

أثر المعالجة التمهيدية الكهركيميائية (بالتخثير الكهربائي) في تحسين مواصفات المياه الجوفية المملحة وتهيئتها للتحلية دراسة مياه آبار كفر حمرة (حلب - سوريا)

عبد الحكيم بنود و شيرين قبرطاي

قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة حلب، سوريا

الملخص:

تعاني العديد من الآبار الجوفية المتواجدة في منطقة كفر حمرة (حلب) من ارتفاع المحتوى الملحي للمياه متمثلاً بارتفاع قيم العسرة الكلية والسيليكا والناقلية الكهربائية، فبالإضافة لعدم صلاحية هذه المياه للشرب، تسبب العناصر الآتفة الذكر عقبات تقنية لبعض الصناعات القائمة في المنطقة، وإعاقة لتجهيزات التحلية المستخدمة في المنشآت الصناعية التي تتطلب خطوط إنتاجها استخدام كميات كبيرة من مياه هذه الآبار، كالمصابغ مثلاً.

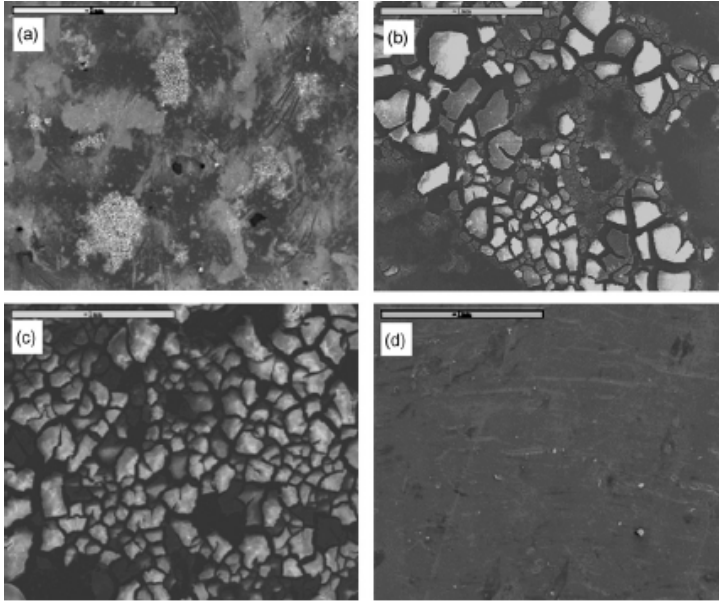
تختبر هذه الدراسة إمكانية استخدام تقنية التخثير الكهربائي كمعالجة تمهيدية للمياه الجوفية بهدف خفض قيم العسرة الكلية، ومركبات السيليكا، والناقلية الكهربائية فيها، باستخدام صفائح ستانلس ستيل، ونظام أحادي القطبية، ودراسة علاقة كفاءة المعالجة بزمن التخثير الكهربائي، حيث بلغت نسب الإزالة للعسرة الكلية 22.3% ومركبات السيليكا (SiO₂) 95%، (Si) 94.5%، وانخفضت الناقلية الكهربائية من 1.711ms/cm للمياه الخام إلى 1.579ms/cm للمياه المعالجة، وال pH من 7.97 إلى 6.60 دون الحاجة لإضافة أي حمض، وذلك بتطبيق تيار كهربائي ثابت شدته 1 أمبير، وزمن تخثير 30 دقيقة.

الكلمات مفتاحية: المعالجة التمهيدية الكهركيميائية، التخثير الكهربائي، المياه المالحة، التحلية.

المقدمة:

تسبب العسرة المرتفعة مشاكل متأصلة لكل أنماط التحلية، أكانت حرارية أو غشائية، وتبعاً لظروف التشغيل في محطة التحلية يمكن أن يتشكل نوعين من

القشور: قلوية $(CaCO_3, Mg(OH)_2)$ ، ولا قلوية $(CaSO_4, CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ ، ويكون تشكّل القشور اللاقلوية مُفرطاً في درجات الحرارة المرتفعة [1]، ويحدث التقشّر بسبب ترسّب الأملاح على سطح الغشاء، ويزداد الانسداد مع زيادة الجريان، ويقلل من التدفق فيؤدي إلى مشاكل تشغيلية أكبر ويصح استخدام الكيمياءات أمر حتمي من أجل تنظيف الانسداد والتقشّر [2]، ويؤدي وجود مُركّبات السيليكا أيضاً لحدوث ظاهرة التقشّر في التقنيات الغشائية للتلية، وبالتالي مشاكل انسداد للغشاء، كما يظهر الشكل (1) [3].



شكل (1): تظهر ترسّبات على أغشية تمرر مياه حاوية على سيليكا منحلة بتركيزات مختلفة حيث:

(a) مياه ذات تركيز سيليكا 100 mg/l - (b) تركيز سيليكا 200 mg/l - (c) تركيز سيليكا 500 mg/l

و (d) غشاء يمرر مياه بتركيز سيليكا منحلة 200 mg/l خضعت لمعالجة تمهيدية بالتخثير الكهربائي. [3]

وبما أن بعض الاستخدامات الصناعية تتطلب مياهاً ذات محتوى سيليكاً أقل من 1ppb أي $41\mu\text{g/L}$ ، فقد أصبح اللجوء إلى المعالجة التمهيدية بهدف خفض محتوى المياه الجوفية من السيليكاً أمراً حتمياً لاغنى عنه، توطئةً لاستخدامها أو دخولها آليات التحلية على اختلاف أنواعها.

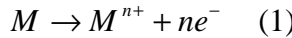
أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر المعالجة التمهيدية بالتخثير الكهربائي في تحسين مواصفات مياه الآبار الجوفية الممتلحة، وتطويرها لتصبح أكثر ملاءمةً لآليات التحلية المستخدمة بهدف جعل المياه لاحقاً صالحة للشرب أو للأغراض الصناعية، وذلك من خلال إزالة مُركّبات العسرة الكلّية والسيليكاً والناقلية الكهربائية، وخفض قيمة الـ pH لحدود تناسب وحدات التحلية (5.5 - 6.5)، حيث تعتبر خطوة التحميض (خفض الـ pH) خطوة رئيسية أولية في عملية التحلية، لمنع الترسّبات في التقنيات الحرارية أو الغشائية.

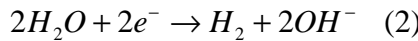
طريقة البحث:

1. آلية التخثير الكهربائي Electrocoagulation:

تعتمد هذه الطريقة على تمرير تيار كهربائي (مستمر بشكل عام وفي بعض الحالات متناوب) عبر صفائح معدنية ناقلة للكهرباء مغمورة في المياه المراد معالجتها. فعند تمرير التيار الكهربائي عبر الإلكترود المعدني، يتأكسد المعدن محرراً الشاردة الموجبة M^{n+} عند المصعد، وبشكل متواقت، يتم تحويل الماء إلى غاز الهيدروجين وشاردة الهيدروكسيل OH^- عند المهبط كما يلي:



وعندما $n = 2$:



تتحد الشاردة المعدنية مع شاردة الهيدروكسيل مُشكّلةً مُركّبات هيدروكسيلية تملك خواص امتزاز عالية فتعمل على تحطيم استقرار الجسيمات الغروية، وتشكّل

تجمعات مع الملوثات. كما يساعد انطلاق غاز الهيدروجين في عملية المزج وتعزيز تطويف الملوثات، فعند تشكّل الندف، تقوم فقاعات الغاز بتطويفها فتُزال الملوثات مُشكّلةً طبقة طافية على سطح الماء [5] - 6 - 7].

2. تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وبالتالي الكلفة الكهربائية للمعالجة:

يتم تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من العلاقة:

$$E = (I \times U \times T) / V \quad (1)$$

حيث:

E: كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وتحسب لمعالجة 1م³ من المياه (واط ساعي / م³) (w.h/m³).

I : شدة التيار الكهربائي المُطبَّقة (أمبير) (A).

U : فرق الكمون المطبق (فولط).

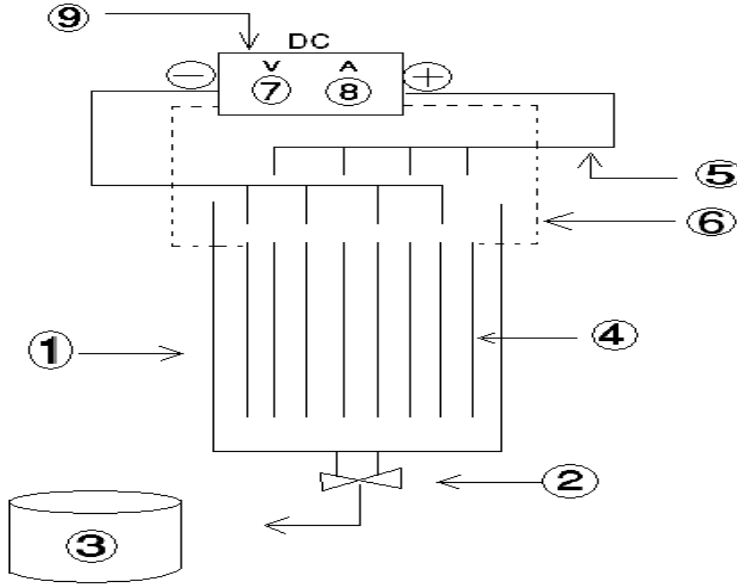
T : زمن المكوث ضمن مفاعل التخثير الكهربائي بالساعة (h).

V : حجم المياه المعالجة (م³) [7].

3. الأجهزة والمواد المستخدمة:

المفاعل المستخدم هو عبارة عن خلية زجاجية (حوض) محمولة على منّصب معدني ومزوّدة بصمام تصريف سفلي وعوارض بلاستيكية في القاعدة لمنع حدوث ظاهرة قصر الدارة الكهربائية في حال تشكّل طبقة من الرواسب المعدنية أسفل الحوض، توضع فيها ثمان صفائح معدنية (ستانلس ستيل) ناقلة للتيار الكهربائي، أبعاد كل صفيحة (16×20) سم و سماكتها 1م، أما الأبعاد الفعّالة كهربائياً (16×10.5) سم، والتباعد بين الصفائح 2سم، بالإضافة إلى محوّل تيار كهربائي لتحويل التيار من متناوب إلى مستمر (AC to DC)، مُزوّدة بمقاييس شدّة تيار وكمون (أمبير، فولط) رقمية دقيقة، ومقابس معدنية تصل قطبيّ المحوّل بكل الصفائح، القطب الموجب (مصعد)، والقطب السالب (مهبط) بالتناوب (نظام أحادي القطبية) شكل(1)،

حيث يُملأ المفاعل بحجم 3.6 لتر من المياه المدروسة، ثم يُمرَّر التيار الكهربائي بشدَّة ثابتة 1 أمبير ولأزمنة مكوث متغيرة.



شكل (1) : مفاعل التخثير الكهربائي EC المستخدم في البحث:

1. حوض زجاجي
2. سكر تصريف سفلي
3. حوض ترسيب اسطواني
4. صفائح معدنية (ستانلس ستيل)
5. مقابس وصل المساري الموجبة (مساعد) والمساري السالبة (مهابط) مع منبع التيار الكهربائي المستمر بنظام أحادي القطبية
6. وصل الصفائح بنظام ثنائي القطبية (في حال تم استخدامه)
7. مقياس فولط
8. مقياس أمبير
9. منبع التيار الكهربائي المستمر

تم قياس العسرة ومركبات السيليكا والكبريتات باستخدام جهاز SpectroDirect/pc spectroII_5b المصنّع من قبل شركة Tintometer (ألمانيا).

نتائج وحسابات:

المياه المدروسة هي مياه جوفية طبيعية مأخوذة من بئر في منطقة كفر حمرة (حلب - سوريا)، ويبين الجدول (1) مواصفات المياه الخام:

جدول (1)

مواصفات المياه الجوفية الخام المدروسة

| pH | الناقلية الكهربائية ms/cm | كبريتات mg/l SO4 | سيليكا mg/l Si | سيليكات mg/l SiO2 | العسرة الكلية mg/l CaCO3 |
|------|------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
| 7.97 | 1.711 | 863.3 | 9.1 | 20 | 1235 |

بعد كل تجربة تخثير تترك المياه المخثرة الخارجة من المفاعل لتترسب في حوض الترسيب لمدة 3 ساعات، وقد تم التركيز في الدراسة على أزمنة التخثير والترسيب، علماً أن التجارب أجريت في درجة حرارة 24 °C.

علاقة كفاءة الإزالة بزمن التخثير الكهربائي:

لدراسة تأثير زمن التخثير الكهربائي طبقنا تيار بشدة ثابتة 1 أمبير، وزمن تخثير متغيّر (5;15;20;30) دقيقة، وكمون (5.5 - 5.75) فولط، فكانت النتائج كما هو موضّح بالجدول (2):

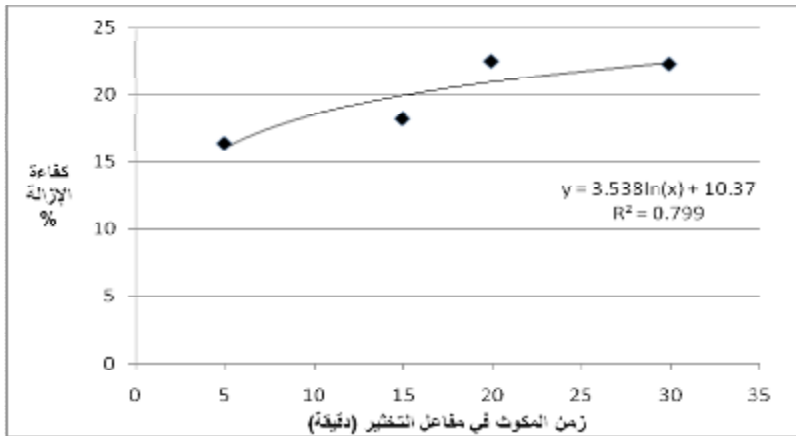
جدول (2)

تغيّر قيم العناصر المختلفة مع تغيّر زمن التخثير الكهربائي

| pH | الناقلية الكهربائية ms/cm | السيليكا Si | السيليكات mg/l SiO2 | العسرة الكلية mg/l CaCO3 | الزمن (دقيقة) | العينة |
|------|------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------|------------------|--------|
| 7.44 | 1.732 | 5.0 | 11 | 1032.5 | 5 | 1 |
| 7.16 | 1.684 | 3.7 | 8 | 1010.0 | 15 | 2 |
| 6.96 | 1.648 | 1.8 | 4 | 957.5 | 20 | 3 |
| 6.60 | 1.579 | 0.5 | 1 | 960.0 | 30 | 4 |

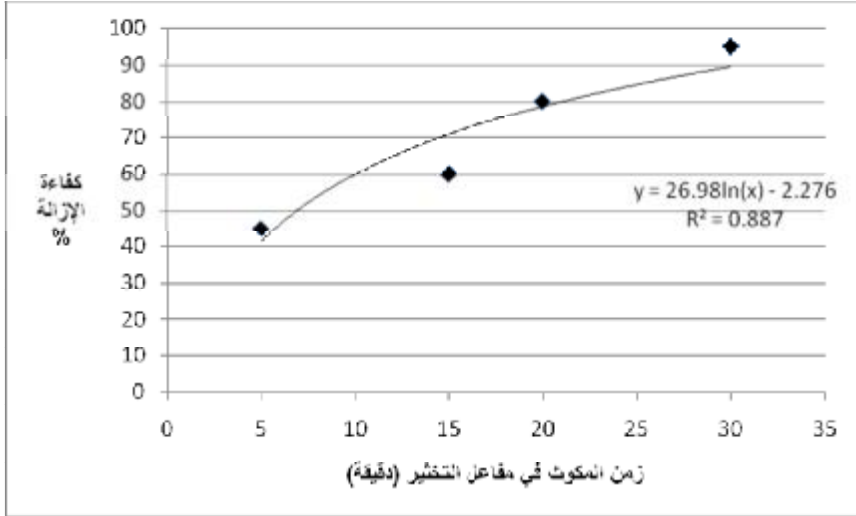
نلاحظ انخفاض قيمة العسرة الكلية مع زيادة زمن التخثير حتى 20 دقيقة، ثم تصبح هذه الزيادة غير مُجدية، حيث تصبح قيم العسرة متقاربة بين الزمنين 20 و 30 دقيقة مع ارتفاعها قليلاً، أي لا تتحسن بعد ذلك كفاءة الإزالة، شكل (2).

وقد يُعزى ذلك إلى أن هناك بعض الشوارد المعدنية (كالصوديوم ومعادن أخرى) تصل إلى مرحلة كمون الانفراغ مُتأخراً (بعد الكالسيوم والمغنيزيوم)، أي عندما يزداد تحريض الحقل الكهربائي مع زيادة الزمن إلى درجة كافية، وذلك لأن كمون انفراغها مرتفع، وعندما تنفرد تترسب، وقد تحل بترسبها محل شوارد الكالسيوم و/أو المغنيزيوم بإزاحتها من مُركباتهما الراسبة، (إذا كانت أقوى منهما من حيث تصنيف سلسلة الإزاحة)، مُسببةً عودة شوارد الكالسيوم و/أو المغنيزيوم إلى المياه لترتفع بذلك قيمة العسرة الكلية من جديد وتنخفض بالتالي كفاءة الإزالة، وهذا يُفسر عودة ارتفاع قيمة العسرة الكلية (وإن كانت بشكلٍ طفيف) مع الزمن 30 دقيقة، ويُلاحظ أن حجم الحمأة يستمر بالازدياد مع زيادة زمن التخثير، مما يعني حدوث استبدال للشوارد المُتحررة منها وإضافة جديدة لشوارد أخرى، أي أن عودة شوارد الكالسيوم و/أو المغنيزيوم إلى المياه كان نتيجة استبدالها بشوارد أقوى حلّت محلها.

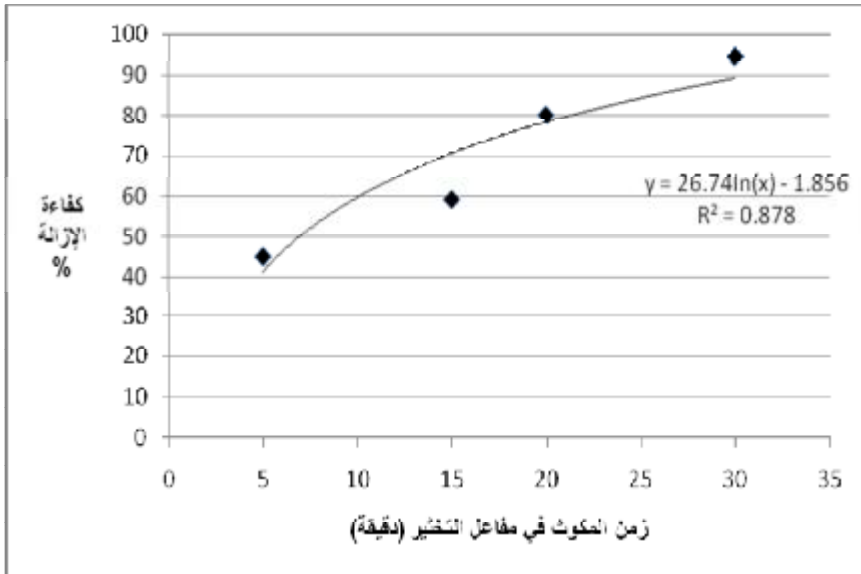


شكل (2) : تغيّر كفاءة إزالة العسرة الكلية مع تغيّر زمن التخثير الكهربائي

أما بالنسبة لمركبات السيليكا (SiO_2 , Si) فتتخفض أيضاً قيمتها مع استمرار عملية التخثير الكهربائي لفترة أطول، وبالتالي تتحسن كفاءة الإزالة مع زيادة زمن المكوث في مفاعل التخثير الكهربائي، شكل (3) و (4).

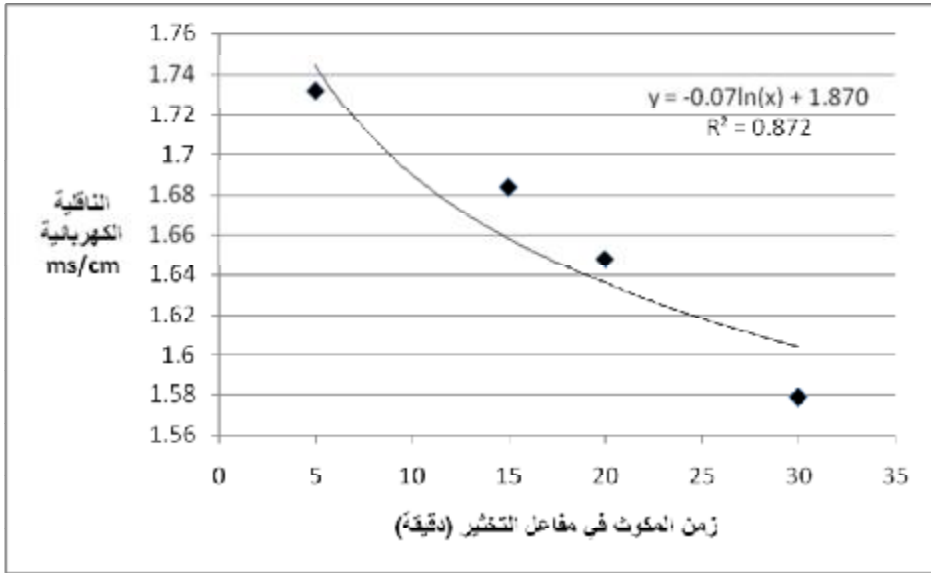


شكل (3) : تغيير كفاءة إزالة السيليكا SiO_2 مع تغيير زمن التخثير الكهربائي



شكل (4) : تغيير كفاءة إزالة السيليكا Si مع تغيير زمن التخثير الكهربائي

وتنخفض قيمة الناقلية الكهربائية مع زيادة زمن التخثير، مع ملاحظة أنه ومع الزمن 5 دقائق تجاوزت قيمتها ما هي عليه المياه الخام، وقد يُعزى ذلك إلى أن تحرر الشوارد من معدن الصفائح خلال الـ 5 دقائق الأولى، كان أكبر من جدوى التخثير خلال هذه الفترة القصيرة في كفاءة إزالة معادن أخرى، فكانت بالإضافة أكبر من الإزالة وازدادت الناقلية قليلاً بالمحصلة، ومع زيادة زمن التخثير تحسّنت الإزالة لتبدأ الناقلية الكهربائية بالانخفاض، شكل (5).



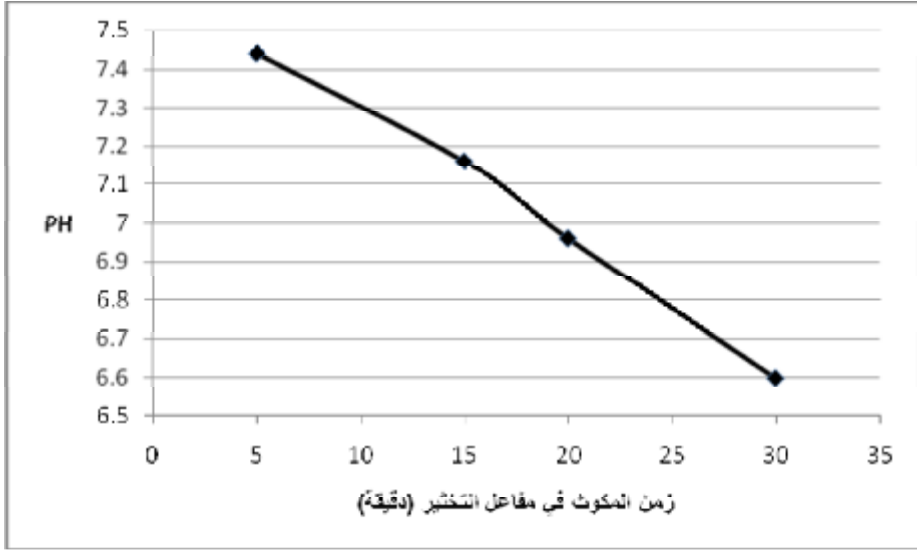
شكل (5) : انخفاض الناقلية الكهربائية مع زيادة زمن التخثير الكهربائي وتجدر الإشارة إلى أنه تم قياس كبريتات العينة 4 فكانت قيمتها SO_4 820 mg/l أي بنسبة إزالة للكبريتات 5٪.

دراسة الـ pH:

أ) تغيير الـ pH مع تغيير زمن التخثير الكهربائي:

إن لعامل الـ pH أهمية كبيرة ودور أساسي في سير عملية تحلية المياه، حيث تتطلب هذه العملية خفض قيمة الأس الهيدروجيني pH للإبقاء على معظم الشوارد

في وضع الانحلال، منعاً لحدوث ترسبات نوعيّة تسبب الانسداد في التقنيات الغشائية، وضعف التوصيل الحراري في التقنيات الحرارية. وتشير النتائج الواردة في الجدول (2) إلى انخفاض قيمة الأس الهيدروجيني pH مع زيادة زمن التخثير الكهربائي، علماً أن المياه خضعت لترسيب لاحق لمدة 3 ساعات. (شكل 6).

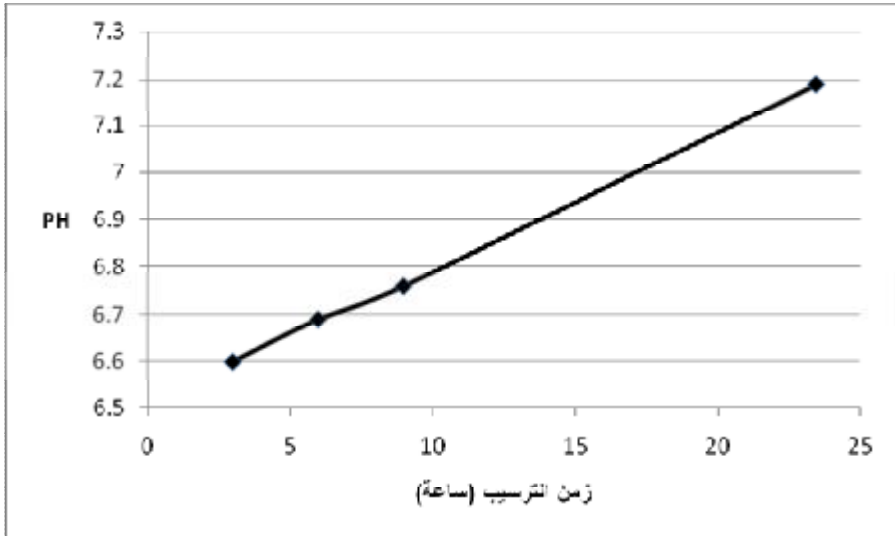


شكل (6) : انخفاض الـ pH مع زيادة زمن التخثير الكهربائي

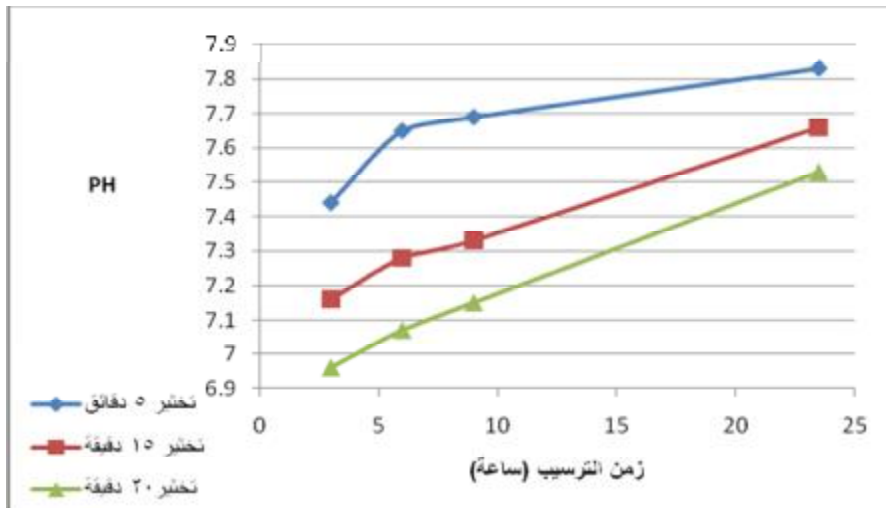
(ب) تغيير الـ pH مع تغيير زمن الترسيب اللاحق:

إن لزمن الترسيب أثر كبير في أداء عملية المعالجة، وفي تحديد فترة التخزين الأولية للمياه قبل دخولها وحدة التحلية الرئيسية، حيث تخضع قيم الـ pH لتغيرات بعد عملية التخثير الكهربائي، نتيجة استمرار حدوث تفاعلات كيميائية لاحقة نظراً لغنى المياه المثلّحة بالشوارد المختلفة وارتفاع ناقليتها الكهربائية، وبدراسة أزمنة تخثير مختلفة مع أزمنة ترسيب مختلفة، لاحظنا انخفاض قيمة الـ pH مع زيادة زمن التخثير الكهربائي من أجل زمن الترسيب نفسه، وارتفاع قيمة الـ pH مع زيادة زمن الترسيب اللاحق من أجل زمن التخثير نفسه.

ويظهر الشكل (1) ارتفاع الـ pH مع زيادة زمن الترسيب لزمن التخثير الأفضل (30 دقيقة، أما الشكل (1) فيظهر ارتفاع الـ pH أيضاً مع زيادة زمن الترسيب ولكن لأزمنة التخثير الأخرى (5 - 15 - 20) دقيقة.



شكل (7) : ارتفاع الـ pH مع زيادة زمن الترسيب (زمن تخثير 30 دقيقة)



شكل (8) : ارتفاع الـ pH مع زيادة زمن الترسيب (لأزمنة تخثير مختلفة)

حساب كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة وكلفة المعالجة الأفضل:

بالأخذ بعين الاعتبار معايير أفضل معالجة، يمكن أن نحسب كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة بمعرفة شدة التيار الكهربائي وفرق الكمون (1 أمبير، 5.5 فولط) وزمن المكوث في مفاعل التخثير (30 دقيقة) وحجم المياه (3.6 ل.س).

بتطبيق العلاقة (1) الواردة في الفقرة (2 - 3) نجد:

$$E = (1 \times 5.5 \times 30 / 60) / 0.0036 = 763.9 \text{ w.h/m}^3$$

أي 0.76 كيلو واط ساعي (أقل من 1 كيلو واط ساعي) لمعالجة 1 متر مكعب من المياه، وبالتالي كلفة المعالجة (باعتبار سعر وسطي للكيلو واط الساعي 1 ل.س) تبلغ 2.28 ل.س للمتر المكعب الواحد.

ويمكن أن تُحقق المعالجة عائداً اقتصادياً من خلال توليد غاز الهيدروجين الذي يُعتبر مصدراً هاماً وواعداً للطاقة كما هو وارد في المعادلة (2) فقرة (1 - 3)، حيث يُعتبر التحليل الكهربائي أحد طرق إنتاج الهيدروجين المُستَبَعَدَة لكلفتها، غير أنه مُوظَّف هنا سلفاً للمعالجة ولا مانع من الاستفادة منه في جَبَي الهيدروجين بشكل مُرافق.

المناقشة والاستنتاجات:**1. مقارنة نتائج المعالجة التمهيدية للمياه الجوفية بين التخثير الكهربائي والتخثير****الكيميائي (دراسة مرجعية):**

بالرجوع إلى نتائج دراسة سعودية أجريت على مياه آبار جوفية مالحة واردة لمحطة تحلية صلبوخ Salbukh قرب الرياض، أجرينا مقارنة واستقصاء لحسنات وسيئات المعالجة التمهيدية للمياه الجوفية المعدة للتحلية بين التخثير الكيميائي والكهربائي.

2. المعالجة التمهيدية بالتخثير الكيميائي (محطة صلبوخ للتحلية Salbukh -**الرياض):**

تعتمد محطة صلبوخ Salbukh لتحلية المياه الجوفية آلية التحلية بالتناضح العكسي (RO)، مما يتطلب معالجة كيميائية تمهيدية (باستخدام مركبات الكلس

والصودا وألومينات الصوديوم) للتخثير والترسيب بهدف خفض محتوى المياه الخام من العناصر المسببة لانسداد الأغشية، وحمض الكبريت لخفض الـ pH وصولاً إلى القيمة المرغوبة.

وبيّن الجدول (3) جدوى المعالجة التمهيدية بالتخثير الكيميائي قبل دخول المياه لوحدة الـ RO [8]:

جدول (3)

أهم مواصفات المياه الجوفية الواردة لمحطة صلبوخ Salbukh قبل وبعد المعالجة التمهيدية الكيميائية

| العنصر المدروس | المياه الجوفية الخام قبل المعالجة التمهيدية الكيميائية | المياه الجوفية بعد المعالجة التمهيدية الكيميائية وقبل الـ RO |
|--------------------------------|--|--|
| العسرة الكلية THmg/l | 718 | 272 |
| mg/l SiO ₂ | 26.8 | 7.6 |
| الكبريتات mg/l SO ₄ | 400 | 450 |
| النقلية الكهربائية μs/cm | 2016 | 2015 |
| pH | 8.13 | 6.19 |

3. المعالجة التمهيدية بالتخثير الكهربائي (أبار كفر حمرة - حلب):

تظهر نتائج البحث أن تطبيق تيار كهربائي بشدة 1 أمبير، وزمن تخثير 30 دقيقة، مع صفائح ستانلس ستيل موصولة بنظام أحادي القطبية، أدى إلى تحقيق نسب إزالة لكل من العسرة الكلية TH، و SiO₂ و Si والكبريتات:

(5;94.5;95;22.3) على التسلسل، وخفض قيمة الناقلية الكهربائية من 1.711ms/cm للمياه الخام إلى 1.579ms/cm للمياه المعالجة، والـ pH من 7.97 إلى 6.60 دون الحاجة لإضافة أي حمض، وذلك باستطاعة كهربائية مستهلكة 0.76 Kw/m³.

مع ملاحظة أن كفاءة المعالجة فيما يتعلق بخفض العسرة ومركبات السيليكا والناقلية الكهربائية وال pH تزداد غالباً بزيادة زمن التخثير الكهربائي. ويعود السبب في انخفاض ال pH إلى ارتباط شوارد المئات المتحررة من تشرّد الماء مع الشوارد المعدنية سواءً المتواجدة في المياه الخام، أو الناتجة عن جسم الصفيحة، وتشكيلها مركبات هيدروكسيلية راسبة أو قابلة لامتزاز المزيد من العناصر الأخرى لتكوّن ندف أكبر ثم تترسب لاحقاً.

وبما أن التخثير الكهربائي هو معالجة تمهيدية فقط، فإن احتمال تخزين المياه الخارجة من أحواض الترسيب، في خزانات تجميعية لحين استكمال معالجتها هو أمر وارد، ولكن الملاحظ أن ال pH هذه المياه المخترّة يُعاود الارتفاع مع زيادة زمن الترسيب والتخزين، وقد يعزى ذلك إلى عودة تحرر بعض الشوارد المُزالّة إلى المياه ثانية مع الزمن وما يرافق ذلك من تحرر شوارد المئات ثانيةً إلى المياه وبالتالي إعادة رفع قيمة ال pH، ولذلك ينصح بعدم إطالة فترة الترسيب والتخزين وإجراء خطوات التحلية اللاحقة سريعاً للحيلولة دون زيادة ال pH المؤدية إلى ضعف انحلالية الشوارد المُزالّة وجنوحها لتشكيل توضعات رسوبية في التقنيات الغشائية، حيث أظهرت نتائج الدراسة أن زمن ترسيب 3 ساعات هو الأفضل لضمان قيمة ال pH المناسبة، والاستغناء عن إضافة أي حمض.

4. مقارنة وتقييم نمطي المعالجة التمهيدية (الكيميائي - الكهركيميائي):

بمقارنة معطيات الجدول (3) مع نتائج دراستنا من حيث كفاءات إزالة العناصر المدروسة، آخذين بعين الاعتبار بعض الاختلاف في مواصفات المياه الجوفية الخام بين المنطقتين، نستعرض نتائج الجدول (4):

جدول (4)

مقارنة كفاءة المعالجة التمهيدية (كيميائية - كهربكيميائية)

بدلالة أهم العناصر المدروسة

| العنصر المدروس | كفاءة المعالجة بالطريقة الكيميائية | كفاءة المعالجة بالطريقة الكهركيميائية |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| العسرة الكلية TH mg/l | إزالة 62.1% | إزالة 22.3% |
| mg/l SiO ₂ | إزالة 71.9% | إزالة 95% |
| الكبريتات SO ₄ mg/l | زيادة 12.5% | إزالة 5% |
| الناقلية الكهربائية μs/cm | تخفيض 0.05% | تخفيض 7.7% |
| pH | (8.13 → 6.19) بإضافة حمض الكبريت | (7.97 → 6.6) بدون إضافة أي حمض |

وتُبين النتائج أفضلية واضحة للمعالجة التمهيدية الكهركيميائية على نظيرتها الكيميائية بالنسبة للعناصر المدروسة باستثناء العسرة الكلية، وتجدر الإشارة إلى أن استخدام حمض الكبريت في الطريقة الكيميائية لخفض الـ pH أدى لزيادة قيمة الكبريتات، علاوةً على زيادة الكلفة التشغيلية.

كما أن استخدام الكلس والمُخثَّرات الأخرى في المعالجة الكيميائية من شأنه أن يزيد pH المياه وحجم الحمأة الناتجة [9]، في حين أن المعالجة الكهركيميائية، تنتج تلوثاً ثانوياً أخف وطأة، كونها لا تستخدم مواد ومُساعدات تخثير ومُروِّبات مُضافة، وتُلغى خطوة إضافة الحموض، لذلك يمكن اعتبار التقنيات الكهربائية اقتصادية وصديقة للبيئة، خاصة إذا أُحسن استغلال الطاقات المتجددة التي ينعم بها وطننا العربي على امتداده.

كلمة شكر:

كل الشكر لجامعة حلب لما قدمته من دعم مادّي وتقني لهذا البحث، وللدكتور عبد الله صغير لجهوده في توفير المياه الجوفية من آبار منطقة كفر حمرة.

المراجع References :

1. يونس سليمان تغريد ، 2005 – استخدام طريقة التخثير الكهربائي في تنقية المياه السطحية - دراسة حالة سد باللوران – رسالة ماجستير مُجازة في الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - سورية.
2. بنود عبد الحكيم، قبرطاي شيرين، 2008 - إزالة الفينولات من مياه صرف معاصر الزيتون باستخدام التخثير الكهربائي - مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الهندسية، العدد 64، 265 - 281.
3. قبرطاي شيرين، 2008 - دراسة المعالجة التمهيدية بالتخثير الكهربائي والمعالجة الحيوية الهوائية لمياه صرف معاصر الزيتون - رسالة ماجستير مُجازة في الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب - سورية.
4. A. M. Hassan, M. AK. Al-Sofi, A. S. Al-Amoudi, A. T. M. Jamaluddin, 1st. M. Farouque, A. Rowaili, A. G. I. Dalvi, N.M. Kither, G.M. Mustafa and I. A. R. Al-Tisan - 1998 - A New Approach To Membrane And Thermal Seawater Desalination Processes Using Nanofiltration Membranes (Part -1) – Research and Development Center – Saline water Conversion Corporation –, Al-Jubail, Kingdom of Saudi Arabia.
5. Young M. Kim, Seung J. Kim, Yong S. Kim, Sangho Lee, In S. Kim, Joon Ha Kim, 2009 – Overview of systems engineering approaches for a large-scale seawater desalination plant with a reverse osmosis network – Desalination, 238,312-332.
6. Walter Den, Chia-Jung Wang – 2008 - Removal of silica from brackish water by electrocoagulation pretreatment to prevent fouling of reverse osmosis membranes - Separation and Purification Technology, 59, 318–325.
7. Robert Y.Ning – 2002 – Discussion of silica speciation, fouling, control and maximum reduction – Desalination, 151, 67-73.
8. Ibrahim S. Al-Mutaz and Ibrahim Ali Al-Anezi - SILICA REDUCTION IN REVERSE OSMOSIS DESALTING PLANTS - The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM, Dhahran, December 2002- Vol.2, 3-14.
9. 9M. Malakootian, N.Yousefi – 2009 - THE EFFICIENCY OF ELECTROCOAGULATION PROCESS USING ALUMINUM ELECTRODES IN REMOVAL OF HARDNESS FROM WATER - Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 6, 2, 131-136.

The Effect of Electrochemical Pre-Treatment (With Electrocoagulation) in Improving Brackish Groundwater Characteristics and Preparing it for Desalination (Case Study: Kafar Hamra Wells, Aleppo, Syria)

Abdul Hakim Bannoud and Shereen Kabarty

Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering,
University of Aleppo, Syria

Abstract:

Many of Kafar Hamra groundwater wells suffer from high content of salts, high total hardness (TH), silica, electric conductivity, which make water unsuitable for drinking and cause difficulties to some local industries, and desalination facilities at industrial structures which need large amount of water for the production line (e.g. dye works).

This research investigates the ability of using electrocoagulation technique as brackish groundwater pre-treatment to reduce its total hardness, silica compounds, and electric conductivity, with stainless steel electrodes, monopolar system, In addition, the relationship between treatment efficiency and electrocoagulation retention time was investigated. Removal percentages were 22.3% , 95% , 94.5% , and 5% for TH, SiO₂, Si, SO₄²⁻, respectively.

The conductivity was reduced from 1.711 to 1.579 ms/cm, and the pH was reduced from 7.97 to 6.60 without any acid addition within 30 min electrocoagulation retention time with 1 A constant current.

Key Words: electrochemical pre-treatment, electrocoagulation, brackish water, desalination.