النترات في المياه الجوفية

مقدمة

تعد المياه الجوفية في العديد من مناطق العالم وبالأخص في العديد من القرى السورية المصدر الأساسي لمياه الشرب وذلك بسبب مميزاتها الواضحة عن المياه السطحية. ولقد أصبحت في الآونة الأخيرة مشكلة تلوث المياه الجوفية بشوارد النترات من المشاكل الهامة التي تواجه العالم وبالأخص بلدنا الحبيب سوريا. إذ يوجد الكثير من الآبار تحتوي مياهها على زيادة في تركيز النترات تحتاج هذه الآبار إلى ملايين الدولارات لإقامة محطات لمعالجة مياهها بالإضافة إلى الصيانة المستمرة وكلف التشغيل . حيث يوجد في حلب وريفها العديد من الآبار التي تم إغلاقها نتيجة التلوث بالنترات

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

جدول الآبار الملوثة بالنترات في مدينة حلب وريفها

رقم البئر	موقع البئر	نوع التحليل	القيمة المسموحة حسب المواصفة القياسية السورية	القيمة التحليلية المخبرية	النتيجة
1	حديقة أرض الصباغ (بني زيد)	النترات النتريت الأمونيا	50mg/l 0.01 mg/l asN 0.05 mg/l asN	68.36mg/l 2.23mg/l 0.1mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والنتريت والامونيا
2	حديقة الفردوس	النترات الناقلية الكهربائية	50mg/l 1500 µs /cm	240.29 mg/l 1728 µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية الكهربائية
3	حديقة جسر الحج	النترات الناقلية الكهربائية	50mg/l 1500 µs /cm	211.16 mg/l 1730 µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية الكهربائية
4	الهلك أوتوستراد عين التل	النترات	50mg/l	64.64 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
5	مشتل حندرات	العكارة النترات	5NTU 50mg/l	85 NTU 128.25 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع نسبة التعكر وتركيز النترات

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

6	حديقة باب الله الشرقي جانب ملعب الاطفال	النترات	50mg/l	150.36 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
7	حديقة باب الله الشمالي	النترات الأمونيا	50mg/l 0.05mg/l asN	153.08 mg/l 0.06 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والامونيا
8	حديقة كرم الجبل	النترات	50mg/l	62.30 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
9	مركز إطفاء هنانو	النترات	50mg/l	63.63 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
10	حديقة باب الله الوسط	النترات	50mg/l	79.30 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
11	حديقة المرورية	النترات	50 mg/l	63.15 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
12	حديقة الفرقان أمام الجامع	النترات	50mg/l	92.23 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات

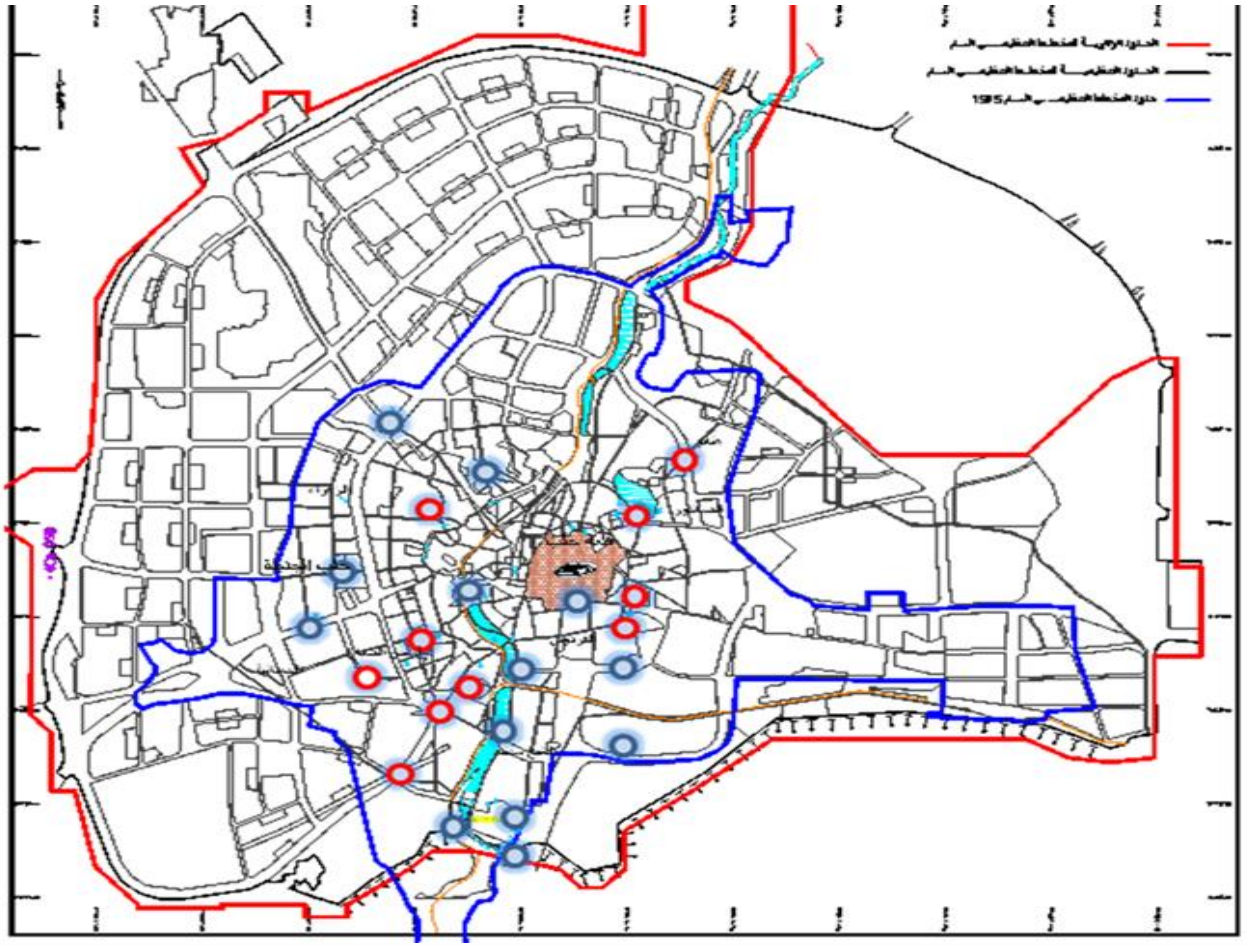
13	حديقة الشهباء	النترات	50mg/l	95.13 mg/l	بسبب ارتفاع تركيز النترات
14	مشفى الجامعة خلف طب الأسنان	النترات	50mg/l	mg/l 70.19	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
15	حديقة سيف الدولة	النترات الحديد العكارة	50mg/l 0.3 mg/l 5 NTU	67.32 mg/l 1.75 mg/l 23 NTU	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والحديد والتعكر
16	حديقة الشهباء الشمالي المشتل	النترات	50mg/l	186.12 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
17	حديقة أرض العجور	النترات	50mg/l	79.92 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
18	الفردوس	النترات الناقلية	50mg/l 1500 µ s /cm	346.44 mg/l 1987µs/cm	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والناقلية والعسرة الكلية
19	حديقة باب النيرب	النترات	50mg/l	92.50 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
20	حديقة مقر الأنبياء الأولى	النترات اللون	50mg/l	119.88 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات

21	حديقة ميسلون	النترات العكارة اللون	50mg/l 5 NTU	260.23 mg/l 6 NTU وجود شوائب	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات والتعكر ووجود شوائب
22	حديقة الأعظمية	النترات	50mg/l	86.73 mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب

	الشريط				بسبب ارتفاع تركيز النترات
23	حديقة البختي مقبرة ميسلون	النترات	50mg/l	123.91 mg/l	ارتفاع تركيز النترات
24	حديقة تل الزرازير	النترات	50mg/l	94.80 mg/l	ارتفاع تركيز النترات
25	حديقة الفرقان الجنوبي	العكارة النترات النتريت الامونيا	5 NTU 50mg/l 0.01 mg/l asN 0.05mg/l asN	12 NTU 47.68 mg/l 7.92 mg/l 0.39 mg/l	ارتفاع تركيز النترات والنتريت والأمونيا والتعكر
26	بئر حديقة ميسلون	النترات العسرة الكلية	50mg/l	230.89mg/l 60.4°F	غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز ت العسرة الكلية والنترات
27	بئر حديقة الفردوس	النترات العسرة الكلية	50mg/l	263.39mg/l 66°F	غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز العسرة الكلية والنترات

28	بئرجبلة الحمرا الجديد.	النترات	50mg/l	91.47mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات وغير صالحة للشرب من الناحية الجرثومية
29	بئر اخترين	النترات العكارة	50mg/l 5 NTU	233.37mg/l 7.8 NTU	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات و التعكر والحديد
30	بئر جامع التقوى الجنوبي عندان وحدة عندان	النترات	50mg/l	107.49mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات
31	بئر الفسحة القديم	النترات	50mg/l	54.56mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات وغير صالحة للشرب من الناحية الجرثومية .
32	بئر كفرناها(وحدة الاتارب)	النترات	50mg/l	169.87mg/l	مياه البئر غير صالحة للشرب بسبب ارتفاع تركيز النترات

كروكي المخطط التنظيمي العام لمدينة حلب موضحاً عليه الآبار الجوفية الملوثة بالنترات و هي ملونة باللون الازرق



ومن هذا المخطط نلاحظ أن منطقة تلوث المياه الجوفية في مدينة حلب بالنترات تعطي جزءاً لا بأس به من مساحة المدينة وهذه المياه تشكل مخزوناً احتياطياً لشرب المدينة في حالات الطوارئ مما يظهر أهمية مشكلة تلوث مياه حلب بالنترات وضرورة البحث عن الحلول الملائمة لهذا الأمر بأقل ما يمكن من التكاليف وبأفضل النتائج الممكنة وإن كنا قد وفقنا إلى الحل فمن الله وإن كان التوفيق أقل فمن أنفسنا.

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

طرق وصول النترات إلى المياه الجوفية

توجد النترات بشكل طبيعي ، فجميع مياه الأمطار وطبقات المياه الجوفية تحوي على بعض من نتروجين النترات ،تتكون النترات في المياه الجوفية بشكل رئيسي من رش الأسمدة وتخزينه ومن أنظمة الصرف ، حيث يقوم المزارعون برش الأسمدة اللاعضوية وروث الحيوانات على الأراضي المعدة للزراعة ، والنتروجين الذي لا تمتصه المزروعات قد يرشح عبر التربة إلى المياه الجوفية ومن ثم يعود إلى سطح الأرض عبر سحب المياه الجوفية من الآبار

وأنظمة الصرف للسكان القاطنين في المجتمعات الريفية كما تنتج للمستويات العالية من النترات في مياه الآبار أيضاً عن الإنشاء غير الصحيح

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

معايير النترات المسموحة لمياه الشرب

في عام ١٩٧٤ أقر الكونغرس الأمريكي قانون مياه الشرب الآمنة وطلب بموجب هذا القانون من الوكالة الأمريكية لحماية البيئة أن تحدد المستويات الآمنة للمواد الكيميائية في مياه الشرب

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

الآثار الصحية لتجاوز معايير النترات المسموحة في مياه الشرب

لقد سببت المستويات المفرطة للنترات في مياه الشرب أمراضاً خطيرة وأحياناً أدت إلى الوفاة وتكون أكثر الأمراض خطورة لدى الأطفال حيث يصاب الأطفال والذي يعرف باسم

متلازمة الطفل الأزرق " والتي يمكن أن تؤثر على الأطفال بعمر أقل من ستة أشهر ، حيث تحول البكتريا الأولية التركيز العالي للنترات في معدة الطفل إلى نتريت، يتنافس النتريت بعدها مع الأكسجين في المناطق الفاعلة في خضاب الدم مما ينتج عنه نقص الأكسجين، ويتعرض الأطفال لهذا الأثر بسبب عدد من العوامل الفيزيائية تتضمن شرب كثير من السوائل بالنسبة لوزن جسمهم، نسبة عالية من خضاب الدم الجنيني

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

آلية وصول النتروجين إلى المياه الجوفية

دورة النتروجين في الأرض [9]:

إن النتروجين بالرغم من فعاليته الكيميائية الضعيفة بالمقارنة مع الأكسجين إلا أنه المكون الأساسي للـ DNA ، RNA والبروتينات التي تؤلف الأجسام الضرورية الموجودة في بروتوبلازم النبات والحيوان وجميع أنواع الكائنات الحية الدقيقة (المتعضيات).

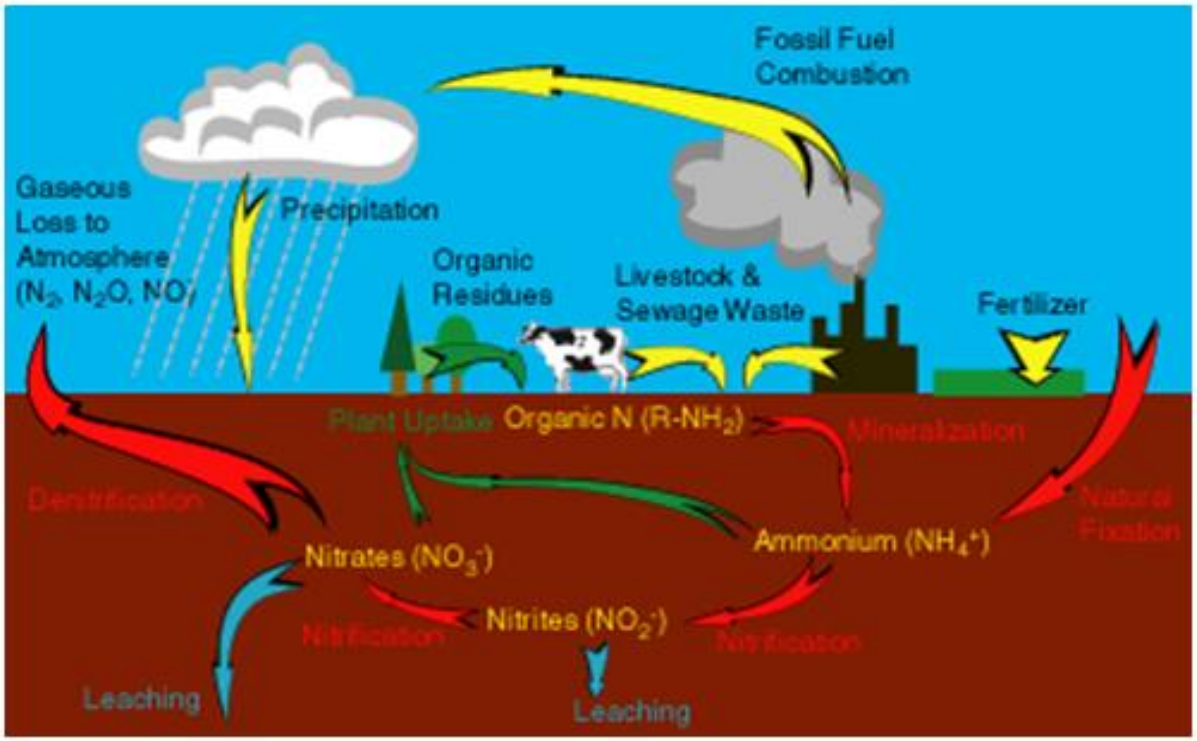
وعلى الرغم من أن الهواء الذي نتنفسه يحتوي أكثر من 79% منه على غاز النتروجين (N_2) فإن معظم النتروجين في الغلاف الجوي لا تستطيع الكائنات الحية أن تستخدمه كغذاء لها بشكله الحر وذلك بسبب الروابط القوية بين الذرات في جزيء النتروجين (N_2) الأمر الذي يجعله خاملاً نسبياً. ولكي تكون النباتات والحيوانات قادرة على استخدام النتروجين يجب أن يتحول غاز النتروجين إلى أشكال كيميائية أخرى مثل (

الأمونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- أو النتروجين العضوي مثل (اليوريا $(NH_2)_2Co$) المخزونة في التربة والتي يمكن أن ترشح من التربة إلى المياه الجوفية.

ويوجد النتروجين بشكل نتروجين عضوي في السماد الحيواني والمخلفات البشرية وجذور النباتات و البقوليات حيث أن المنتجات العضوية تتحول إلى مواد تربة عضوية تدعى الدبال. أما الشكل غير العضوي للنتروجين فيأتي من المعادن المضافة إلى التربة كالأسمدة.

وبما أن النتروجين مادة مغذية نباتية من أجل إنتاج المزروعات فهو يتجمع في التربة أثناء عملية تشكلها فتحوي تربة المروج الخضراء $(15\text{-}25)gr/m^2$ من النتروجين العضوي فعندما تتم حراثة الأرض فإن محتوى المادة العضوية يتأكسد ويتم نقل النتروجين إلى نترات فإذا لم يتم استخدامه في نمو المزروعات يكون عرضة للنفوذ من خلال التربة وذلك بسبب قابلية انحلاله الكبيرة ضمن المياه ويبين الشكل (1-1) دورة النتروجين في الطبيعة .

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17



الشكل (1-1) دورة النتروجين.

تحدث عملية النترجة الحيوية في الطبيعة تلقائياً وتبدأ العملية بتثبيت (Fixation) النتروجين الجوي وتحوله من الشكل الغازي إلى الأمونيوم والذي ينحل في التربة وذلك بمساعدة العوامل الجوية (رعد – برق) وهي الطريقة الوحيدة التي من خلالها تستطيع الكائنات الحية للحصول على النتروجين مباشرة من الجو وتوجد أنواع معينة من البكتريا مثل أجناس (Rhizobiom) تكون قادرة على تثبيت النتروجين مباشرة من الجو من خلال عملية التمثيل الغذائي وغالباً ما تشكل البكتريا المثبتة للنتروجين علاقات تكافلية مع النباتات المضيفة مثل النباتات البقولية (الفاصولياء – البازلاء – البرسيم) حيث تتعايش البكتريا مع جذور النباتات البقولية وتقوم بنزع

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

طرق معالجة المياه الملوثة بالنترات

تقليل أخطار التلوث بالنترات:

١- تقدير كمية السماد النتروجيني اللازم للمحاصيل الزراعية واستخدامه بشكل دقيق.

٢- معرفة مدى نفاذية التربة و معرفة التوقيت اللازم لاستخدام الأسمدة النتروجينية وينبغي تطبيق السماد النتروجيني في الوقت الذي يتم فيه سرعة نمو النبات.

٣- يجب أن تكون مخازن الأسمدة محمية بشكل صحيح لمنع تسرب النترات إلى المياه الجوفية.

٤-الموقع الصحيح و المناسب و التصميم و التنفيذ الصحيحين لأنظمة الصرف الصحي يمنع أو يخفف بشكل كبير مخاطر تلوث المياه الجوفية بالنترات.

٥- التنفيذ الدقيق والصحيح لآبار المياه الجوفية .

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

منع مصادر التلوث

على المدى الطويل فإن منع تلوث المياه الجوفية بالنترات عند المصدر المائي أكثر فاعلية واقتصاداً من معالجة المياه الملوثة بالنترات ، لذلك يجب الإلمام بمصدر النترات و الابتعاد عنه كلما أمكن ذلك فالمياه السطحية التي تكون على تماس مع مصدر للنترات ومن ثم ترشح نحو الأسفل وعبر التربة هي التي تقوم بحمل النترات إلى المياه الجوفية، و الآبار السطحية هي التي تكون عرضة للتلوث بالنترات. وقد تتغير مستويات التلوث بالنترات خلال أوقات العام وذلك حسب مصدر التلوث.

كما يمكن اتخاذ بعض الإجراءات لحماية بئر ما من التلوث المباشر من قبل المياه السطحية كبناء خنادق أرضية لتحويل الجريان السطحي للأمطار الهاطلة عن رأس البئر.

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

الطرق الفيزيائية – الكيميائية لإزالة النترات

من أكثر الطرق الفيزيائية –الكيميائية لإزالة النترات شيوعاً طريقة التبادل الأيوني والترشيح الغشائي و الديلزة الكهربائية والتقطير

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-1-1 إزالة النترات بالتبادل الأيوني[1,14]:

Nitrates removal by Ion exchange

وتتم هذه الطريقة بإمرار الماء الملوث على رزين التبادل الأنيوني الذي ينزع من الماء شوارد الكبريتات والنترات ومن ثم يجدد عندما يصبح مشبعاً بهذه الشوارد وأمثالها ليعود بعد غسله إلى العمل مرة ثانية وهي أكثر الطرق استعمالاً لإزالة النترات وتخضع هذه الطريقة لعدة شروط ومنها:

1- إن قيمة (SS) للماء الذي يجب معالجته يجب أن تكون أقل من (1mg/l) وخلافاً لذلك فإن المواد الصلبة العالقة المحجوزة في سرير التبادل الأيوني سوف تؤدي إلى ضياعات حمولة كبيرة وإلى غسيل متكرر للسرير وإلى اهتراء مبكر للرزين.

2- يجب أن يدقق التركيب الأيوني للماء بصرف النظر عن شوارد (NO_3^-) إذ أنه عندما يجدد الرزين بكلوريد الصوديوم فإن الرزين سيحتجز أيضاً شوارد SO_4^{2-}وبعضاً من شوارد HCO_3^- ويستبدلهم بشوارد Cl^- وبالتالي فإن تركيز شوارد Cl^- في الماء المعالج يمكن أن يصبح كبيراً. بعض أنواع الرزينات تقاوم هذه المشكلة بأنها تحتجز النترات في المقام الأول ولكن سعتها التبادلية هي أقل.

3- يجب أن تؤمن إزالة لمحلول التجديد الذي يحتوي على النترات والكبريتات من الماء الخام بالإضافة إلى جزء من شوارد البيكربونات ونسب عالية من كلور الصوديوم المستعمل للتجديد ومن المفضل أن نؤمن قناة خاصة لتصريف هذا السائل.

4- يجب أن ندقق تأثير درجة حرارة الماء المعالج.

والعملية التي تحدث هي عبارة عن مبادلة أيونات الكلور بأيونات النترات والكبريتات في الماء . وبعد معالجة كمية من المياه فإن رزين التبادل سوف يطرد الكلور وآنذاك نحتاج إلى إعادة تجديد رزين التبادل بمحلول مركز من كلور الصوديوم أو أي مادة ملائمة أخرى.

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

عيوب التبادل الأيوني:

نظراً لأن الراتينج يفضل تبادل الكبريتات فإن المياه ذات الكبريتات العالية تعيق تبادل النترات وتقلل من فاعلية النظام. وإذا أصبح الراتينج مشبعاً فإنه يطلق النترات مكان الكبريتات مما يؤدي إلى تركيز متزايد من النترات في المياه المعالجة ، وأيضاً التبادل الأيوني للنترات قد يجعل من الماء عامل تآكل و أخيراً قد تكون تكاليف التبادل الأيوني باهظةً ويتطلب صيانة، وطالما أن كمية الملح ستكون عالية في عملية إزالة النترات بالتبادل الأيوني فإنه ينبغي أخذ العناية بمخلفاته

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-1-3-2 إزالة النترات بالتناضح العكسي[1]:

Nitrates removal by Reverse Osmois

إن التناضح العكسي هو آلية معالجة أخرى حيث عندما تدخل المياه الوحدة بفعل الضغط تدفع باتجاه سلوفان يشبه صفيحة بلاستيكية أو سيللوز ويدعى أيضاً غشاء نصف نفوذ يعمل هذا الغشاء على وضع الأيونات مثل النترات في جانب ويسمح بالمياه الخالية من الأيونات بالمرور عبر الغشاء ويتطلب التناضح العكسي حوض ترسيب وحوض تخزين وغشاء ومرشح كربون منشط.

إن عملية التناضح العكسي تقلل النترات بنسبة (83-98)% لكن معدلات الإزالة الفعلية تتبدل طبقاً للجودة الأولية للمياه وضغط النظام (الجهاز) ودرجة حرارة المياه وبالرغم من أن التناضح العكسي قد يكون مزيلاً فاعلاً للنترات إلا أن له عدة مساوئ منها:

1- التكلفة البدائية العالية جداً (300-900) دولاراً لكل متر مكعب في اليوم.

2- التكاليف العالية للطاقة من أجل التشغيل.

3- عملية بطيئة فأحياناً تنتج عدد من اللترات فقط باليوم من المياه النقية وتكون نسبة المياه المصروفة (90%) وهذا خاص بالأنظمة ذات الضغط المنخفض.

4- تزداد درجة حموضة المياه نتيجة هذا النظام بسبب إزالة القلوية المنحلة في الماء حيث تصبح قيمة PH متراوحة (بين 5.8 وبين 6) [1].

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-1-3 إزالة النترات بالتقطير [1] :

Nitrates removal by Distillation:

يعتبر التقطير طريقة تقليدية لإزالة المعادن والملوثات الأخرى من المياه ، حيث تغلى المياه وتبرد وتكثف فتكون المياه المكثفة خالية من المواد الصلبة والأملاح والمعادن الثقيلة وأي شيء لا يتبخر والغلي يقوم بالتخلص من الكائنات الحية الدقيقة.

إن لأجهزة التقطير حدوداً وكما هو الحال في التناضح العكسي فإن التقطير عملية بطيئة كما أن التقطير يستخدم طاقة أكبر وينتج حرارة ترهق المكيفات الهوائية في أشهر الصيف وأخيراً تلك الوحدات تتطلب تنظيفاً متكرراً لإزالة التكلس المتراكم [1].

2-3-1-4 الترشيح الكهربائي العكسي EDR [8]:

هو عملية تستخدم رزين تبادل الشوارد على شكل صفائح من عناصر مجمعة إلى عناصر متكدسة ويستخدم في هذه الطريقة حقل كهربائي مباشر DC قابل للانعكاس حيث يطبق هذا الحقل من خلال عناصر متكدسة لإزالة الشوارد المنحلة ويجب أن تتألف هذه العناصر من أغشية تنتقي الشوارد وتنقلها إن كانت موجبة أو سالبة، ومباعدات – موجهات للتدفق والكتيرودات (أقطاب كهربائية) في كل نهاية لمجموعة عناصر.

يجري الماء بشكل صفائح رقيقة داخل الأغشية وبتأثير تطبيق حقل كهربائي DC ، تهاجر الشوارد نحو القطب الكهربائي المعاكس لها في الشحنة وتمر من خلال الأغشية.

وتزيل محطة ذات أربع مراحل (83%) من المعادن والنترات الداخلة وعلى مسار إزالة الشوارد المشحونة في المحلول، يزيل الترشيح الكهربائي العكسي النترات والنتريت.

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-2 إزالة النترات بالعمليات البيولوجية [15,14]:

Nitrates removal by Biological Processes:

إزالة النترات بالطريقة البيولوجية هي العملية التي يتم فيها تحويل النترات إلى نتروجين غازي في ظروف منقوصة الأكسجين ويكون النترات في هذه الظروف كمستقبل الكترون من أجل أكسدة المواد العضوية.

أظهرت العمليات البيولوجية أنها أكثر العمليات فائدة من ناحية الكفاءة والكلفة ,هذه التكنولوجيا تستعمل إما البكتريا ذاتية التغذية (Autotrophic Bacteria) أو البكتريا عضوية التغذية (متباينة التغذية) (Heterotrophic Bacteria) [14]. حيث تتميز البكتريا ذاتية التغذية ببطء العملية وضعف مردودها [15].

وإن المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة بالنترات باستعمال البكتريا يمكن أن تتم بتنمية هذه البكتريا بشكل معلق بالماء الأمر الذي يستعمل بشكل شائع في تخليص مياه المجاري من النترات في الأحواض المنقوصة الأكسجين [16]. أو يمكن أن تتم بتنمية هذه البكتريا على سطح حامل للبكتريا بشكل غشاء بكتري بما يسمى بالنمو الملتصق (Attached growth)وباستعمال الكربون والنتروجين والفوسفور كمغذيات للبكتريا في شروط منقوصة الأكسجين أيضاً حيث ترجع هذه البكتريا النترات وتنقله إلى نتريت ثم إلى أكسيد النتريك ثم إلى أكسيد النتروز ثم إلى نتروجين حسب المعادلة التالية:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

وتستعمل البكتريا أكسجين المركبات الأربعة الأولى كمستقبل الكترون بينما تقوم المركبات العضوية المضافة كمغذيات بدور مانحة الكترونات لتزويد البكتريا بالطاقة وقد أظهرت البحوث أن هذا الأمر يتم عند تراكيز منخفضة من DO في ظروف منقوصة الأكسجين [17].

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-2-1 وصف الأقراص البيولوجية الدوارة:

Rotating Biological contactors

بالنسبة لمياه الصرف [16] :

تتألف من صفوف من أقراص التماس بشكل متتابع خلف بعضها البعض من كلور البوليفينيل أو من البوليسترين أو مواد أخرى ، تغمس هذه الأقراص في المياه التي تتم معالجتها إلى عمق معين وتدور ببطء بحيث تلامس الأقراص مياه الصرف والهواء معاً على التتابع وباستمرار.

وصف العملية:

يؤدي دوران الأقراص إلى نمو بيولوجي ملتصق على سطح الأقراص يؤدي إلى تشكل طبقة من غشاء بيولوجي على المساحات السطحية الرطبة الكلية للأقراص.

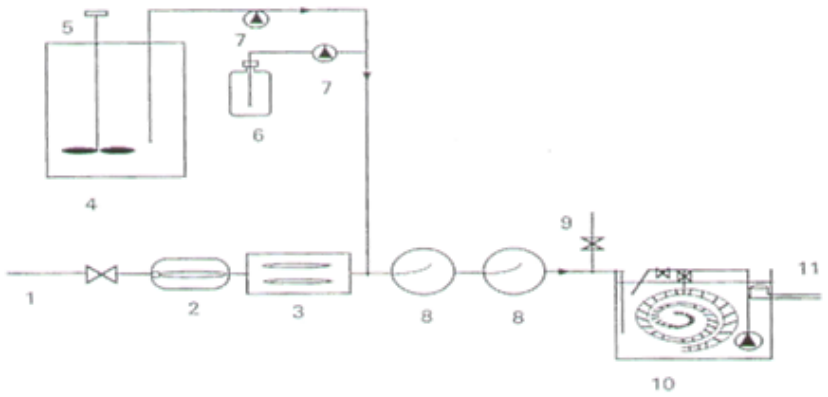
وبالدوران المتعاقب للأقراص تتلامس الكتلة الحيوية المتشكلة على سطح القرص مع المادة العضوية الموجودة في مياه الصرف حيث تستخدم الكائنات التي تعيش في الغشاء البيولوجي المادة العضوية الموجودة في مياه الصرف كغذاء.

ويتم امتصاص الأكسجين من الهواء وبهذا يتم إزالة النفايات من المياه المعالجة وعند مرور الكتلة الحيوية (الغشاء البيولوجي) من خلال المياه التي تتم معالجتها يتقشر (ينسلخ) جزء منها عن الأقراص أثناء دورانها لتتدفق أجزاء من هذا الغشاء مع المياه إلى أحواض الترسيب الثانوي.

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

أما بالنسبة للمياه الجوفية[23] :

تتم إزالة النترات من المياه الجوفية بالطريقة البيولوجية وباستعمال البكتريا عضوية التغذية (Heterotrophic Bacteria)التي تستعمل الكربون والنتروجين لأيضها حيث تحصل البكتريا على طاقتها من المغذيات الغنية بالكربون وتستعمل الكربون آنذاك كمانح الكترون وفي الظروف المنقوصة الأكسجين تحصل هذه البكتريا على الأكسجين من إرجاع النترات والنتريت في الماء إلى أكسيد النتريك ثم إلى أكسيد النتروز ثم إلى نتروجين كما هو مذكور أعلاه وذلك بالنمو الملتصق للبكتريا على سطوح أقراص بيولوجية دوارة كما في الشكل (1-2) حيث تم تنفيذ هذا الشكل المخبري في انكلترا في جامعة Newcastle [23] .



Experimental set-up for the anoxic rotating biological contactor.
1-Tap water; 2-Flow meter; 3-Temperature control; 4 -Nitrate and other inorganic material; 5-Mixer; 6-Organic carbon; 7- pump; 8-Mixing device; 9-Inlet sampling port; 10-RBC reactor; 11-Outlet sampling port

1- مأخذ المياه 2- مقياس التدفق 3- ضبط درجة الحرارة 4- حوض الماء الملوث بالنترات

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-2-7: تأثير درجة حرارة المياه على عملية المعالجة البيولوجية:

تؤثر درجة الحرارة تأثيراً مباشراً على عملية إزالة النترات وتختلف درجة الحرارة المثلى لنمو وتكاثر البكتريا تبعاً لنوع البكتريا .حيث وجد أن البكتريا تكون أكثر فعالية في درجات حرارة أعلى من (16°) وبزيادة درجة الحرارة تزداد كفاءة إزالة النترات حيث وجد عندما تتراوح درجة الحرارة بين (20-37) تكون نسبة الإزالة أعظمية [31,26].

وبشكل عام فإن العمليات الحيوية تتضاعف لكل ارتفاع في الحرارة مقداره (10-15)° م وذلك في مدى (5-35)° م وإن معظم البكتريا المستخدمة في إزالة النترات تستطيع النمو والتكاثر في الدرجات العادية من الحرارة [33,32] .

وفي جامعة Newcastle في انكلترا [20,19] تم المحافظة على درجة حرارة للمياه داخل المفاعل (20±2C°)

2-3-2-8: البكتريا المزيلة للنترات [33,32] :

تعتبر البكتريا متعضيات وحيدة الخلية وتتكاثر بالانقسام الثنائي والزمن المطلوب لكل انقسام والذي يشار إليه بزمن التوالد يتنوع من أيام إلى 20 دقيقة.

وتلعب البكتريا دوراً هاماً في المعالجة الحيوية ويبلغ حجمها من 0.5 إلى 15 ميكرومتر وتصنف البكتريا حسب الغذاء إلى بكتريا ذاتية التغذية وتحصل على الكربون اللازم لبناء خلاياها من المواد والتفاعلات الكيميائية غير العضوية مثل CO_2 والكربونات وذلك عن طريق التمثيل الضوئي (Autotrophic Bacteria) وبكتريا عضوية التغذية (Heterotrophic Bacteria) وتشكل المادة العضوية مصدر الكربون لها في أنظمة المعالجة

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

تصنف البكتريا عضوية التغذية حسب طريقة تنفسها

بكتريا هوائية : التي تنمو وتتكاثر بوجود الأكسجين وتموت بانعدامه

بكتريا لاهوائية: وتنمو وتتكاثر بانعدام الأكسجين وتموت عند وجوده

البكتريا الاختيارية: وهي التي تعيش بوجود الأكسجين أو انعدامه

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-2- 9 تأثير عملية المعالجة البيولوجية على قيمة الـ PH:

تتراوح قيمة الـ PH الأمثلية بالنسبة للمياه الجوفية بين (6.5-8.5) وأثناء عملية إزالة النترات وجد أن قيمة الـ PH تتزايد، فمن أجل استخدام حمض الخل كمصدر للكربون لا يحدث تزايد ملحوظ في قيمة الـ PH أما من أجل استخدام الميتانول والإيتانول تزداد القيمة بحدود (0.2 , 0.7) للميتانول والايتانول على الترتيب [20].

2-3-2- 10 - تأثير قيمة الـ DO على عملية المعالجة البيولوجية:

يمكن أن يؤثر DO تأثيراً سلبياً على عملية إزالة النترات في المياه حيث أنه كان يعتقد أن عملية إزالة النترات هي عملية لاهوائية [35]

كما أعطيت العلاقة التجريبية الآتية لكمية الميتانول اللازمة لإجراء إزالة النترات[19]:

$$C_m = 2.47No + 1.57N_1 + 0.87DO$$

C_m: التركيز اللازم من الميتانول mg/l

N_0: التركيز الابتدائي لنتروجين النترات mg/l

N1: التركيز الابتدائي لنتروجين النتريت mg/l

DO: التركيز الابتدائي للأكسجين المنحل في الماء mg/l .

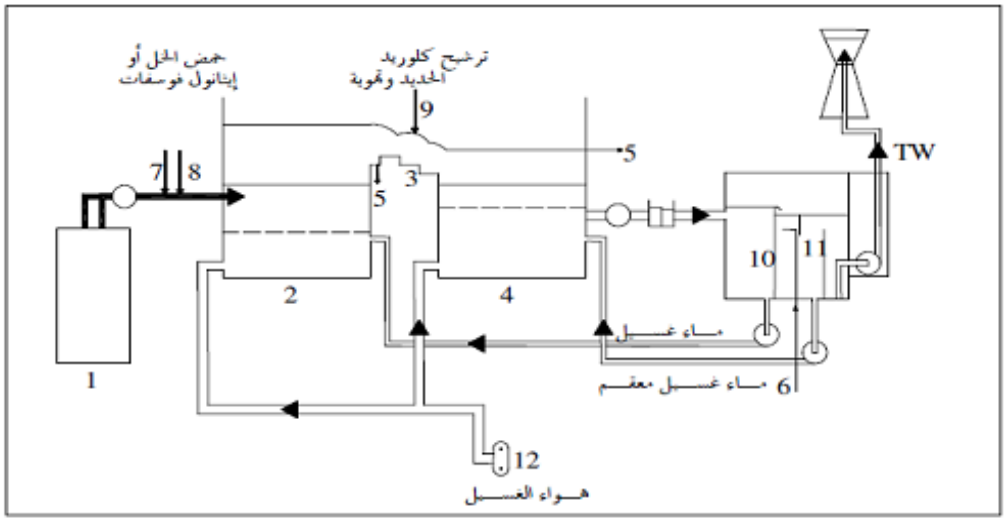
من هذه المعادلة نلاحظ أن وجود الأكسجين المنحل في الماء المعرض للمعالجة يسبب زيادة في كمية المادة المغذية اللازمة .

وجد بعض الباحثين أن مستويات منخفضة جداً من DO يسبب وقفاً كاملاً لنشاط البكتريا المزيلة للنترات [36]. ومع ذلك فإن تأثير الأكسجين على عملية إزالة النترات يعتمد على السلالات الجرثومية[37]

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

2-3-2-11 تجهيزات عملية إزالة النترات بيولوجياً[14] :

يبين الشكل (2-4) منشأة لإزالة النترات بالعملية البيولوجية حيث تتألف المنشأة من مستودع للماء الخام (1) ومن مفاعل بيولوجي (2) يتم فيه الجريان من الأسفل إلى الأعلى بنفس اتجاه النتروجين المتحرر مما يخفف مشكلة إعاقة الحركة الناتجة عن تصريف الغاز.



1- مستودع الماء الخام
2- مفاعل بيولوجي
3- قهوية
4- ترشيح
5- ماء الغسيل المصروف
6- تعقيم بالكلور
7- الفوسفات Po_4
8- مادة غنية بالكربون
9- كلوريد الحديد $Fecl_3$
10- خزان المياه غير المعقمة
11- خزان المياه المعقمة
12- مصدر هواء

تجهيزات عملية إزالة النترات بيولوجياً

الشكل (2-4)

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

يبين الجدول (2-4) مقارنة بين الإزالة البيولوجية للنترات وإزالة النترات بواسطة التبادل الإيوني.

الجدول (2-4)

عنصر التشغيل	الإزالة البيولوجية للنترات	إزالة النترات بالتبادل الإيوني
الكلفة الابتدائية	أكبر	أقل
كلفة التشغيل	تقريباً متشابهة	تقريباً متشابهة
النواتج	حمأة بيولوجية – لا يوجد نواتج غيرها لأن (NO_3) تنقل إلى (N_2)	يوجد ناتج ملحي مركز، تنتقل (NO_3^-) من محلول إلى آخر
التوازن الكربوني	يتأثر قليلاً	يتأثر بشكل كبير . الماء الناتج هو أكثر عدوانية
التشغيل الاتوماتيكي	معقد	سهل
ملوحة الماء الخام	ذات تأثير قليل	لا تستخدم هذه الطريقة إذا وجد في الماء الكثير من الكلوريدات والكبريتات
محتوى الماء الخام من المواد العالقة		هذه الطريقة حساسة جداً لكمية (SS) في الماء الخام
درجة الحرارة	المعالجة غير ممكنة في درجات الحرارة المنخفضة جداً	أقل تأثيراً
التشغيل	يحتاج إلى مراقبة دقيقة	التشغيل متوازن جداً

website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17

Syrian Engineers for Construction and Development
المهندسين السوريين للإعمار والتنمية
SECD

The End

المراجع العربية

١- د حجار سلوى ، معالجة مياه الشرب ، منشورات جامعة حلب ٢٠٠٦.

د حجار سلوى ، الهندسة الصحية ، منشورات جامعة حلب ١٩٨٧ .–٢

د. حجار سلوى ، معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية ، منشورات جامعة حلب –٣ ١٩٨٥ .

٤ – د. أحمد فيصل أصفري " إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة " منظمة الصحة العالمية، عمان، الاردن ٢٠٠٤ .

المراجع الأجنبية

1-John W.Clark , Warren Viessman . Jr, Mark J.Hammer “ Water Supply and Pollution Control “ . Harper and Row Publishers . Inc 5 th .ED . 1993 .

2- Bablitt H.E. et al , Water Supply Engineering , Mc Graw Hill – 1962 .

3-A. C. Twort , E.C. Hoather , E.M. Law . Water Supply 4 th Eddition 1994 .

4-T.J.Casey “ Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering “ John Wiley & Sons 1997 .

SECD
website : www.secdo.org Email : info@secdo.org Fax : +90 342 323 05 17