

"دور الحافز الإقتصادي في حماية البيئة في ظل غياب تطبيق القوانين البيئية-تجربة جامعة النجاح في فلسطين"

اعداد: الدكتور حسان علي عرفات

قسم الهندسة الكيماوية، جامعة النجاح الوطنية

نابلس- فلسطين

## خلاصة البحث

في عالم اليوم، هناك مجموعة من الدوافع والحوافز التي تدفع الشركات الصناعية إلى الالتزام بممارسات حماية البيئة ومنع التلوث. من هذه الدوافع القوانين البيئية الحكومية والعقوبات المتعلقة بالتلوث البيئي، الرغبة في تحقيق مبيعات أعلى من خلال الظهور بمظهر المحافظ على البيئة، الضغط الاجتماعي والشعبي للحد من التلوث، الرغبة الصادقة لدى إدارة الصناعة لحماية البيئة والوعي بمدى أهمية ذلك، وأخيراً، الرغبة بتحقيق مكاسب اقتصادية من خلال إعادة استخدام المواد العادمة لإنتاج منتجات ذات مردود اقتصادي. في الدول المتقدمة تتداخل هذه العوامل جميعها لتحقيق نوع من التوازن بين الإنتاج الصناعي والبيئة المحيطة. أما في فلسطين، فهناك اليوم وضع خاص، إذ إن هناك قوانين خاصة بالبيئة ولكنها غير مفعلة في ظل الأوضاع السياسية السائدة والصعوبات الاقتصادية التي تواجه الصناعة، يرافق ذلك ضعف في الوعي الشعبي العام لأهمية البيئة وحمايتها والتي تحتل مكانة منخفضة على سلم الأولويات للمواطن الفلسطيني تحت الاحتلال. من هنا كانت محاولة الباحث لحل المشكلة من منظور آخر.

تتركز فلسفة البحث حول النظرية البيئية القائلة بأن إجراءات منع التلوث في أغلب الحالات لها مردود اقتصادي يبرر القيام بها. فعلى سبيل المثال، كثير من المواد العادمة التي تلقيها المصانع وتساهم في تلوث البيئة، يمكن معالجتها وتدويرها (إعادة استخدامها) في منتجات ذات مردود اقتصادي. هذا المردود يشكل حافزاً لدى الصناعة للإهتمام بعمليات المعالجة والتدوير هذه، ومن ناحية أخرى يحمي البيئة من مزار المواد العادمة. انطلاقاً من هذا المبدأ قام الباحث، وهو عضو هيئة تدريس في جامعة النجاح الوطنية في نابلس/فلسطين، بإنشاء علاقة تعاون مع بعض الصناعات المحلية لإيجاد حلول لمشاكلها البيئية وستتناول هذه الورقة العلمية نموذجين من هذه الحلول، الأول لصناعة النسيج والثاني لصناعة الألبان.

## **Abstract**

### **"The Role of Economic Incentive in Environmental Protection under Weak Enforcement of Environmental Law - The Experience of An-Najah University-Palestine"**

In today's world, there are several incentives for industry to commit itself to serious environmental protection practices. These include strict environmental laws, better public image, genuine environmental consciousness, and last but not least, the desire for revenue by recycling and re-using waste material.

In the Palestinian territories, on the other hand, a special situation exists in which environment protection laws are un-enforced due to rough political conditions. Moreover, the environment comes low on the ordinary Palestinian citizen's priority list compared to all other daily hardships. To tackle this problem, our approach was "pollution prevention pays". It was found that simple and effective recycle techniques can bring about significant savings to the Palestinian industry which makes them very interested in applying such recycle techniques. The outcomes of two studies for textile and dairy industries are discussed in this work.

## الإطار النظري والإستعراض المرجعي

### المياه العادمة من صناعة النسيج:

تنتج صناعة النسيج كميات كبيرة من المياه العادمة خلال جميع مراحل انتاج النسيج وتعتبر مرحلة غسل النسيج خلال تصنيعه من اكثر المراحل استهلاكاً للمياه. المياه العادمة من عمليات غسل النسيج تحتوي كميات كبيرة من المواد الكيميائية التي نشأت من عمليات معالجة سابقة للنسيج كعمليات الصباغة مثلاً، فأصبغ النسيج تصنع من مواد عضوية اروماتية (aromatic hydrocarbon). بالإضافة الى الأصباغ والالوان، تحتوي المياه العادمة من صناعة النسيج على مواد صلبة وزيوت ومضافات كيميائية اخرى كبقايا المنظفات ومواد التبييض ومضافات تلميع القماش ومحسناته. جميع هذه المواد الكيميائية بمجملها تسهم في ان تصبح المياه الناتجة من غسل الأنسجة ملوثة بشكل عالٍ. فبالإضافة الى تلون هذه المياه بشكل كبير فهي تحتوي على مواد سامة وضارة بالبيئة وبصحة الإنسان بسبب إحتوائها على مواد كيميائية سامة ومعادن ثقيلة كالنحاس والكروم والزنبق، وجدير بالذكر هنا ان كثيراً من المواد الكيميائية التي تدخل في صناعة الأصباغ (مثل صبغة "Basic Red 9" على سبيل المثال) معروفة بأنها مواد سامة ويشتهر بأن كثيراً منها تسبب السرطان.

بسبب الكميات الكبيرة والمخاطر الشديدة للمياه العادمة من صناعة النسيج، فقد اجريت دراسات عالمية عديدة لإيجاد اساليب معالجة لهذه المياه. تعتمد درجة تطور وتعقيد هذه الأساليب على الاستخدام المراد لهذه المياه بعد معالجتها وعلى تعقيد وصرامة القوانين البيئية في الدولة التي توجد فيها هذه المياه العادمة. بشكل عام، يمكن تقسيم اساليب المعالجة الى اساليب فيزو- كيميائية او اساليب بيوتكنولوجية. الأول (الاساليب الفيزو- كيميائية) يضم العديد من العمليات مثل 1- استخدام الأغشية الرقيقة (membranes) لفصل الأصباغ والمواد الكيميائية عن المياه، 2- استخدام المواد المدمصة (adsorbents) مثل الكربون المنشط، 3- استخدام المواد المؤكسدة (oxidizers)، مثل الأوزون والأشعة فوق البنفسجية، لإزالة الأصباغ، 4- استخدام عمليات التكتل (coagulation) لإزالة المواد الصلبة العالقة وبعض المواد الكيميائية من المياه العادمة، 5- استخدام عمليات التحفيز الضوئي (photocatalytic treatment) لإزالة بعض الأصباغ. اما القسم الثاني فيشمل عمليات المعالجة البيولوجية باستخدام البكتيريا لتفكيك وهضم الأصباغ والمواد الكيميائية، وبشكل عام فان نجاح هذه التقنية اقل من نجاح اساليب النوع الاول.

تعتبر صناعة النسيج والملبوسات واحدة من اهم الصناعات في فلسطين حيث تأتي في المرتبة الثانية بعد قطاع الإنشاء. العديد من مصانع النسيج الفلسطينية تقوم بعمليات غسل الأقمشة (مثل اقمشة الجينز) بهدف تثبيت الأصباغ عليها قبل طرحها للسوق. عمليات الغسل هذه تشتمل على عدة خطوات ويستعمل ماء جديد للغسل في كل خطوة. الماء الناتج من عمليات الغسل هذه يتم طرحه في المجاري العامة دون أي عملية معالجة أو محاولة لإعادة استخدامه. ولاعطاء فكرة عن كمية المياه العادمة التي نتحدث عنها، اخذنا مدينة نابلس كمثال. توجد في نابلس اربعة مصانع نسيج تقوم بعمليات غسل للنسيج وتنتج هذه المغاسل الاربعة بمجموعها ما يعادل 52 الف متر مكعب من المياه العادمة سنويا، وعند مقارنة هذه الكمية بمتوسط الإستهلاك السنوي من المياه للأسرة الواحدة في نابلس (ويقدر بحوالي 210 متر مكعب) نجد ان هذه الكمية من المياه العادمة تعادل استهلاك 240 اسرة سنويا، وجميع هذه المياه يتم القاؤها في المجاري دون الإستفادة منها، وبشكل طبيعي فان الكمية في مجمل المناطق الفلسطينية ستكون اضعاف ذلك مما يستدعي ايجاد حل لهذه المشكلة يعود بالفائدة على جميع الأطراف، فمن ناحية يوفر كميات كبيرة من المياه على البلديات الفلسطينية ويقلل من كمية المياه العادمة في شبكات المجاري العامة، ويقلل من المخاطر الناتجة عن احتمال تسرب المواد السامة في مياه النسيج العادمة من شبكات الصرف الصحي الى شبكات مياه الشرب، واخيرا يقلل الكلفة على مصانع النسيج.

### مصل الحليب من صناعة الألبان:

تنتج صناعة الألبان كميات كبيرة من مصل الحليب (whey) كمنتج جانبي (byproduct) عند تصنيع اللبنة والجبنة. هذا المصل يحتوي على كميات كبيرة من البروتين والذي لا تتم الاستفادة منه عند إلقاء المصل كمادة عادمة.

عند أخذ واحد من مصانع الألبان في مدينة نابلس كمثال (مصنع الصفا للألبان) نجد أن كمية مصل الحليب السنوية تقارب 1000-1500 طن سنوياً ويتم إلقاؤها دون الاستفادة منها. فبالإضافة الى ضياع فرصة الاستفادة من هذا المصل فإنه يشكل مشكلة بيئية لارتفاع محتوى الـ (BOD) فيه مما يشكل عبئاً على شبكات الصرف الصحي. لذا، قام الباحث بإجراء دراسات جدوى اقتصادية لتحديد الاستعمال الأمثل لهذا المصل بحيث يتحول من عادم الى منتج ذو جدوى اقتصادية ويشجع صناعة الألبان الفلسطينية على إعادة استخدامه.

## استراتيجية البحث ومنهجيته

### المياه العادمة من صناعة النسيج:

يحاول الباحث من خلال بحثه هذا ايجاد حل عملي لمشكلة الكميات الكبيرة من المياه العادمة الناتجة من مصانع الأنسجة في فلسطين. في ظل غياب تفعيل القوانين البيئية في فلسطين تحت الظروف السياسية الراهنة وفي ظل غياب الالية الفاعلة لإجبار مصانع النسيج على معالجة وإعادة استخدام مياهها العادمة من جديد في عمليات غسل النسيج، كان لا بد من ايجاد حل مجد اقتصاديا لهذه المصانع حتى يسهل عليهم تقبله وتطبيقه ولتأمين اكبر قدر من تعاون هذه المصانع لتطبيق هذه الحلول. بناءً عليه، يهدف هذا البحث الى ايجاد تقنية معالجة بسيطة وفعالة للمياه العادمة من صناعة النسيج والتي يمكن تبنيتها من قبل مصانع النسيج الفلسطينية بدون اضافة عبء اقتصادي على هذه المصانع. عند تطبيق هذه التقنية البسيطة، تتحقق مجموعة من الأهداف التي تخدم المجتمع المحلي، وهذه الأهداف هي: 1- تقليل الكمية الإجمالية من المياه العادمة المنبعثة من مصانع النسيج وبالتالي تقليل المخاطر الناتجة من هذه المياه، 2- تقليل العبء على شبكات ومحطات الصرف الصحي التي تدار من قبل البلديات المحلية، 3- تمكين مصانع النسيج الفلسطينية من توفير كميات كبيرة من المياه المستخدمة لأهداف غسل النسيج وبالتالي تحقيق مكاسب اقتصادية مجزية، 4- توفير كميات كبيرة من المياه النقية التي كانت ستستخدم من قبل مصانع النسيج واستخدامها لاهاف اخرى كالشرب.

بناءً على ما تقدم، وبما ان الاستخدام المراد للمياه العادمة المعالجة هنا هو اعادة استخدامها في عمليات غسل النسيج ذاتها، فقد ركز الباحث على ايجاد ابسط تكنولوجيا تحقق هدفين تقنيين رئيسيين: الاول، ازالة اكبر كمية ممكنة من المواد الصلبة العالقة من المياه العادمة والثاني، تقليل كمية المواد الكيميائية بما في ذلك درجة تلون المياه، الى اقل حد ممكن وذلك بهدف تقليل او الغاء خطورة هذه المواد وسميتها، وقد استخدمت درجة الطلب الأوكسجيني الكيميائي ( Chemical Oxygen Demand، COD ) كمؤشر على كمية هذه المواد في الماء. بناءً عليه، كان تركيز الباحث في عمله هذا على دراسة التكنولوجيات البسيطة مثل الترسيب (sedimentation) والتكتل (coagulation) والفلترية البسيطة (filtration) والإدمصاص (adsorption) واستبعدت من الدراسة العمليات الاخرى التي تتطلب تجهيزات مكلفة ومعقدة تجعل من الصعب على المصانع المحلية تقبلها.

اعتمد الباحث في دراسته على مصانع النسيج في مدينة نابلس كنموذج لمصانع النسيج في المناطق الفلسطينية بشكل عام وذلك للتطابق بين ممارسات هذه الصناعة في مدينة نابلس وباقي المدن الفلسطينية. كما اتبع الباحث أسلوب التعاون الوثيق مع صناعات النسيج المحلية خلال اجراء الدراسة، تمثل ذلك في استخدام عينات حقيقية من المياه العادمة من هذه المصانع في كل التجارب وفي الحصول على معلومات من مصانع النسيج حول الخطوات التي تمر بها المياه و المواد الكيميائية التي تضاف لها من لحظة بدء استخدامها في عمليات غسل القماش وحتى القائها كمياه عادمة مما ساعد الباحث في انتقاء اكثر التقنيات فاعلية. ختاماً، اسهم هذا التعاون مع الصناعة المحلية في تشكيل تصور لدى الباحث عن الممكن والمجدي بالنسبة لمصانع النسيج الفلسطينية مما ساعد في رسم استراتيجية البحث.

### **مصل الحليب من صناعة الألبان:**

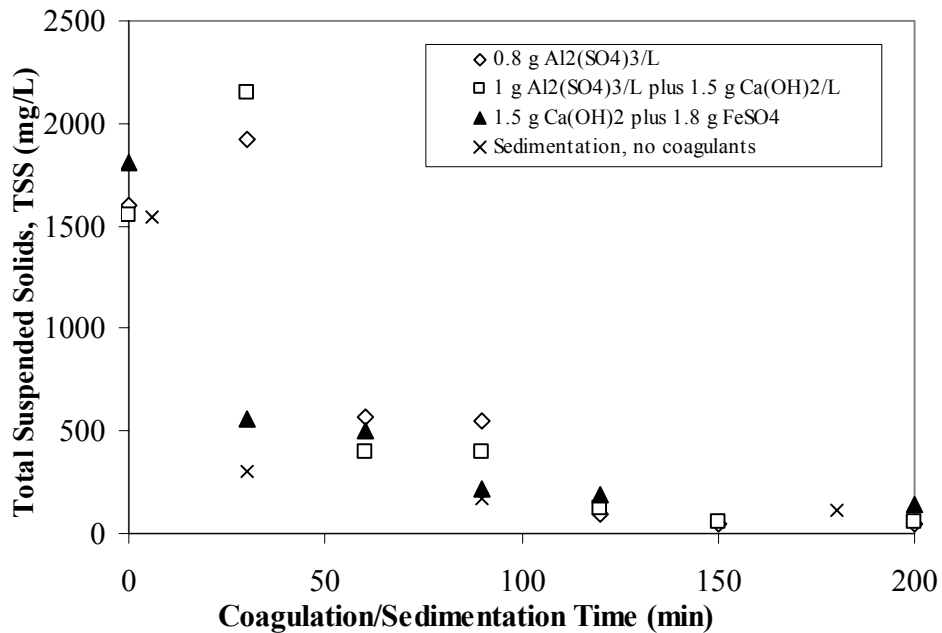
اتبعت دراسة تدوير مصل الحليب (whey) المنحى النظري. ففي البداية، قام الباحث بإجراء مسح مرجعي لإستعراض الإستخدامات الممكنة لمصل الحليب ثم أجريت تصفية لإختيار مجموعة من البدائل لإستخدام المصل تلائم وضع صناعة الألبان الفلسطينية وإمكاناتها، ثم أجريت دراسات جدوى اقتصادية لمقارنة كل من هذه البدائل للتوصل الى اكثرها مردوداً وسهولة في التطبيق ومن ثم تقديم التوصيات الى صناعة الألبان المحلية بشأن افضل الخيارات لتدوير مصل الحليب.

### **النتائج والخلاصة والتوصيات**

#### **المياه العادمة من صناعة النسيج:**

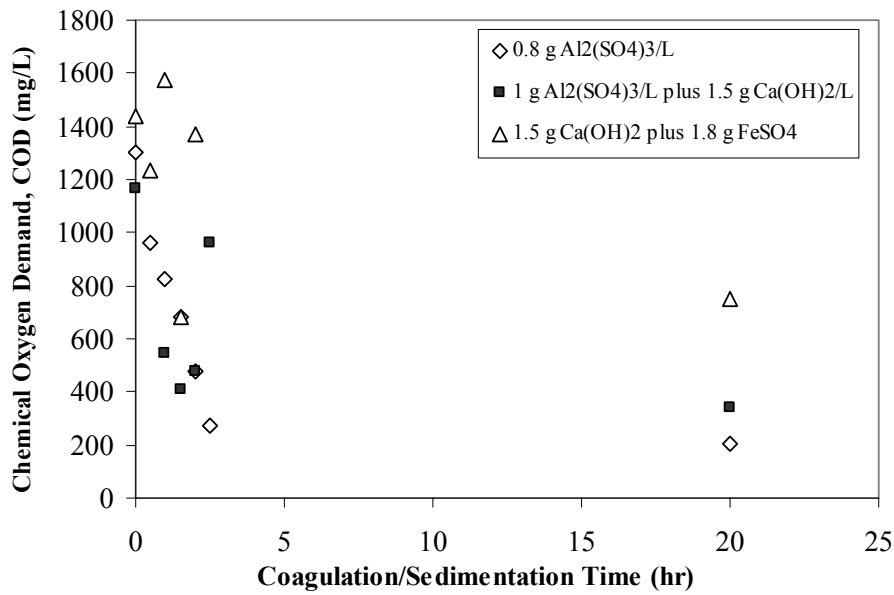
عند استلام عينات المياه العادمة، تم فحصها لقياس درجة تلوثها، فقد تم فحص كمية المواد الصلبة العالقة (TSS، Total Suspended Solids) وكمية الطلب الاوكسجيني البيولوجي (BOD، Biological Oxygen Demand) وكمية الطلب الاوكسجيني الكيماوية (COD، Chemical Oxygen Demand) ودرجة الحموضة (pH). وجد ان متوسط كمية المواد الصلبة (TSS) هو (960 mg/L) ومتوسط الـ (COD) هو (830 mg/L) ومتوسط الـ (BOD) هو (170 mg/L) ومتوسط درجة الحموضة هو 9. هذه الكميات تضاهي مثيلاتها في المياه العادمة من مصانع النسيج في دول اخرى وهي بالتأكيد تفوق بكثير الحدود المسموح بها دولياً للمياه العادمة مما يدل على ضرورة معالجتها لاعادة استخدامها.

بداية درست مجموعة من الاساليب لإزالة المواد الصلبة (TSS) وتقليل الـ (COD). ابسط هذه الاساليب هو الترسيب الطبيعي (sedimentation) يليه التكتل (coagulation) وهو الترسيب باستخدام عوامل مساعدة (coagulants). يوضح الرسم رقم 1 كيف تتناقص الـ (TSS) مع مرور الزمن بالنسبة لعينات المياه العادمة المدروسة وذلك عند استخدام الـ (sedimentation) او مواد مكتلة مختلفة. يلاحظ من رسم 1 ان المواد المكتلة لا تسرع عملية الترسيب بداية ولكنها تصبح اكثر فاعلية بعد مرور 100 دقيقة فأكثر على بدء الترسيب، لكن الفرق الأهم هو في كمية المواد الكيميائية المزالة. ففي حين لم تتمكن عملية الـ (sedimentation) من تقليل الـ (COD) بشكل كبير، تمكنت المواد المكتلة المضافة من تقليل الـ (COD) بشكل ملحوظ، كما يتضح من النتائج في رسم رقم 2 .



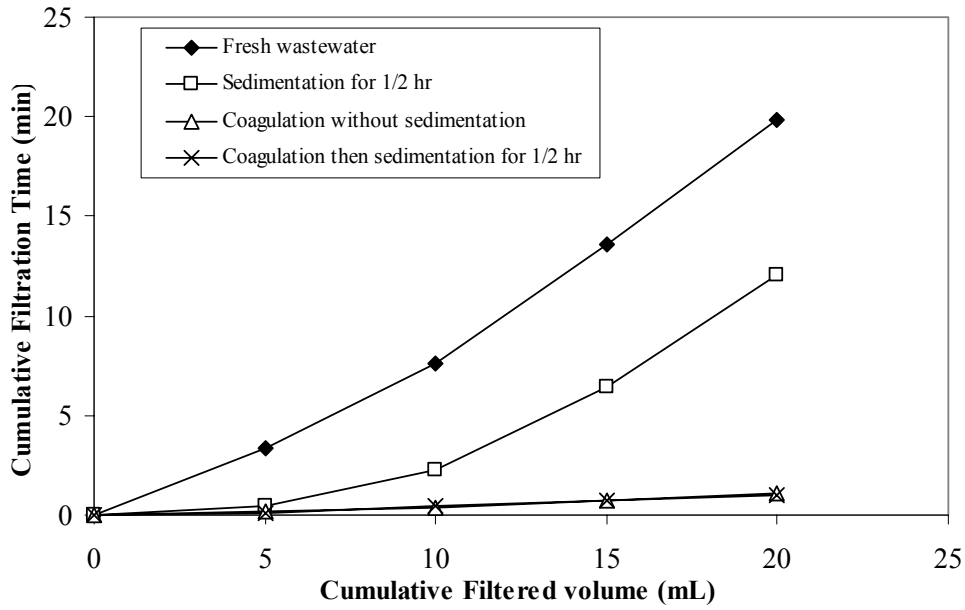
رسم رقم (1)





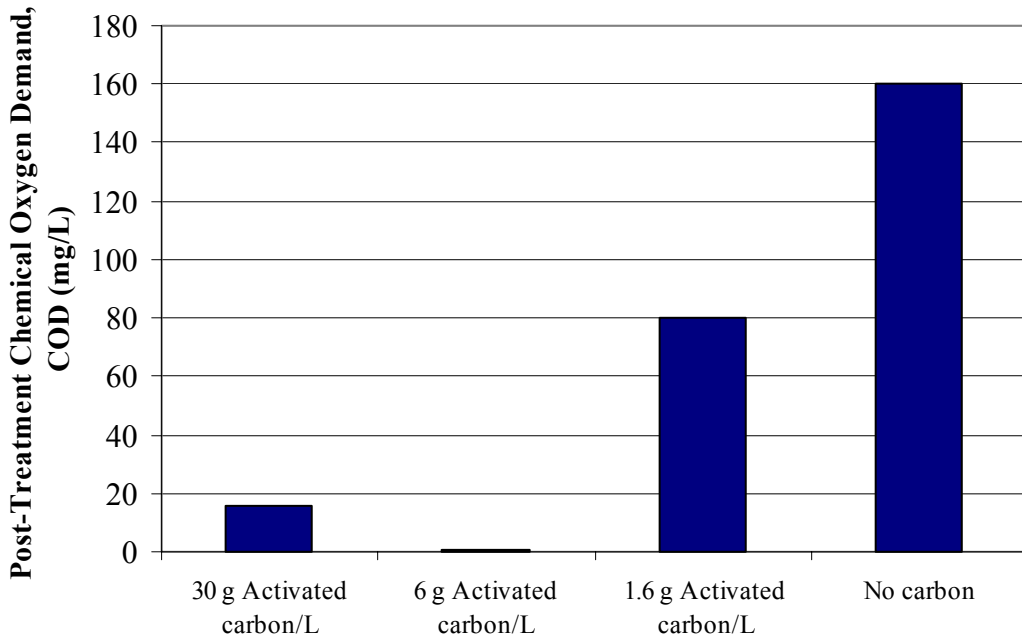
رسم رقم (2)

اكبر إزالة للـ (COD) تمت باستخدام مادة سلفات الالمنيوم ( $Al_2(SO_4)_3$ ) حيث ازيلت المواد الكيميائية بنسبة 88% كما هو واضح في رسم 2 . الميزة الاخرى لاستخدام عملية الـ (coagulation) هو انه وجد انها تسهل عملية الفلترة لإزالة المواد الصلبة من الماء وذلك مقارنة مع فلترة المياه العادمة كما هي دون استخدام أي مواد او مع استخدام (sedimentation) فقط. يتضح ذلك في رسم رقم 3 حيث يظهر الفرق واضحا في سرعة الفلترة بين الخيارات الاربعة عند استخدام فلتر (Whatman) بحجم فلتر ( $2.5 \mu m$ ). السبب في ذلك هو ان عملية الـ (coagulation) تزيد من تكتل المواد الصلبة في كتل كبيرة يسهل فلترتها ولا تسبب انسداد فتحات الفلتر،



رسم رقم (3)

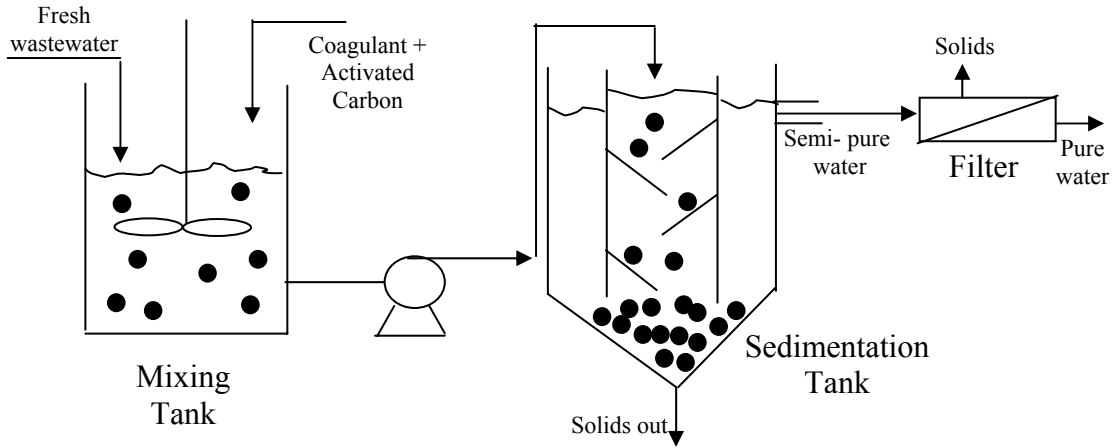
بالإضافة الى عمليات الترسيب والتكتل، تمت دراسة عملية الإدمصاص (adsorption) لإزالة بقية المواد الكيميائية التي لم يتم التخلص منها باستخدام الـ (coagulation)، حيث اخذت عينات من الماء بعد اجراء عملية (coagulation) لها وضيفت لها كميات متفاوتة من الكربون المنشط (activated carbon). لوحظ ان الكربون كان فعالا جدا في ازالة المواد الكيميائية حيث امكن تخفيض الـ (COD) من (160 g/L) الى حوالي (2 g/L) باستخدام (6 g carbon/L) (water). كما لوحظ ايضا ان زيادة كمية الكربون المضاف تزيد من ازالة المواد الكيميائية الى درجة معينة (6 g/L) تتوقف عندها الفائدة من استخدام كميات اكبر من الكربون كما يتضح من الرسم 4 .



#### رسم رقم (4)

بناءً على ما تقدم تم اقتراح عملية بسيطة من ثلاث خطوات. الخطوة الأولى يتم فيها خلط المياه العادمة بمادة مكثلة مثل  $(Al_2(SO_4)_3)$  وكميات صغيرة من الكربون المنشط في خزان خلط (mixing tank) ثم ينتقل الماء في الخطوة الثانية الى حوض ترسيب (sedimentation tank) يصمم بشكل خاص بحيث يتيح للمواد الصلبة والكربون ان تترسب داخله فيما تخرج المياه من مخرج اخر، ثم تنتقل المياه شبه المنقاة الى الوحدة الثالثة وهي عبارة عن فلتر لإزالة بقايا المواد الصلبة العالقة وبقايا الكربون المنشط وبذلك يكون قد تم ازالة جميع المواد الصلبة العالقة وكذلك المواد الكيميائية الخطرة الذائبة، كما هو موضح في رسم 5.

يرى الباحث انه يتوجب ان تتبع هذه الدراسة ببحث تكميلي يدرس فيه افضل الظروف لخلط المواد في خزان الخلط لإتاحة افضل عملية تكتل وكذلك لدراسة افضل تصميم لحوض الترسيب لإتاحة اكبر قدر من ازالة المواد الصلبة في اقصر زمن ممكن. واخيرا ينبغي إجراء اختيار امثل (optimization) لكمية الكربون المنشط المستخدم.



رسم رقم (5)

### تدوير مصلى الحليب:

اعتمدت دراسة الجدوى الإقتصادية للبدائل المتوفرة لتدوير مصلى الحليب على المعايير الأتية مرتبة حسب أهميتها:

- 1- المردود الإقتصادي.
- 2- توظيف الحد الأقصى من الأيدي العاملة
- 3- تقليل درجة التعقيد التكنولوجي
- 4- تقليل كمية المصل الذي لا يستفاد منه الى الحد الأدنى.

وباعتماد هذه المعايير، تمت دراسة اثنان من البدائل وهي (1) تركيز البروتين في مصلى الحليب و (2) تجفيف المصل لاستخلاص البروتين، حيث أن هذان الخياران للتدوير هما نتيجة تصفية قام بها الباحث لمجموعة من حوالي 10 بدائل للتدوير، وقد أجريت الدراسة بالتعاون مع أحد مصانع الألبان المحلية (مصنع الصفا للألبان).

### المجالات التي تفيد فيها نتائج الدراسة واستخلاصاتها العامة

بالنسبة للدراسة الخاصة بمصانع النسيج فإن النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة ذات فائدة لصناعة النسيج بشكل عام، ليس فقط في فلسطين وإنما أيضا في دول عربية أخرى حيث أن كثيرا من هذه المصانع تعمل ضمن ظروف وامكانات إقتصادية شبيهة بتلك التي تخضع لها صناعة النسيج الفلسطيني.

بالإمكان تلخيص الإستنتاجات العامة لهذه الدراسة على النحو التالي:

1- معالجة واعادة استخدام المياه العادمة في صناعة النسيج تحقق المزايا التالية

أ- تقلل من كمية المياه العادمة الملوثة ومخاطرها.

ب-تقلل من العبء على محطات التنقية وشبكات الصرف.

ت-تجعل عملية صناعة النسيج مجددة اكثر اقتصاديا من خلال توفير استهلاكها من المياه.

ث-تحقق توفيراً من المياه لإستخدامات اخرى كالشرب والري.

2- يمكن تحقيق معالجة المياه العادمة من صناعة النسيج من خلال تكنولوجيا بسيطة تشتمل على ثلاثة عمليات وهي 1- التكتل والترسيب (coagulation)، 2- الإدمصاص (adsorption)، 3- الفلترة (filtration). بعد هذه الخطوات الثلاث يمكن تحويل المياه العادمة الى مياه شبه خالية تماما من المواد العالقة والاصباغ و المواد الكيميائية الخطرة.

أما بالنسبة للدراسة الخاصة بصناعة الألبان، فقد توصل الباحث الى الاستنتاج بأنه يمكن تحويل مصل الحليب الناتج من صناعة اللبنة والجبنة الى منتج غذائي ذو مردود اقتصادي مما يساعد في منع التلوث الناتج عن إلقاء هذا المصل وفي نفس الوقت يزيد من مصادر الدخل لصناعة الألبان، خصوصاً في ظل ظروف اقتصادية صعبة كالتى تشهدها الصناعة الفلسطينية حالياً.

## مزايا خاصة للبحث

- 1- يتميز البحث بصبغة التعاون البناء بين الباحث ممثلا للجانب الاكاديمي وبين الصناعة المحلية، ممثلة بمصانع النسيج و الألبان في مدينة نابلس. هذا التعاون عنصر اساسي في نجاح الباحثين في الدول المتقدمة في نقل التكنولوجيا من مختبرات الابحاث الى التطبيق العملي ومن المهم جدا ان يشجع في الدول العربية لتفعيل دور الجامعات العربية كمراكز بحث وتطوير.
- 2- الأسلوب المتبع في تطوير فكرة هذا البحث يتوافق مع النظرية الحديثة في علم ادارة البيئة والقائلة (pollution prevention pays) وتعني ان عملات منع التلوث ترافقها دوما مكاسب اقتصادية تبرر القيام بها عدا عن المكاسب البيئية. في حالتنا هذه، كان المكسب الاقتصادي بالنسبة لصناعة النسيج الفلسطينية (ممثلا في توفير كميات كبيرة من المياه من خلال عملية بسيطة وغير مكلفة) و لصناعة الألبان (ممثلا في استخدام كمية كبيرة من مصل الحليب و التي لا يستفاد منها حاليا) الدافع الرئيسي لتعاون كلا الصناعتين في هذا البحث. هذا المبدأ ينطبق على تطبيقات اخرى لا حصر لها ليس فقط في فلسطين والعالم العربي وانما العالم ككل، حيث ان كثيرا من عمليات منع التلوث هي في حد ذاتها مكاسب اقتصادية كبيرة ويكفي هنا على سبيل المثال ذكر عمليات تدوير الورق والمواد البلاستيكية وعلب الالمنيوم وغيرها الكثير من التطبيقات الممكنة التي تعود بالفائدة على الاقتصاد والبيئة في ان واحد.