دور المهندس العربي في إحياء العلوم الهندسية القديمة وتطويرها

المهندس معن برادعي

قال المفكر ليبري: (لو لم يظهر العرب على مسرح الحياة، لتأخرت نهضة أوروبا الثقافية قروناً عدة).

لم يمض وقت طويل على استقرار العرب في البلاد التي فتحوها، حتى شرعوا في تلمس طريقهم نحو دنيا العلم، وهذا أمر حدث بسرعة وعبقرية، نتيجة الحضّ على التعلم وفضل العلماء على الجهلاء، ومع بداية النهضة العلمية في العالم الجديد الذي فتحه العرب، والنهضة التي اتسعت فشملت اللغة، والهندسة المائية والميكانيكية، وعلوم الدين والفلسفة والتنجيم، ومختلف العلوم الأخرى التي وقف عليها العرب في مخلفات الحضارات القديمة، التي كانت تتعرض في ذلك الوقت إلى الاندثار والدمار، فأنقذها العرب من الضياع؛ حيث درسوها وترجموها وبدؤوا بإضافة الكثير من عبقريتهم الخلاقة وتصاميمهم المبدعة.

وبنظرة عامة إلى العصور العربية القديمة نجد أن الحركة العلمية والثقافية تألقت وازدهرت في العصر العباسي، بدءاً من عصر الخليفة هارون الرشيد إلى عصور عدد كبير من الخلفاء؛ إذ ازداد الاهتمام بالعلم، واستمرت حركة الترجمة والنقل وازدهرت، وكان الإقبال على الدرس والتحصيل العلمي منقطع النظير، كما كان هناك تشجيع للعلم ورعاية للعلماء، قلّما نقف على مثلها في أي عصر من العصور.

لقد حدثنا المؤرخون العرب عن الأموال التي أنفقها الخلفاء، والأمراء، وكبار رجالات الدولة في هذا السبيل.

ولاشك في أن عصر الخليفة المأمون كان من أزهى العصور في تاريخ الحركات العلمية والثقافية؛ إذ أمر المأمون عدداً من علمائه بالقيام بمهام علمية كبيرة، تتطلب علماً غزيراً، ودراية كبيرة. فقام العلماء بما كلّفوا به، وحققوا ما طلب منهم على أكمل وجه، وتفوقوا على اليونان أساطين العلم في العصر القديم، وفتحوا صفحة جديدة في تاريخ العلم.

ولن نطيل بإعطاء أمثلة عن دراسات العرب في جميع ميادين العلم حينذاك؛ بل سنختصر، ونخص بالذكر دورهم في الهندسة الميكانيكية المائية.

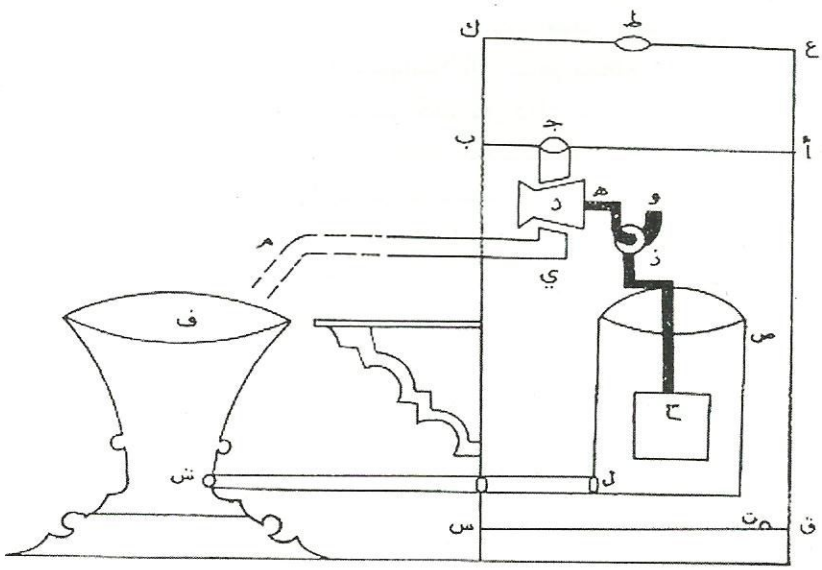
وقد قمنا على مدى سنوات 1979-1987 بعمل نماذج للآلات المائية لعدد من المهندسين العرب من خلال دراسة الآلات من المخطوطات المؤلفة من قبلهم، وخصوصاً لكبار العلماء، من أمثال بني موسى، والجزري، وتقي الدين ابن معروف (والآلات المنفذة موجودة في متحف معهد التراث العلمي العربي بحلب).

حيل بني موسى

نبغ موسى بن شاكر وأولاده محمد وأحمد والحسن في القرن التاسع الميلادي، واشتهروا شهرة كبيرة، وبرعوا في علم الحيل، ولهم فيها كتبٌ تعرف بحيل بني موسى، لم يسبقهم إلى مثلها أحد. والمخطوطة محققة من قبل الدكتور احمد يوسف الحسن عام /1981/.

وعلى سبيل المثال لا الحصر، سنشرح عن واحدة من آلاتهم (الشكل التالي)، وهي آلة

الشكل (1)



تركب في الحمامات والمتوضئات وقرب الأنهار، وفكرة عملها أن يتم تخزين الماء في وعاء، فكلما أخذ منه شيء، عاد إليه مثل ما أخذ، فلا يضيع جزء من الماء.

والشكل (1) هو للآلة التي تم صنعها استناداً إلى المخطوطة..

مبدأ عمل الآلة

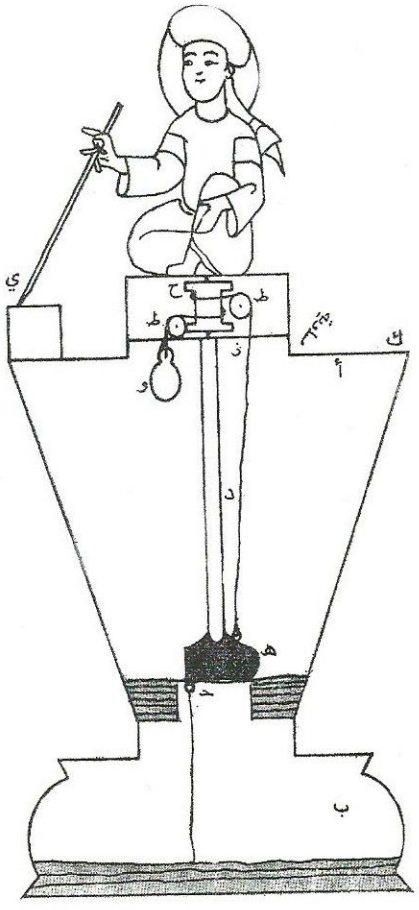
والفكرة أن يوجد حوض آخر مخفي خلف جدار فيه فواشة، والماء في الحوضين على السوية نفسها، وهما متصلان بأنبوب بينهما (حسب مبدأ الأواني المستطرقة)، فعند سحب الماء من قبل المتوضئ، تنخفض الفواشة، وبتأثير وزنها تحرك صماماً خاصاً جذع مخروط، (يدعونه البثيون)، يسمح بنزول الماء من خزان علوي إلى فم التمثال، ومنه إلى الحوض الخارجي. وعندما يرتفع الماء في الحوضين يسبب رفع الفواشة، لتعود وتغلق الصمام، وتسبب توقف المياه المنسكبة من الحوض العلوي المخفي؛ وهكذا دواليك..

(الجزري ومخطوطة الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل 1206 ميلادي):

ومما يجدر الانتباه إليه، أننا نجد في الحضارة الغربية هوةً فاصلة بين فئة العلماء والمؤلفين من جهة وبين فئة الصناع من جهة أخرى، ولم تنشأ فئة المهندسين في الغرب إلا في العصور الحديثة. أما في الحضارة العربية فقد احتل المهندسون منذ البداية مكانة رفيعة، وكان المهندس نفسه صانعاً؛ حيث جمع المهندسون بين العلم والعمل. وكان على رأسهم المهندس أبي العز بن إسماعيل الجزري، الذي عاش فيما بين القرنين الثاني عشر والثالث عشر الميلاديين، وكان يمثل التيار الرئيسي للمهارات الميكانيكية الدقيقة، التي ازدهرت في الأجيال اللاحقة في ورشات صانعي الساعات وصانعي الأجهزة العلمية، تلك التكنولوجيا التي كانت وراء الثورتين العلمية والصناعية. وهو مخترع يصف لنا ما اخترعه، ويؤكد أهمية التجربة والمشاهدة، ولا يؤمن بعلم لاتدعمه التجربة العلمية. ولعلّ أهم الأعمال التي صدرت عن الجزري، هي كتابه (الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل)، وتم تحقيقه من قبل د.أحمد يوسف الحسن وتم طبعه عام 1979، حيث نجد أن أكبر أقسام كتاب الجزري يبحث في الساعات المائية، وهناك قسم خاص بآلات رفع الماء والطرائق الهيدروليكية المعقدة والمبدعة، كالمضخة ذات الاسطوانتين المتقابلتين، إلى ما هنالك من وصف للمطاحن التي تدور بقوة جريان المياه، وطواحين تدور بواسطة المد والجزر، بالإضافة إلى معاصر لقصب السكر أو لعصر الزيوت، تدور بقوة المياه.

لقد كان الجزري مهندساً مبدعاً، اخترع كثيراً من الآلات والوسائل الهيدروليكية التي ظهرت آثارها في تصميم المحركات البخارية، وفي مبادئ التحكم الآلي للآلات الهيدروليكية في العصور الحديثة، وسنبحث على سبيل المثال في الساعة المائية التي ابتكرها، ويُعلم منها مضي ساعات وأجزاء ساعات بغير كلفة؛ حيث كانت ساعته تعطي مضي الوقت لأربع عشرة ساعة ونصف الساعة، وتعتمد على مبدأ هيدروليكي بسيط، هو تحقيق ثبات للتدفق من خلال فتحة في قمع يتغير فيها ارتفاع الماء (الضغط) وفق معادلة من الدرجة الثالثة، ولكن الجزري حققها تجريبياً.

الشكل التالي يمثل الساعة المائية من مخطوطة الجزري.



وقد قمنا بتنفيذ نموذج عنها، وفق ما ورد في المخطوطة من مواد بسيطة، وقد تم تحديد الأبعاد وفق المخطوطة، وتم إلباس جسم حوض الساعة بمنحني معادلة ثبات التدفق مع تغير الضاغط المائي بشكل تقريبي، وتم تجريب أقطار عدة لثقب التصريف، حتى تم تحقيق المطلوب. والساعة محفوظة في متحف معهد التراث العلمي العربي بحلب.

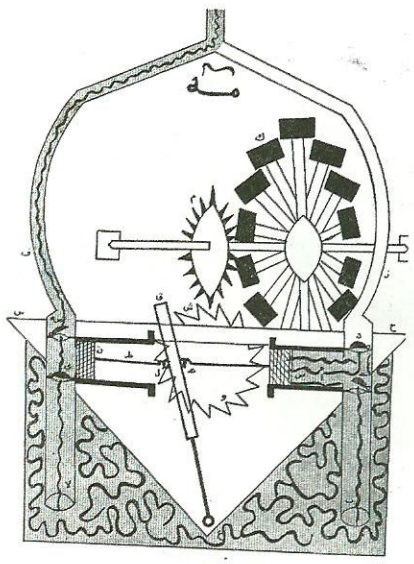
والصور التالية تبين الساعة المائية المنفذة:

مخطوطة الطرق السنية في الآلات الروحانية- لتقي الدين ابن معروف الدمشقي 1600 ميلادي:

لا يمكن أن نتكلم عن المهندسين العرب من دون ذكر شيخهم المهندس الشامي تقي الدين بن معروف وكتابه. وتأتي أهمية هذا الكتاب في أنه يكمل حلقة مفقودة في تاريخ التكنولوجيا العربية. فإلى جانب (حيل بني موسى) في القرن التاسع الميلادي، وكتاب (الجامع بين العلم والعمل) للجزري في القرن الثالث عشر الميلادي، نجد أن كتاب (الطرق السنية) لتقي الدين المحققة عام 1976هو استمرار لتقاليد الهندسة العربية، ووصفٌ لكثير من الآلات التي استجدت، ولم يرد ذكر لها في الكتب السابقة؛ حيث شرح فيه عن آلات رفع الماء التي وردت في مخطوطة الجزري 1206م، ومنها المضخة ذات الاسطوانتين المتقابلتين، التي عدها مؤرخو العلم والتكنولوجيا إنجازاً هاماً

في تاريخ الهندسة، خاصة بالنسبة إلى هذا التاريخ المبكر؛ أي في القرن الثالث عشر، وقد عدّها كثيرون أنها الأصل الذي تطور عنه المحرك البخاري؛ حيث تقوم بتحويل الحركة الدائرية إلى حركة مستقيمة تسبب في حركة بستون داخل قميص نحاسي، يحرك صمامات باتجاه واحد تسمح بدخول الماء إلى حجرة الاسطوانة، ولا تسمح بعودتها، وأقرب ما يمكن تشبهه إليها حالياً هي المضخة الماصة الكابسة التي تستعمل لضخ المواد التي تحوي مواد معلقة.

والشكل التالي يمثل المضخة كما وردت في مخطوطة الجزري:

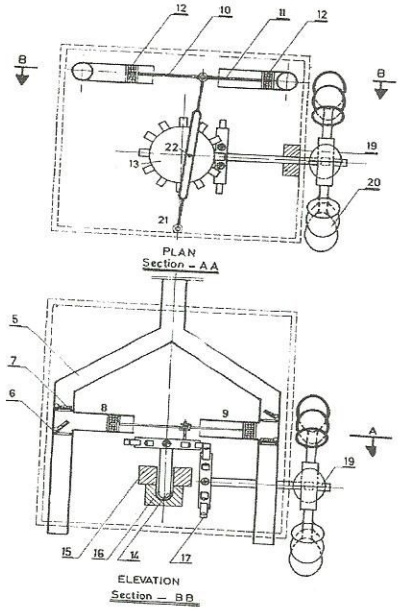


ووصفها تقي الدين في مخطوطته كما يلي:

آلة موضوعة في صندوق (1) على وجه الماء، وبأعلى الصندوق قصبة (2) بارزة إلى جهة العلو، حسب ماتختاره. وبجانب هذا الصندوق دولاب، إذا حرك هذا الدولاب صعد الماء من تلك القصبة متتابعاً، وهي من الطرائق اللطيفة في فنها. وطريق ذلك أن تعمد إلى قصبتين من النحاس (4) (5) معطوفتي الرأس، بحيث أنه إذا وضعت كل واحدة في ركن من أركان الصندوق، التقى رأساهما، ثم تخرق كل واحدة في وسطها، وتكون قد وضعت في جوف كل واحدة منهما فوق الخرق وتحته إفريزاً (6) يطبق عليه غطا(7) من النحاس محكم، في أسفله جلدة مقيدة؛ بحيث إذا طبق لا يسلك الماء منه، فإذا أتممت ذلك وأنهيته، تركب على كل خرق من ذلك قصبة قائمة على كل من القصبتين(8)،(9)، ويكون جوفهما في غاية الملاسة والضبط، وتلحمهما لحاماً محكماً، ويكون طول كل قصبة ثلث ما بين القصبتين من المسافة؛ فإذا أتقنت ذلك، أثبت كل واحدة من القصبتين المطوفتين في ركن من أركان الصندوق، بارزاً طرفهما من أسفل شيئاً يسيراً من خرقين خرقتهما فيه، ورأساها ملتقيان في أعلى الصندوق، ثم تعمل سهمين من الحديد طول كل واحد منهما القصبة، وفي طرفه الواحد رزة، وفي الطرف الآخر فلسان من صفيحة ملحومان في رأس كل منهما المقابل للرزة، بينهما مقدار عرض اصبع فيها، ويكون دور البكر بمقدار ما يدخل في القصبة بسهولة، ثم تلف بين البكرتين خيطاً من قنب مرطب بالشحم محكماً؛ بحيث أنه إذا دخل القصبة لم يكن بينهما فرجة أصلاً، فمن الواضح أنه إذا أدخل كل واحد من السهمين في قصبته، وجمعت رزتيهما وربطتهما، فإنك إذا دخلت بإحداهما خرج الآخر، وإذا دخلت به خرج الآخر. ومن الواضح أيضاً أن الصندوق إذا وضعته على وجه الماء، وحركت السهمين يمنة ويسرة، طلع الماء في كل من القصبتين، لأن السهم الواحد إذا دخل طرد الهواء من الغطاء الفوقاني ضرورة، وإذا خرج انطبق، فلا يقدر الهواء على العود، فيجذب الماء لضرورة الخلا، ثم إذا دخل دفعه، فتنطبق السفلى، ولا يقدر على العود، فيصعد من الطابقة العليا، ويجري هكذا في دخوله وخروجه في القصبة، ومما علم أنه إذا تحرك هذا السهم، يتحرك رفيقه بالتبادل، فإذا خرج هذا دخل هذا، وحيث اتضح الأمر في ذلك كما ينبغي، فلنبدأ بعمل حركته.

وهو أن تعمل دولاباً من الخشب الصلب (13) على محور مثبت فيه في الجهة الواحدة (14)، ويكون قطره ما عدا الأسنان بقدر ما بين القصبتين، وتعمل عارضة في وسط الصندوق وتخرقها في وسطها قدر المحور؛ بحيث إن الدولاب ينزل فيه إلى قطب (16) تحت الخرق، فإذا دار كان دوره رحوياً، ثم تعمل دولاباً آخر (17) يكون دوره دولابياً، وأسنانه بقدر أسنان الأول، ويعمل له محور(18)، وتركبه في جنب الصندوق على عضادة قائمة في الصندوق؛ بحيث تكون أسنانه مشتبكة في أسنان الأول، وطرف محوره بارزاً من الصندوق، وفيه دولاب بفراشات (20)، إذا دار هذا الدولاب بحركة حيوان أو ماء، دار الذي على محوره بدوره، فأدار بأسنانه الدولاب الرحوي القايم في وسط الصندوق؛ فحينئذ تعمل سهماً طويلاً (21) طوله من القطر المقابل للقطر الذي فيه القصبتان إليهما، ويكون مشقوقاً منه طولاً ما يقابل قطر الدولاب الرحوي، وتثبت طرفه في نصف القطر المقابل في رزة، بحيث يتحرك يمنة ويسرة، وتثبت طرفه الآخر في رزتي السهمين، وتسمر سناً في سطحه (22) داخلاً في شق السهم، بحيث إنه إذا دار دورة كاملة، تحرك السهم يمنةً ويسرةً، فيتحرك السهمان داخلاً وخارجاً، فيصعد الماء حتى يسكب في الحوض الذي أعددته له، وهذه صورة ذلك جميعه.

والشكل التالي صورة لرسم هندسي حديث للمخطوطة المحققة:



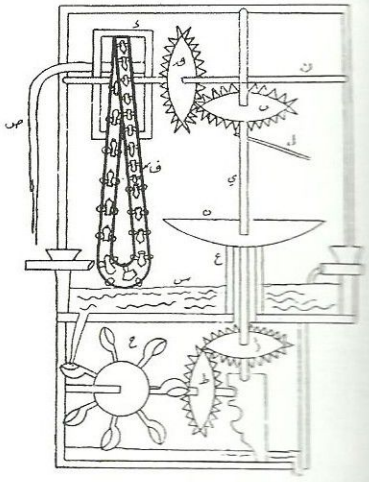
وقد قمنا بتنفيذ نموذج عنها وفق ما ورد(في مخطوطة الاسطوانتين المتقابلتين)، يعمل ويستطيع ضخ الماء، وعملنا على أن تظهر حركة الصمامات والبستون للمشاهد، من خلال جعل هذا القسم شفافاً. وكما نرى في الشكل، أنه لو عكسنا الحركة، لحصلنا على تحويل الحركة المستقيمة إلى حركة دائرية (وهو مبدأ المحرك البخاري)، والآلة محفوظة في متحف معهد التراث العلمي العربي بحلب.

والشكل (2) من المخطوطة يوضح حركة الصمامات مع صورة الآلة المنفذة:

كما يعرض (كتاب الطرق السنية) إلى وصف منشأة مائية هامة قائمة في مسجد الشيخ محي الدين، في زقاق النواعير بدمشق، على نهر يزيد، مطابقة تماماً لمنشأة مائية (وصفها الجزري في كتابه) تستخدم الماء الساقط لتحريك الناعورة.

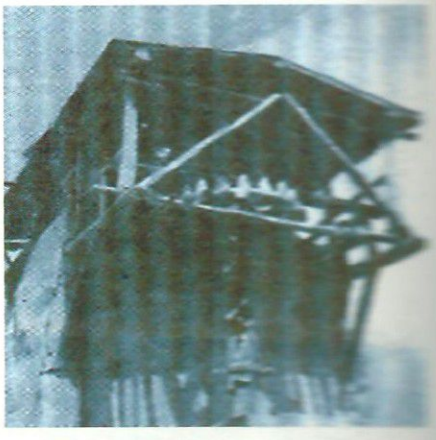
والمنشأة المائية استخدمت طوال مئات

السنين لتغذية البيمارستان القيمري، ومن بعده مسجد الشيخ محي الدين، بالماء اللازم، (وتستخدم قوة جريان الماء الأفقي لتدوير الناعورة).



شرح منشأة الشيخ محي الدين

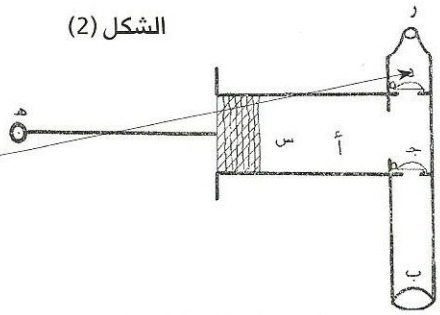
الصورة التالية لناعورة الشيخ محي الدين بدمشق التي لا تزال قائمة.



تتألف منشأة الشيخ محي الدين من دولاب رأسي (أو ناعورة) مركب على نهر يزيد، يدور بواسطة تيار الماء. هذا الدولاب يدير مسنناً أفقياً (يتعامد مع مسنن آخر أفقي، ويدير هذا المسنن الأفقي عموداً رأسياً (يسمونه الصاري)، وفي أعلى الصاري مسنن أفقي (يسمونه الطبق).

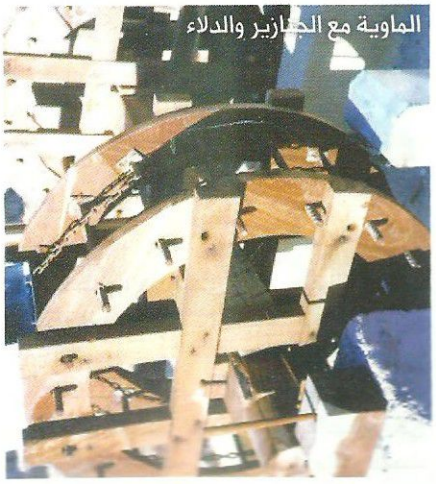
هذا المسنن الأفقي العلوي يدير مسنناً رأسياً متعامداً عليه في الأعلى (يسمونه اللقاطة) ويدير المسنن الرأسي العلوي دولاباً رأسياً (يسمونه الماوية) عن طريق محور أفقي

الشكل (2)

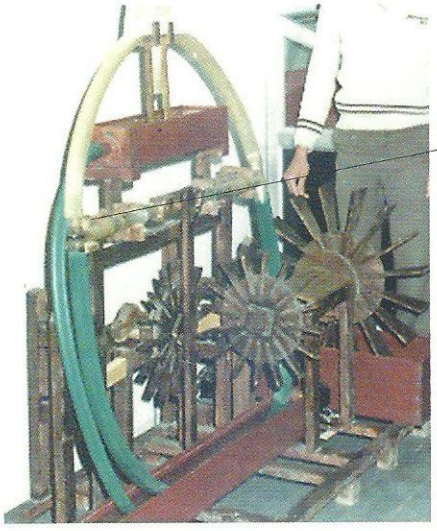


علوي، ويدير الدولاب (أو الماوية) زنجيرين من الحديد طويلين ومتصلين، وعليهما سلسلة من الدلاء يفصل بين الدلو والآخر مسافة 60 سم، وتأخذ الدلاء الماء من مستوى النهر إلى ارتفاع يبلغ 12 م تقريباً؛ حيث ينصب الماء إلى مجرى محمول على القناطر التي تنقله إلى البيمارستان القيمري ومسجد الشيخ محي الدين. وهناك برج يحتوي على درج حلزوني للصعود إلى (الطبق واللقاطة والماوية).

الطبق واللقاطة

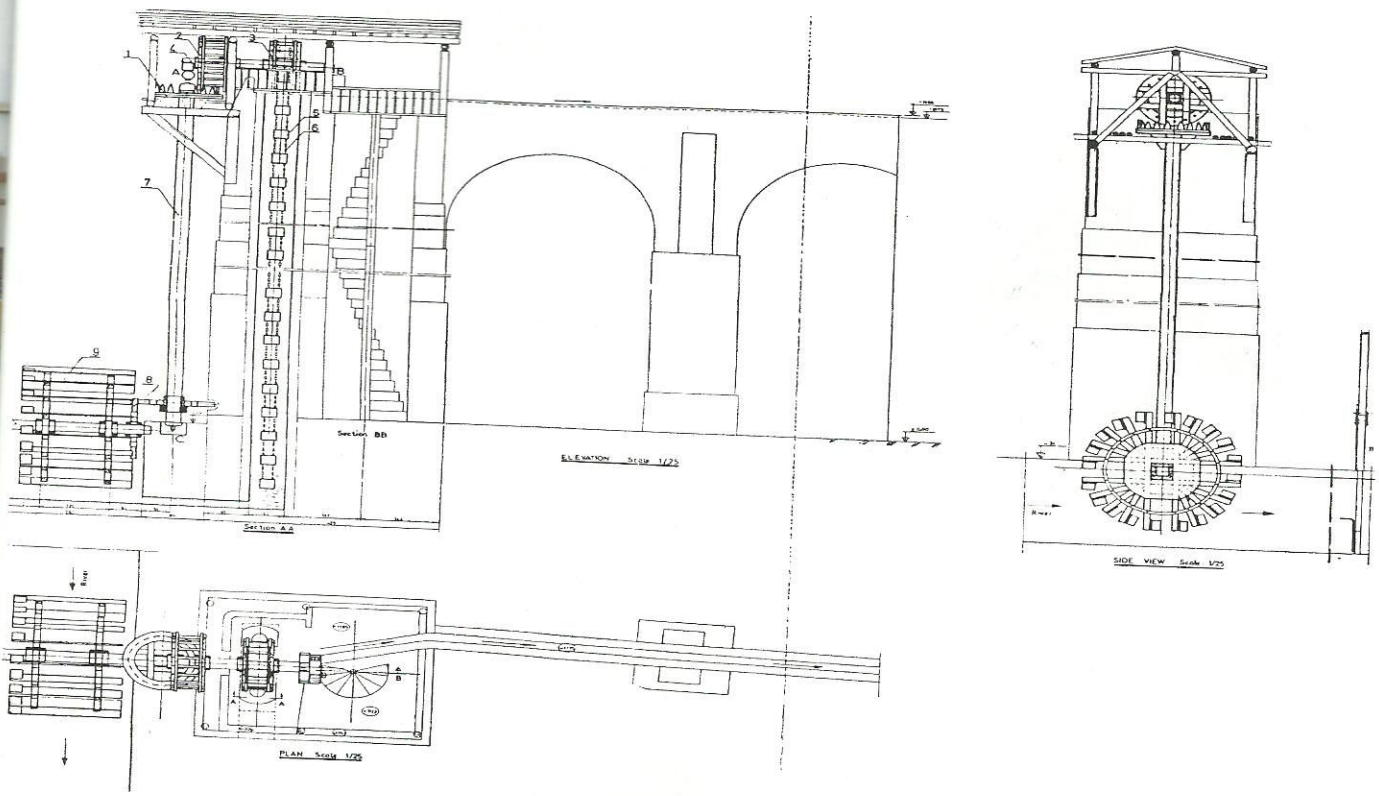


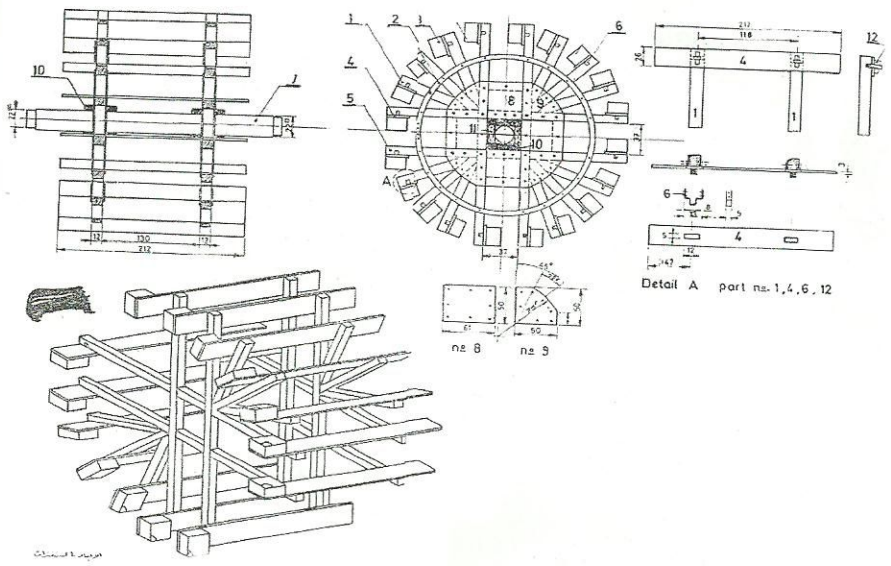
الماوية مع الجنازير والدلاء



وللاستفادة الإضافية من دولاب الماء أو الناعورة، فقد ثبت على محيطها من الجانب دلاء تقوم بأخذ الماء ورفعه إلى علو صغير كاف لتغذية المنزل المجاور.

وقد قمنا بتنفيذ نموذج لناعورة الشيخ محي الدين وفق النموذج الأصلي، ودراسة مخطوطة تقي الدين بمقياس 2/1 وهي قائمة أمام مبنى معهد التراث بحلب، كما يظهر في الصورة التالية:





أهمية التشابه بين مضخة الجزري وبين منشأة الشيخ محي الدين

هنـاك تشـابه كامل تقريبـاً بين هاتين المنشـأتين، ذلك أن الـدولاب المائي لنموذج الجـزري هو من النوع ذي المغارف، ويسـتخدم الماء السـاقط لتدويره (الشـكل في مخطوطة الجزري)، بينما دولاب منشأة الشيخ محي الدين مزودة بألواح خشبية طويلة موزعة على محيطه، ويدور بواسطة تيار الماء من الأسفل.

وهناك بالطبع فروق فـي التفصيلات التي لابد منها بين نموذج صغير (في الجزري) يهدف إلى التسـلية، وبين منشـأة ضخمة هدفها رفع الماء من نهر يزيد إلى المسـجد والبيمارسـتان المجاورين.

وتكمن أهمية منشـأة الجزري ومنشأة محي الدين في أنهما يدوران من دولاب مائي، وتكمن أهمية المقارنـة في أن المضخات ذات الزناجير والدلاء المعروفة قديماً، أنها كانت تدور بواسطة الحيوانات وليس بقوة الماء.

ولولا منشأة الشيخ محي الدين التي لا تزال بحالة جيدة حتـى الآن، لبقي الظن لدى مؤرخي التكنولوجيا، بأن الجزري لم يصف إلا نموذجاً لم يخرج إلى حيز التطبيق العملي.

المخطط الهندسـي التالي من المخطوطة المحققة للدكتور احمد يوسـف الحسن يوضح حركة الناعورة.

ومما يلفت النظر أن المهندسـين العرب فـي القرن العشـرين، عـادوا مرة أخـرى (في سـورية على الأخص) إلى إنشـاء مراكز البحث في تاريـخ العلوم، لإعادة إحياء علوم أجدادهم العرب، أملاً منهم في دفع حركة البحث العلمي إلى الأمام، وإلى اسـتقطاب الباحثين، وتوحيد جهودهم لكتابة تاريخ العلم والتكنولوجيا في الحضارة العربيـة، لتكون قدوة للأجيال ومنارة للمستقبل. ■