاج والأكاسيد الملونة ويستخدم في تحديد العناصر المجهولة بعينة معينة بالإضافة إلى تحديد النسب التقريبية لهذه العناصر (جدول 3) يوضح تحليل عينات الزجاج الملون المستخدم في هذه الفتحات سواء العناصر الأساسية الداخلة في تكوين هذه العينات أو الأكاسيد المطبقة عليها لإعطاء النسب اللونية ومن تحليل العينات المذكورة بالجدول اتضح أن النتائج الموضحة بالجدول تحتوي على السيليكون Si والصوديوم Na والكالسيوم Ca كعناصر أساسية للخلطة الزجاجية المستخدمة في هذا الزجاج وعلى عنصر الفضة Ag والحديد Fe للحصول على اللون الأصفر واعتمد على الكروم Cr للحصول على اللون الأخضر وعلى المنجنيزMn للحصول على اللون

البنفسجي وعلى عنصري الكادميوم Cd والنحاس Cu للحصول على اللون الأحمر.

كما وجد عنصري الأنتيمون والقصدير والنيكل والباريوم بنسب ضئيلة في الخلطات التي تم تحليلها والاستفادة من عملية التحليل هي الحصول على إمكانية تركيب خلطات زجاجية تتشابه ونوعية الخلطات الأصلية لمحاولة استبدال القطع المفقودة من الأعمال الزجاجية بالغرف ويتم ذلك بتصنيع نوعية مثيلة ومطابقة لها في الخواص والتركيب والصفات التي تتميز بها هذه النوعيات عن الزجاج الحديث.

مظاهر تلف الأسطح الزخرفية اللونية

من الملاحظة والبحث وجدنا سبعة مظاهر رئيسية لتلف الزخارف اللونية بالأسقف ألا وهي كما يلي:.

1. **ظاهرة التفتيح** Blooming

لوحظ بالعين المجردة أن أغلب أجزاء الأسقف ذات مظهر أبيض شاحب مائل إلى الزرقة ويشبه إلى حد كبير ظاهرة الضباب المعتم والسبب الرئيسي لحدوث هذه الظاهرة هو عامل الرطوبة الذي يؤثر على الطبقة الظاهرة التي تتعرض له وهي طبقة الورنيش الخارجي أيضا الترميم الغير سليم الذي تم على الأسقف في أوقات سابقة باستخدام منظفات غير مناسبة أو مذيبات غير جيدة أو التنظيف بالمواد المائية

2. **ظاهرة الإعتام** Darkening

تم ملاحظة أن كثير من أجزاء الأسقف قد تغير لون فيها لون طبقة الورنيش الأصلية وتحول إلى اللون الأصفر والبني الداكن مما جعلها غير شفافة مع مرور الزمن وبالتالي غير واضحة فطمست على المعالم الزخرفية تحتها.

3. **ظاهرة التشقق** Craquelure

وذلك نتيجة لترميمات سابقة غير سليمة بدهان ورنيش صلب على طبقة من الورنيش قبل إتمام جفافها مما أدى إلى تمدد وانكماش غير موحد بأماكن مختلفة بمسطحات الأسقف مما أدى إلى ظهور هذه التشققات السبب الآخر الذي قد يسبب ذلك هو التخفيف الزائد لطبقة الورنيش باستخدام كمية كبيرة من التربنتين والذي يسبب أيضا هذه التشققات.

4. **ظاهرة الإتراب** Smogging

وتتكون طبقة الاتساخ بالمظهر المائل للبياض في الألوان نتيجة تراكم الأتربة السطحية وعوادم السيارات نتيجة التهوية الطبيعية حيث تعلق بالأسقف الزخرفية وتلتصق بها بعوامل الهواء والزمن والرطوبة.

5. **ظاهرة التشرخات اللونية** Deep Cracks

وتظهر هذه التشرخات بكثرة في طبقة اللون وبأعماق وتوغلات متفاوتة بزوايا عمودية على أسطح الأسقف وعادة ما تنفذ خلال طبقات السقف اللونية والتحضيرية بكاملها وغالبا ما تكون مصحوبة بتقعر يشوه العمل الفني والعنصر الزخرفي في السقف ويرجح ظهور هذه الظاهرة إلى تصدعات الأخشاب أو طبقة الأرضية المجهزة للألوان أو إلى استخدام

مسامير للتثبيت أو التغليق والطرق والنقر من أعلى و أسفل السقف يحدث مثل هذه التشرخات التي تأخذ نمط على أشكال عنكبوتية.

6. **ظاهرة التقشر** Flaking

تم ملاحظة وجود أجزاء كثيرة متقشرة ساقطة أو متزوعة من مكانها وذلك بالعديد من الطبقات المختلفة للألوان وترجع هذه الظاهرة إلى التشرخات الكثيرة التقاطع أو التغير في درجات الحرارة والرطوبة أيضا الترميم الغير سليم الناتج من غسل وتنظيف السقف الزخرفية بالماء والصابون أو من النقص في المادة اللاصقة بين سطح السقف وطبقة تجهيز اللون وأيضا لظهور الأملاح الناتجة من الأحجار خاصة بزوايا أو حواف الأسقف.

7. **ظاهرة فقد التماسك في اللون** Inconsistency

ترجع هذه الظاهرة الموجودة بكثرة بالأسقف إلى استخدام المواد الرديئة والغير مناسبة في عملية ترميم سابقة وذلك لعدم إجراء أبحاث أو تحاليل علمية للأرضية الخاصة بهذه الملونات ونتيجة لعدم الدراية أصبحت درجة الامتصاص العالية للأرضية تفوق طبقة اللون والورنيش المجفف بالتربنتين أيضا نتيجة لغياب طبقة الورنيش الحافظة ولجفاف اللون وتجمده أو أكسدته نتيجة لتعرضه للأكسجين قبل استخدامه وتطبيقه على موضعه حيث يؤدي ذلك إلى ضعف في قوة اللصق

الزجاج الملون

يتكون الزجاج بصهر بعض الأكاسيد الحمضية وأهمها السيليكا مع بعض الأكاسيد القاعدية مثل البوتاسيوم والصوديوم وذلك بالإضافة إلى بعض الأكاسيد التي تعطي صفات لونية خاصة مثل الكوبالت والكروم والحديد والذهب والنحاس وغيرهم، تختلف خواص الزجاج مثل معامل الانكسار ودرجة الانكسار والصلابة وغيرها من الخواص العامة باختلاف طبيعة ونسب مكوناته وتختلف نوعية السطح بالمعالجات المختلفة التي سيتعرض لها والزجاج من الناحية الكيميائية والطبيعية مادة غير ثابتة Metastable ولهذا فإنه ربما يتحول إلى مادة شبه بلورية بمرور الزمن مما يؤدي إلى تقشر سطحه

تلف الحشوات الزجاجية بالأعمال الجصية والخشبية

يتحول الزجاج عند تحلله بفعل الرطوبة إلى المواد القلوية الداخلة في تركيبه وهذه المواد تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو مما يؤدي إلى تكون طبقات من الكربون على سطحه تتداخل هذه الطبقات مع السيليكا لتكون شروخ سطحية تؤدي إلى إضعاف تماسك الزجاج وتفتته وتؤدي درجات الحرارة العالية إلى إصابة الفتحات بالتقوس وتفتت المعجون والجص معا مما ينتج عنه انفصال الزجاج وتساقطه من الحشوات ومما ساعد على تلف الحشوات عامل الرطوبة الداخلة بالحوائط والتي أدت إلى تآكل الأخشاب وتهالك الجص وتهشم الزجاج كما أدى التفاعل الناتج من عوادم حركة المرور المزدحمة بالمنطقة وهواء محمل بالرطوبة والأتربة والغازات مثل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 الذي يتحول إلى حمض الكبريتيك في وجود الرطوبة وبخار الماء يسبب ذلك تآكل سطح الزجاج وتراكم الأتربة على الفتحات وتفاعلها مع البخار والحمض مما يعتم السطح ويمنع دخول الضوء ويعطي منظرا سيئا وخاصة بالشبابيك الملونة المعشقة بالأخشاب.

العتامة في زجاج الشبابيك

تحدث هذه العتامة عند زيادة نسبة الرطوبة في الغرف وتتكون كطبقة رقيقة جدا وترى بمرور الزمن عند سقوط الضوء عليها بزاوية معينة حيث تتحل أطيافه الأساسية معطية درجات مختلفة من اللون وذلك يؤدي إلى فقدان الألوان الطبيعية لقطع الزجاج والمميزة لها وهناك ببعض القطع تكون العتامة عالية فيها نتيجة للأتربة والظروف البيئية ومع زيادة نسبة الأكاسيد القلوية وارتفاع درجة الرطوبة تصبح قطعة الزجاج مصابة بظاهرة الضباب كما أنه لوحظ وجود بعض الفطريات على الزخارف المنفذة على الأسطح الزجاجية وخاصة الأكاسيد المعدنية الملونة فتنمو هذه الفطريات على المادة الجيلاتينية التي كانت تستخدم لتقوية المناطق الضعيفة من الزخارف حيث تتوفر في هذه الحالة البيئة الصالحة لنمو الفطريات وهي الرطوبة والمادة الغذائية المناسبة.

الشروخ الناتجة عن الاجهادات Strain Cracking

وهذه بعض الشروخ التي تنتشر في جميع الاتجاهات بالزجاج وتسبب في تحطيم القطع الزجاجية نتيجة للإجهادات من قذف قطع الزجاج بنقل من الحجارة وتراكم الأشياء الصلبة على الفتحات نتيجة الاستخدام السيء من قبل المسئولين عن استخدام المبنى الذين لا يشكل العمل الأثري لهم شيئا يذكر ونتيجة لسوء الاستخدام عند الفتح والغلق للشبابيك واستخدام الفتحات كأماكن لتخزين الملفات والأوراق في صورة كتل متراصة على الفتحة مما أدى إلى فصل قطع كثيرة من الزجاج عن معدن الرصاص والجص والخشب ومن نتائج ذلك الاعوجاج في الإنشاء الهيكلي للشبابيك مما حطم قطع أخرى.

من خلال تجارب الجسات الأرضية التي تمت على أساس المبنى وجد أنها عبارة عن حجر جيري غشيم مبنى تحت الحوائط بعمق وصل 170سم أما الأساسات تحت الأعمدة فقد وجد أنها متهالكة وحالتها سيئة جداً ولا توجد ميدة تربط بين قواعد الأعمدة كأساس للحوائط تم تحديد الفاقد والتالف من الأحجار والأخشاب والزجاج الجصي ورخام القبل

مرحلة تحديد طرق العلاج والتقوية

الفحص والدراسة للحشوات المعشقة بالرصاص والجصية والخشبية: ـ

ويمر هذا الجزء من الدراسة والفحص بعدة مراحل ساهمت بحد كبير في اختيار الوسائل المناسبة لعملية الترميم الصحيحة والتي تمت من خلال عدة فحوص واختبارات كالتالي: .

الاختبار الأول: .

تم تصوير فتحات الزجاج من خلال استخدام الضوء النافذ Transmitted Light وذلك بوضع الحشوات على منضدة مضيئة Light table أثناء التصوير وذلك قبل بداية عمليات الترميم والصيانة وذلك لتسجيلها أثريا ثم يتم بعد ذلك تصوير الأثر أثناء عملية الترميم وبعد الانتهاء منها وذلك لإعداد وثيقة هامة تدل على حالة الأثر قبل وبعد العمل لدراسة حالته بالكامل.

الاختبار الثاني: .

يتم تصوير عينات زجاجية من الحشوات من خلال ميكروسكوب ثنائي العينة Binocular والذي يعطي صورة مجسمة ذات أبعاد ثلاث ومن نتائج التصوير والدراسة تم التوصل إلى طريقة صنع زجاج الحشوات بالنوافذ المختلفة وهي طريقة النفخ اليدوية عن طريق الأسطوانة وذلك

من خلال دراسة شكل الفقاعات الهوائية التي تحتوي عليها العينات حيث تبدو هذه الفقاعات كصورة دائرية كبيرة على عكس صورة الاستطالة التي تنتج من عينات الزجاج الميكانيكية.

وتم أيضا اكتشاف بعض العينات التي تم إنتاجها بطريقة الفلاش Flashed glass ذو الدرجة اللونية الحمراء والتي تم إنتاجها بطريقة نفخ الزجاج من طبقتين إحداهما جزء رقيق والأخرى زجاج شفاف كما تم الحصول على توضيح لبعض الخدوش الظاهرة بسطح الزجاج بالتآكل السطحي وهي ظاهرة لا تلاحظ بالعين المجردة على الإطلاق فقط بالتصوير الدقيق والدراسات العلمية المتخصصة يمكن تحديد هذا النوع من التلف.

معالجات تنظيف وترميم وحماية الزخارف الملونة بالأعمال الحجرية :

لوحظ بالعين المجردة عند الكشف الابتدائي على باب المزينين عدة مشاكل بالأحجار ومنها تراكم كمية كبيرة هائلة من الأتربة والأملاح على سطح الأحجار كما لوحظ وجود طبقة سميكة من السناج تغطي معظم الأحجار كما وجدت تراكمات كثيرة من الشحوم والزيوت والطحالب كما وجدنا أن أغلب أحجار الجزء السفلي متآكلة وانمحت من عليها العناصر الزخرفية النحتية ووجد أن الجزء العلوي من الأحجار بجانب الباب قد تم ترميمه سابقا بأسلوب خاطئ أفسد ما تركه الدهر حيث أن تكوين العناصر الزخرفية قد تم بأسلوب الإفريسك ولكن تم الترميم باستخدام ملونات زيتية مما محا دقة ملامح الأثر.

لوحظ أن القبلة الخاصة بالمدرسة الأقبغاوية مكونة من أجزاء من الخشب المنجور بأعلاها ثم قطع من الفخار المطلي بطبقة من الجليز بألوان الأسود والأبيض والأحمر والطوبي أسفلها ثم جزئين يمين القبلة وشمالها من الفسيفساء المطعم بالرخام والأحجار الكريمة والصدف والعاج ثم عمودين مخروطين من الرخام الأبيض وتجويف القبلة مصنوع من قطع صغيرة من الزجاج المذهب إلى جانب قطع الصدف والعاج مكونا شكل الفازة الإسلامية عن طريق الفسيفساء وأسفلها شريطين من اللونين الأسود والأبيض يحيط منتصف القبلة بداخلها جزء من الفسيفساء والصدف على هيئة زخارف إسلامية هندسية ويحيط بها شريط من الأحجار مطلية بطبقة من الذهب المؤكسد الذي ينتهي بأسفل أشرطة أفقية من الرخام باللونين الأسود والأحمر الطوبي وعليهما تحديبه على شكل أرش أو قبوة محدبة من الزخارف البارزة والغائرة في الرخام الأبيض .

لوحظ من خلال المعاينة والتصوير وجود كمية هائلة من الرطوبة والأملاح على القبلة وذلك إلى جانب تهالك الجزء العلوي الخاص بالخشب المنجور ونقص بعض الأجزاء خاصة الجزء الأيمن وحدوث تشققات وتلفيات كبيرة بها أما الجزء الخاص بالفخار العلوي المطلي بالجليز فقد لوحظ وجود نقص في بعض القطع العلوية ووجدت أيضا تشققات بالفواصل المجمعة أما جزء الفسيفساء الرخامية والمطعمة بالصدف فقد لوحظ وجود نقص بها إلى جانب هشاشتها من الخلف نظرا لتثبيتها على رمل وطمي متحلل وفي القبو الخاص بأعلى القبلة فقد وجد نقص شديد في بالقطع المصنوعة منها من العاج والصدف والزجاج المذهب مما جعلها شبة مشوهة الملامح إلى جانب وجود طبقة من

الأملاح عليها ووجد في الجزء الخاص بالأعمدة والرخام والأحجار المنجورة تهالك شديد ووجود فاقد كبير فيها وأيضا هشاشتها وذلك لعدم ثباتها وتحلل مادة الربط المثبتة لهذه الأحجار والمكونة من الطمي وحجر جيري ورمال كما لوحظ أيضا تركيب بعض هذه الأحجار أيضا تركيب بعض هذه الأحجار بتسلسل فني زخرفي خطأ "أي معكوس" وذلك نظرا للترميم الخاطئ الذي تم سابقا على هذا المحراب كما لوحظ فقدان الكثير من قطع الفسيفساء الموجودة بالمنتصف والقطعة المتهالكة ،ولوحظ أيضا تهالك رخام الجانب الأبيض خلف الأعمدة وفقدان أجزاء من الرخام الأسود بأسفل وذلك بجانب هشاشة التركيب وضعفها حتى أنه أمكن فك بعض هذه الأجزاء بمجرد اللمس وبالنسبة للعناصر الزخرفية المكونة من الفسيفساء والصدف فقد تم ترميمها سابقا ببوية الزيت مما جعل العمل الأثري الفني بها غير دقيق في الملامح وغير متكامل في العناصر الزخرفية وبالتالي بدأ العمل في العناصر الزخرفية وبالتالي بدأ العمل في عملية التنظيف والإظهار وإعادة الترميم بالأسلوب العلمي الدقيق المقترح في ورقة العمل كما يلي في الخطوات التالية:.

التنظيف Cleaning Methods:-

استخدام الماء المضاف إليه قليل من الصابون والنشادر في تنظيف السناج والأتربة ثم تمت عملية الإزالة للصابون بالماء العذب بعد التنظيف ثم تم تحضير محلول مكون من مزيج من النشادر والبنزين والكحول بنسب متساوية لتنظيف بقع الزيوت والشحوم واستخدام أيضا البيريدين في عملية التنظيف النهائي وتمت إزالة البقع والطحالب باستخدام محلول مخفف من النشادر وذلك لقتل الطحالب وتنظيف البقع.

1. **إزالة الأملاح من الأحجار** Stone salts removal:

تتم هذه العملية عن طريق تحضير عجينة من ورق الجرائد وذلك عن طريق إلى قصاصات من الورق في الماء العذب حتى يتم استحلابها وتحضير عينة من الطين والرمل بنسبة 4:1 لإزالة الأملاح وبعد ذلك تغطى الأماكن المراد تخليصها من الأملاح بكمادات من هذه العجائن وينتظر حتى تجف وتتبلور على سطوحها الأملاح التي تحركت إليها من داخل الأحجار المراد إزالة الأملاح منها ويتم تكرار هذه العملية باستمرار إلى أن تزال جميع الأملاح الموجودة بالأحجار وقد وجد أن هناك بعض الأحجار المتراكم عليها كربونات الكالسيوم فتم إزالتها عن طريق محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك ويمس بها الحجر المراد تنظيفه وتترك حتى يتم التفاعل ثم تتم عملية الإزالة بعد عملية التليين باستخدام مشرط غير حاد أو غير ذلك من الأدوات اليدوية المناسبة وتغسل الأماكن المعالجة بعد ذلك جيدا بالماء للتخلص من آثار الأحماض.

1. **تقوية الأحجار وسد الشقوق الكبيرة** Stone strengthening and Cracks blockage:

وقد تمت عملية التقوية للأحجار عن طريق الإسقاء باستخدام فرشاة ناعمة في الأجزاء المسطحة كما استخدمت طريقة الحقن للشقوق والفجوات والثقوب وبالنسبة لمزيج فيتكون من محلول من خلات الفينيل المبلمرة بنسبة 3٪:7٪ مع مزيج من الأسيتون والتولوين وخلات الأميل والكحول النقي وبعد ذلك تم عمل معجونة من الإيبوكسي وبودرة الحجر والرمال الخالية من الأملاح لملء الشقوق الكبيرة وتم ذلك حتى

مستوى أقل من مستوى سطح البحر بحوالي 2سم ثم بعد الجفاف تم ملء الشقوق بمستحلب خلات الفينيل (الفينافيل) مع بودرة الحجر مع قليل من مادة ترابية ملونة لتعطي لون الحجر المطلوب ثم تم تسوية الشقوق والثقوب بمونة من الحبر المنطفئ والرمال الخالية من الأملاح بعد غسلها بالإضافة إلى الكاوين الناتج من بودرة الأحجار وقد استخدمت هذه الطريقة نظرا لأن لدائن الإيبوكسي تنكمش عند الجفاف لذلك تم عمل الطبقة السطحية من مستحلب الفينافيل لإكمال الشقوق نظرا أنها كانت متماثلة في اللون وقوة الشد بالنسبة للأحجار وتم عمل الطبقة الثالثة من المونة نظرا لدرجة الحرارة والرطوبة الواقعة على سطح الأحجار والتي تؤثر في مكونات هذه المونة.

2. **الاستبدال في الأحجار والرخام** Stone and marble replacement:-

بالنسبة لقبلة المدرسة الأقبغاوية لوحظ أنه يوجد الكثير من الأجزاء المفقودة والتالفة نهائيا من الرخام والأحجار بالقبلة فتمت عملية الإزالة للأجزاء المتآكلة والمطموسة نهائيا والخاصة بالجزء السفلي والزخارف الحجرية بالجزء الأوسط من القبلة وتم حقن هذه الأحجار بالمواد العازلة (رو رويد) ومادة إديبوند الإيبوكسي لتعمل على تماسك المونة الخلفية مع المونة الجديدة من الجير والرمال مع بودرة الرخام و الأحجار المذابة في مادة الإيبوكسي وذلك كمادة لاصقة وللتقوية وتم استبدال جوانب القبلة بالرخام الأبيض المماثل لنوعية الرخام السابقة وخاصة في الجزء الخلفي للأعمدة ثم تم تجميع أجزاء الرخام البيضاء و السوداء على قطع مماثلة لها ووضعها كما كانت في الجزء المخصص لها تمت سقاية الجزء الخاص بالفسيفساء بملء التشققات بمادة إيبوكسية في الفراغات بين كل قطعة وتم تحضير نفس نوعيات الزجاج والأحجار

والأصداف الموجودة بها من حيث النوعية واللون وتم إكمال باقي الأجزاء الموجودة بعد الحقن والتنظيف وإجراء عملية الترميم والتطعيم عليها ثم تم تنظيفها وتنعيمها بعد ذلك . طبقا للأسلوب العلمي السليم.

وبالنسبة للأعمدة فقد تم تنظيفها وتجميعها مرة أخرى ثم تنعيمها وتركيبها في الوضع الصحيح نظرا لوجود تقوس في العمود الأيمن مما احتاج إلى رفعه من مكانه قبل البدء في العمل ثم إعادة تجميعه واستكمال الأجزاء الناقصة باستخدام الأرالديب مع الرمال وبودرة الرخام لاستكمال الأجزاء الناقصة في القاعدة وجزء من البدن ثم عمل التركيب والتنعيم والتلميع وإعادته كما كان بالطريقة السليمة.

أما بالنسبة لباب المزينين تمت عملية الإزالة للأحجار المتآكلة والمطموسة نهائيا وخاصة بالأجزاء السفلية وتم استبدالها بأحجار من نفس مواصفات الأحجار الأصلية وقد تم التعرف على تلك المواصفات والخواص من نتائج البحث والتحليل التي تمت على عينة من الأحجار القديمة وبعد عملية الاستبدال والتقوية وعمل الزخارف الخاصة سواء البارزة أو الغاطسة تم التوجه في العمل إلى الأجزاء العلوية والخاصة بالملونات.

ترميم الأجزاء العلوية من الملونات الحجرية:

تمت هذه العملية في باب المزينين على ثلاثة مراحل تنفيذية كالتالي:

في المرحلة الأولى:

تم تنظيف النقوش الملونة من الأتربة وعوالق السناج وغيرها من البقع والحشرات والطحالب بالماء وباستخدام فرشاة ناعمة ورفيعة ليسهل التحكم فيها بعد التأكد من ثبات هذه الألوان وعدم إزالتها بالماء وذلك نظرا لوجود وسيط من الورنيشات عند إذابة الملونات.

في المرحلة الثانية:-

تمت عملية التثبيت للأوان على الأحجار باستخدام مكون من 40٪ أسيتون و30٪ تولوين و10٪ بترول و10٪ كحول 5٪ خلات الأميل مع إضافة نسبة قليلة من السيليكون ريزين بنسبة 5٪ وإضافة خلات الفينيل المبلمرة الذاتية بنسبة 3٪ من المحلول السابق ثم تم رش جميع الملونات بهذا الخليط وتغطيتها بطبقة من النايلون لإبطاء سرعة تبخره حتى تنفذ المحاليل إلى أقصى مدى داخل الزخارف والنقوش الملونة.

في المرحلة الثالثة:-

تم عمل الرتوش وعملية التذهيب الخاص بالباب حيث تم تحضير مركبات من الملونات الطبيعية والأكاسيد المعدنية التي تم استنتاجها من عملية التخليل السابق ذكرها تمت عملية الإذابة لهذه الأكاسيد في وسيط من زيت بذرة الكتان وزلال البيض لعمل الرتوش في الأجزاء التي أزيل منها اللون نتيجة للزمن وللتلوث أو عوامل التعرية تم إعطاء اللونيات نفس القيمة اللونية والدرجة مع مراعاة عدم التغيير أو التبديل في أي شئ ثم تم لصق أوراق الذهب على الأجزاء الناقصة والمتآكلة منها بعد تحضير هذه الأجزاء وفي النهاية تم تقوية الملونات وورق الذهب بمادة الورنيش للحفظ والوقاية.

مرحلة الترميم الدقيق

الترميم الدقيق للملونات وإعادة الأجزاء الغير واضحة منها:

يتم تجهيز الملونات طبقا للنتائج التي تم معرفتها من عمليات التحليل لمكونات الألوان ويتم دمجها بزلال البيض وبعض الورنيشات من زيت بذر الكتان وتترك لمدة 24 ساعة مع التقليب المستمر ثم يتم تجهيز العناصر الزخرفية ونقلها على الأجزاء الجديدة التي تم علاجها بالحجم المناسب الذي يتفق مع تصوير السقف كاملا ويتم ذلك عن طريق النقل والطبع عليها ثم إعادة التلوين بهذه الأجزاء بقصد عدم الإحلال أو الإخفاء لأجزاء اللون الأصلية الموجودة بالسقف وتتم هذه العلمية بدقة شديدة بدون أي محاولة لتحسين اللون أو تغيره سواء في الدرجة اللونية أو الخامات المستخدمة وتتم العلمية بإعادة تلوين الفاقد من اللون بدون أي ابتكار على الأجزاء الموجودة فعلا بالسقف وباتباع نفس الأسلوب المستخدم في زخرفة وتلوين السقف ويستخدم هذا الأسلوب لتحقيق مطلبان أساسيان للعمل الموجود الأول هو الثبات أو الحفاظ على أصل الأثر والثاني هو تصحيح العيوب الموجودة بنفس الألوان المحيطة لإعطاء إحساس الملائمة والتجانس عند الرؤية للسقف تم أيضا عمل بعض الرتوش بإعادة التلوين بطبقة واحدة على الأجزاء والأماكن المخدوشة والمفقودة في طبقة اللون الأصلي بنفس الدرجة والتكوين وذلك لإعادة اللون وعلاجه من التلف وذلك في محاولة للوصول إلى الشكل الأصلي للمحافظة على السقف كأثر إسلامي جميل.

تكنولوجيا ترميم الزجاج المعشق بالرصاص

بعد تنظيف الحشوة وإعدادها تم تثبيت ورق شفاف فوق سطحاها لنقلها وذلك عن طريق الطبع ثم حددت أماكن الرصاص المتهالكة وحددت قطع الزجاج التالفة والغير موجودة ثم وضعت القطع على منضدة التعشيق وتم تجهيز عينات مسطحة من نوعيات الزجاج السباق تحليلها وتم بعد ذلك صهرها بالطرق التكنولوجية التي تم الكشف عنها بالعينات السابق ذكرها وذلك سواء كانت بالطرق اليدوية أو النصف يدوية المسطحة أو المنقوشة أو المموجة وذلك في درجة حرارة انصهار 1450م° ثم تم التبريد بعد ذلك في فرن التبريد (أي التحكم في نقل درجة حرارة الفرن لحرارة الغرفة العادية تدريجيا) ثم يتم سحب الزجاج وإجراء عملية التقطيع كما في الرسم المنقول من الفتحة الأصلية على الورق الشفاف وبعد ذلك يتم إعادة الراص بالنسب السابقة ويتم صبه وسحبه عن طريق ماكينة سحب الرصاص (الدرفلة) وليس السحب الأوتوماتيكي وذلك ما دلت عليه التحاليل المعملية وبعد إجراء عملية إعداد الرصاص تم تعشيق القطع الناقصة ولحامها مع باقي أجزاء الرصاص بعد التنظيف السابق وتجهيز مادة المعجون بالنسب التي تم تحديدها في العناصر السابقة لتحليل المعجون ثم دمج المواد المعدة بنسب قليلة من الغراء مضافا إليها نسبة قليلة من الماء وصلت إلى 10٪ ثم يتم دمجها في زيت بذرة الكتان للحصول على القوام السائلي استعداد لعمل المعجنة اللازمة للزجاج بعد تعشيقه وبعد اللحام ووضع الرصاص والزجاج في الإطار الخاص به والمصنوع من الحديد على حرف U.

تكنولوجيا ترميم الزجاج المعشق بالجص

بعد تحديد نوعية الجبس التي يجب استخدامها في عملية الترميم ومن التحليلات المعملية اتضح أن الجبس الباريسي (السيني المحسن) هو أصلح المواد الجصية التي تتناسب مع نوعية الجبس الناتجة من التحليل وذلك لشدة نعومته وخلوه من السيليكا وسهولة تشكيله وعدم قابليته للجفاف السريع الأمر الذي يساعد على إمكانية إعطاء فترة لتشكيله بالشكل المطلوب وتم تصنيع وتقطيع الزجاج على الشفافات المعدة كما في خطوات الزجاج المعشق بالرصاص ثم تمت عملية لحام الزجاج في الجص بعد التنظيف بإضافة طبقة لبنية من الجص سابق الإعداد في خلفية الفتحة.

تكنولوجيا ترميم الزجاج المعشق بالخشب

بالنسبة للزجاج المعشق بالأخشاب فقد تم إجراء عملية التنظيف والتقوية على الأخشاب ثم تقطيع الزجاج بنفس الطريقة السابقة ووضعه في الفتحة في المكان المعد لذلك ثم تمت عملية المعجنة بعد التعشيق أما زجاج القبة الخشبية بالمدرسة الاقبغاوية فقد تم عمل قالب من الشموط بشكل وحجم قطعة الزجاج وتم صب الزجاج السائل بعد سحبه من الفرن في هذا القالب ووضعه في فرن التبريد بعد كبسه في قالب الشمط استعدادا لوضعها في فرن التبريد ثم تجميعها على القبة الخشبية عن طريق إفريز من الخشب والتثبيت عن طريق المعجون الخاص به

الصور التوثيقية

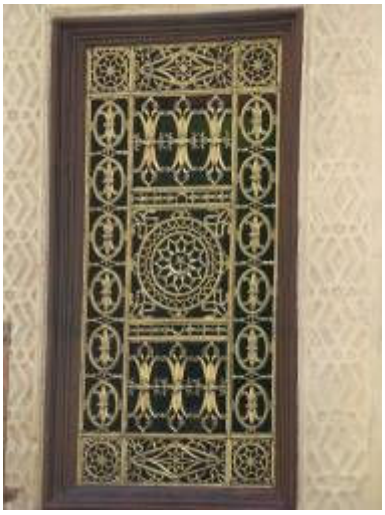
وقبل إنهاء هذا البحث سندرج صور فوتوغرافية لبعض الأعمال التي تم إنجازها وذلك بحالتيها قبل الترميم وبعد الترميم والتي تمثل بعض من الجهد المتواضع الذي بذلناه في سبيل الحفاظ على تراثنا الإسلامي العريق.

تطوير صحن المسجد الأحمدي

تطوير شبابيك المسجد الأحمدي

إعادة تأهيل و تكسية أعمدة المسجد الأحمدي

ترميم أسقف المسجد الأحمدي



ترميم الشبابيك النحاسية بالمسجد الأحمدي

نتائج البحث والتوصيات

1. توصل البحث لعدة نتائج علمية أمكن تطبيقها في عمليات ترميم وتطوير الأعمال الفنية المعمارية بالعمارة الإسلامية
2. أمكن تحديد الأسلوب العلمي لطرق الترميم والتطوير والتوثيق للعمارة الإسلامية
3. أمكن تطبيق أسلوب البحث في عمارة المسجد الأحمدي بطنطا و كذلك على بعض مباني مساجد مسجد السيدة زينب وعلي زين العابدين وفاطمة النبوية بما يتناسب مع الأصالة والمعاصرة.
4. البحث منهج علمي لأسلوب تطبيقي في ترميم وتطويرالأعمال الفنية في العمارة الإسلامية.