



الجمهورية العربية السورية

جامعة تشرين

كلية الهندسة المدنية

قسم: بيئة

دراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية واللاقطية في بحيرة سد الثورة
باستخدام الـ GIS

**Controlling The Point And Non-point Sources Of
Pollution In Al-Thawra Lake Using GIS**

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية اختصاص الهندسة
البيئية

إعداد

الطالبة: خزامي إسماعيل

بإشراف:

الدكتورة: هناء سلمان

2015

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة
البيئية من كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين.

**This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the
requirement for the degree of master of sciences in
Environmental Engineering department at the Faculty of
Civil Engineering, Tishreen University.**

تصريح

أصّرَح بأنّ هذا البحث " دراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية واللا نقطية في بحيرة سد الثورة باستخدام برنامج الـ GIS " لم يسبق أن قُبل للحصول على شهادة، وهو غير مُقدّم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

اسم المرشحة

المهندسة المدنية خزّامى طلال اسماعيل...



تاريخ: ١٥/٥/٢٠١٦

DECLARATION

This is to declare that, the work "**Controlling the point and non-point sources of pollution in Al-Thawra Lake using GIS**" has not been being submitted concurrently for any other degree.

Candidate name

ENG .Khuzama Ismail



Date: 15/5/2016

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 29 /12 /2015 وأجيزت.

لجنة الحكم:

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 29 /12 /2015 وأجيزت.

لجنة الحكم:

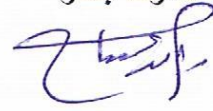
الأستاذ الدكتور
أ. د عادل عوض



الأستاذ المساعد الدكتور
د. هناء سلمان



المدرس الدكتور
د. رائد جعفر



اختصاص هندسة بيئية صحية
قسم الهندسة البيئية
كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

اختصاص محطات معالجة
قسم الهندسة البيئية
كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

اختصاص شبكات مياه وصرف صحي
قسم الهندسة البيئية
كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

كلمة شكر

ACKNOWLEDGMENT

أود أن أتقدم بالشكر والامتنان إلى وزارة التعليم العالي، وإلى جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، لاحتضانها لي ولعملي، وأخص بالشكر قسم الهندسة البيئية لدعمه وتأييده الدائم لي، وأتقدم بجزيل الشكر والتقدير العظيم لمد يد العون الكريمة والمساعدة في الأبحاث الخاصة بهذا البحث إلى الدكتورة هناء سلمان لجهودها الحثيثة ودعمها الدائم الذين قدمتهما في العمل على هذا المشروع.

شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " دراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية واللاقطية في بحيرة سد الثورة باستخدام برنامج الـ GIS"

هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة المهندسة خزامى اسماعيل بإشراف الدكتورة هناء سلمان (الأستاذ المساعد في كلية الهندسة المدنية قسم الهندسة البيئية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية) وإن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

بإشراف

المرشحة

د. هناء سلمان

خزامى طلال اسماعيل



تاريخ: 2016/5/15

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis "**Controlling the point and non-point sources of pollution in Al-Thawra Lake using GIS**"

is the results of Miss. Khuzama Ismail own investigations under the supervision of Dr. Hanaa Salman (Associated Professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, SYRIA), and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Supervisors

Khuzama Ismail

Dr.Hanaa Salman



ملخص

لوحظ مؤخراً تدهور جودة مياه بحيرة سد الثورة بسبب زيادة تراكيز المغذيات التي تصل إليها من مصادر نقطية وأخرى غير نقطية. استخدمت نظم المعلومات الجغرافية GIS على نطاق واسع في العقود الأخيرة في عمليات تقييم جودة المياه بالاعتماد على موديلات تعمل ضمن بيئة الـ GIS ومنها

الـ BASIN (Best Assessment Science Integrating Point and non-point sources) الذي استخدم في هذا البحث وتم تقدير حمولات التلوث باستخدام أحد نماذج الـ BASIN وهو نموذج الـ Pload (Pollution load). تم تطبيق النموذج باستخدام صورة فضائية لمنطقة الدراسة، نموذج ارتفاعي رقمي DEM30 و خريطة استخدامات الأراضي بالإضافة إلى قيم معاملات التصريف وحساب حمولات التلوث السنوية الكلية ضمن الحوض الساكب. تبين أن المساحة الأكبر من الحوض الساكب مزروعة زيتون وحمضيات بنسبة 31%، وأن الأراضي الصخرية المزروعة بالمحاصيل هي المساهم الأكبر في حمولة الفوسفور بنسبة 30%، أما بالنسبة لحمولة النتروجين تعتبر الأراضي المزروعة زيتون وحمضيات هي المساهم الأكبر بنسبة 33%، معدل حمولة التلوث لكل من الـ TP&TN ضمن الحوض الساكب للبحيرة $TN = 60960 \text{ kg/yr}$, $TP=11970 \text{ kg/yr}$ كما تبين أن نسبة مساهمة المصادر غير النقطية في حمولة التلوث 80% و 20% للمصادر النقطية بالنسبة للفوسفور أما بالنسبة للنتروجين فإن نسبة مساهمة المصادر غير النقطية في حمولة التلوث 75% و 25% للمصادر النقطية.

كلمات مفتاحية: حمولة التلوث، مصادر تلوث غير نقطية، استخدامات الأراضي، المغذيات، BASIN، GIS، TN، TP، بحيرة الثورة

فهرس المحتويات

مقدمة

الصفحة

| | |
|----|---|
| | الفصل الأول تلوث البحيرات |
| 1 | 1-1 تلوث المياه السطحية |
| 1 | 1-1-1 تعريف تلوث المياه |
| 2 | 2-1-1 تصنيف ملوثات المياه السطحية |
| 3 | 3-1-1 ملوثات المياه ومصادرها |
| 7 | 4-1-1 تصنيف مصادر التلوث |
| 8 | 2-1 إدارة جودة مياه البحيرات |
| 10 | 1-2-1 ظاهرة التشبع الغذائي |
| 13 | 3-1 تلوث البحيرات بالمغذيات |
| 13 | 1-3-1 نماذج حساب الفوسفور |
| 15 | 2-3-1 تحديد حمولات التلوث |
| 16 | 3-3-1 مساهمة المصادر النقطية واللاقطية في حمولات التلوث |
| 18 | 4-3-1 التحكم بمصادر التلوث ودراسة تأثير استخدامات الأراضي |
| 20 | 5-3-1 استخدام نظام الـGIS في عمليات تحليل الحوض الساكب |

الفصل الثاني منطقة الدراسة

| | |
|----|---|
| 22 | 1-2 منطقة الدراسة |
| 22 | 1-1-2 المواصفات العامة لحوض سد الثورة |
| 27 | 2-1-2 المواصفات الهندسية للحوض الساكب |
| 28 | 3-1-2 المعاملات المورفومترية |
| 31 | 4-1-2 الوضع الجيولوجي والهيدرولوجي والمناخي |
| 33 | 5-1-2 توزيع النشاط البشري |
| 33 | 6-1-2 الزراعات المنتشرة في منطقة الحوض الساكب |
| 37 | 7-1-2 تحديد مصادر التلوث القادم إلى البحيرة |
| 37 | 8-1-2 تقييم حالة التلوث في البحيرة |

الفصل الثالث استخدام برنامج الـGIS في دراسة التحكم بمصادر

التلوث للمياه السطحية

| | |
|----|-------------------------------------|
| 39 | 1-3 تعريفات نظم المعلومات الجغرافية |
| 40 | 2-3 استخدام الـGIS في عملية الدراسة |
| 45 | 3-3 مدخل إلى الـBASIN |
| 45 | 1-3-3 تصنيف البيانات ضمن الـBASIN |
| 46 | 2-3-3 موديلات الـBASIN |

| | |
|----|--|
| 47 | 4-3 تعريف نموذج الـ PLOAD |
| 47 | 1-4-3 استخدامات الـ PLOAD |
| 47 | 2-4-3 مدخلات النموذج |
| 49 | 3-4-3 معادلات حساب حمولة التلوث |
| 51 | 4-4-3 بارمترات الإدخال |
| 52 | 5-4-3 خيارات الإخراج |
| 52 | 5-3 منهجية البحث |
| 53 | 1-5-3 البيانات المستخدمة |
| 54 | 2-5-3 البرمجيات المستخدمة |
| 54 | 3-5-3 خطوات العمل |
| 58 | 4-5-3 عملية إعداد وتشغيل نموذج الـ PLOAD |

الفصل الرابع النتائج والمناقشة

| | |
|-----|--|
| 67 | 1-4 حساب حمولات التلوث من المصادر غير النقطية |
| 67 | 1-1-4 استخدام طريقة الـ Export coefficient |
| 81 | 2-1-4 استخدام طريقة الـ Simple method |
| 91 | 2-4 حساب حمولات التلوث من المصادر النقطية |
| 92 | 1-2-4 حساب تركيز الفوسفور |
| 93 | 2-2-4 حساب تركيز النتروجين |
| 94 | 3-4 حساب نسبة مساهمة مصادر التلوث |
| 95 | 4-4 سيناريوهات التحكم بمصادر التلوث |
| 95 | 1-4-4 بالنسبة لمصادر التلوث غير النقطية |
| 96 | 2-4-4 بالنسبة لمصادر التلوث النقطية |
| 97 | 3-4-4 السيناريو الأول |
| 100 | 4-4-4 تطبيق سيناريوهات التحكم على الحوض الساكب لبحيرة الثورة |
| 103 | الاستنتاجات |
| 105 | التوصيات |
| 106 | المراجع |

فهرس الجداول

رقم الصفحة

الجدول

الفصل الثاني

- 1-2 المتوسطات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة العظمى في منطقة الحوض الساكب لنهر الصنوبر 28
- 2-2 المتوسطات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة الصغرى في منطقة الحوض الساكب لنهر الصنوبر 29
- 3-2 قيم التبخر الكلي من سطح بحيرة سد الثورة 30
- 4-2 معطيات محطة مراقبة محطة رصد الثورة لقيم الرطوبة الأعظمية 30
- 5-2 معطيات محطة مراقبة محطة رصد الثورة لقيم الرطوبة الأصغرية 31
- 6-2 السماد المضاف لشجرة الزيتون 34
- 7-2 استخدامات الأراضي ونسبة مساحة كل نوع بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر 36
- 8-2 قياسات بعض الملوثات ضمن مياه بحيرة سد الثورة 38

الفصل الرابع

- 1-4 قيم المعاملات المستخدمة في نموذج الـ PLOAD 68
- 2-4 حمولات التلوث السنوية لـ TP&TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Export coefficient 69
- 3-4 حمولات التلوث السنوية للفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient 76
- 4-4 حمولات التلوث السنوية للذروجين القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient 76
- 5-4 حمولات التلوث السنوية لـ TP&TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method 81
- 6-4 حمولات التلوث السنوية للفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method 84
- 7-4 حمولات التلوث السنوية للذروجين القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method 84
- 8-4 قيم معدل حمولة كل من TN&TP قبل وبعد تطبيق سيناريوهات التحكم بمصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لنهر الصنوبر 98
- 9-4 قيم حمولة TP القادمة من مصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق سيناريوهات التحكم بمصادر التلوث 101

فهرس الأشكال

| رقم الصفحة | الشكل |
|------------|--|
| | الفصل الأول |
| 4 | 1-1 مخطط الأكسجين المنحل ضمن مياه البحيرة |
| 5 | 2-1 حالة البحيرة عند مستوى منخفض من الرواسب |
| 6 | 3-1 حالة البحيرة عند مستوى مرتفع من الرواسب |
| 8 | 4-1 مصادر التلوث النقطية واللائقطة |
| 10 | 5-1 حالة البحيرة (a)oligotrophic (b)Eutrophic |
| | الفصل الثاني |
| 23 | 1-2 صورة فضائية لبحيرة الثورة |
| 24 | 2-2 خريطة الحوض الساكب لنهر السنوبر ضمن حوض الساحل |
| 25 | 3-2 خريطة الحوض الساكب لنهر السنوبر والسدود والبحيرات المقامة عليه |
| 26 | 4-2 منظر عام لبحيرة سد الثورة |
| 33 | 5-2 توزع القرى ضمن الحوض الساكب لنهر السنوبر |
| 35 | 6-2 خريطة استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكب لنهر السنوبر |
| 37 | 7-2 نسبة مساحة كل نوع من استخدامات الأراضي بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر السنوبر |
| | الفصل الثالث |
| 53 | 1-3 منهجية البحث |
| 55 | 2-3 نموذج ارتفاعي رقمي DEM 30 لمنطقة الدراسة |
| 55 | 3-3 آلية عمل الأمر fill |
| 57 | 4-3 كودات اتجاه الجريان |
| 57 | 5-3 Flow accumulation |
| 58 | 6-3 واجهة برنامج الـ BASIN |
| 59 | 7-3 تحديد المنطقة المدروسة بعد تحديد نظام الإسقاط |
| 60 | 8-3 اختيار نموذج الـ PLOAD |
| 61 | 9-3 نافذة Pollutant Loading Parameter |
| 62 | 10-3 نافذة Pollutant Loading Parameter/تحديد الحوض الساكب |
| 63 | 11-3 نافذة Pollutant Loading Parameter/تحديد استخدامات الأراضي |
| 64 | 12-3 نافذة تحديد بيانات طرق الحساب |
| 65 | 13-3 نافذة طريقة معامل التصريف |
| 65 | 14-3 نافذة تحديد بيانات الـ BMPs |
| 66 | 15-3 نافذة تحديد بيانات مصادر التلوث النقطية |
| | الفصل الرابع |
| 70 | 1-4 خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (a)lb/yr – (b)lb/ha.yr القادمة من الحوض الساكب لنهر السنوبر باستخدام طريقة الـ Export coefficient |
| 71 | 2-4 خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (a)lb/yr – (b)lb/ha.yr القادمة من الحوض الساكب لنهر السنوبر باستخدام طريقة الـ Export coefficient |
| 72 | 3-4 حمولة الـ TP القادمة من الحوض الساكب لنهر السنوبر وذلك حسب نوع |

| | | |
|------|--|---|
| 4-4 | حمولة الـTN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب نوع | استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ Export coefficient |
| 5-4 | نافذة watershed Delineation ضمن برنامج الـ BASIN | استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ Export coefficient |
| 6-4 | خريطة تظهر الأحواض الجزئية لبحيرة الثورة | |
| 7-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/yr) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient | |
| 8-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient | |
| 9-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN lb/yr القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient | |
| 10-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export coefficient | |
| 11-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 12-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 13-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 14-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 15-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/yr) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 16-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 17-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/yr) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 18-4 | خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/ha.yr) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method | |
| 19-4 | مقارنة بين حمولة TN&TP القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقتي EC& Simple method | |
| 20-4 | مقارنة بين حمولة TP القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقتي EC& Simple method | |
| 21-4 | مقارنة بين حمولة TN القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام | |

طريقتي EC& Simple method

- 22-4 نسبة مساهمة مصادر التلوث بالفوسفور ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة 94
- 23-4 نسبة مساهمة مصادر التلوث بالنتروجين ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة 95
- 24-4 مخطط يمثل سيناريوهات التحكم بمصادر التلوث حول المصدر المائي 97
- 25-4 حمولة TN&TP القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بعد تخفيض معدل الأسمدة المطبقة بنسبة 50% 98
- 26-4 مقارنة بين حمولة الـ TP قبل وبعد تخفيض معدل الأسمدة المطبقة بنسبة 50% وذلك حسب استخدامات الأراضي 99
- 27-4 مقارنة بين حمولة الـ TN قبل وبعد تخفيض معدل الأسمدة المطبقة بنسبة 50% وذلك حسب استخدامات الأراضي 100
- 28-4 حمولة الـ TP القادمة من مصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق سيناريوهات التحكم 102

قائمة بالاختصارات

| | |
|----------|--|
| AGNSP | Agriculture Nonpoint Source Pollution model |
| ANSWERS | Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation |
| BASIN | Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources |
| BMPs | Best Management Practices |
| BOD | Biological Oxygen Demand |
| COD | Chemical Oxygen Demand |
| CREAM | Chemicals Runoff and Erosion from Agriculture Management System |
| DEM | Digital Elevation Model |
| DO | Dissolved Oxygen |
| EC | Export Coefficient |
| EMC | Event Mean Concentration |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| FA | Factor Analysis |
| GIS | Geographic Information System |
| GLEAMS | Groundwater Loading Effects Agriculture Management System |
| GOPC | Grid Oriented Phosphorus Component |
| HSPF | Hydrological Simulation Program Fortran |
| ICP-OES | Inductivity coupled plasma emission spectroscopy |
| PLOAD | Pollutant Loading Estimator |
| QUAL2E | Enhanced Stream Water Quality Model |
| SHERTRUN | System Hydrological Euro peen Transport |
| SLAMM | Source Loading And Management Model |
| STORM | Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model |
| SWAMM | Storm Water Management Model |
| SWAT | Soil and Water Analysis Tools |
| TMDL | Total Maximum Daily Load |
| TN | Total Nitrogen |
| TP | Total Phosphorus |
| WCMS | Watershed Characterization and Modeling System Software |

مقدمه

تعتبر الموارد المائية من أساسيات التنمية المستدامة، ومشكلة تلوثها من أخطر المشاكل التي تعاني منها المجتمعات الحديثة، ولاسيما بعد التطور الصناعي والزراعي لهذه المجتمعات. ازدياد عدد السكان وازدياد الأنشطة المتعلقة به أدى إلى عدد من المشكلات البيئية المتعلقة بمحدودية بعض الموارد الطبيعية من الماء مما تتطلب استراتيجيات لترشيد استعمال الماء والحد من تلوثه.

تعتبر الأنهار والبحيرات من أهم مصادر المياه السطحية، تتلوث الأنهار والبحيرات من مصادر نقطية تتمثل بمياه الصرف الصحي أو الصناعي أو مصادر لا نقطية ممثلة بمياه الأمطار وما تحمله معها من أسمدة ومبيدات وغيرها.

تؤثر الملوثات الملقاة في المصدر المائي تبعاً لكميتها ونوعيتها على صفات وخصائص هذا المصدر فقد تؤدي إلى تغير في الطعم والرائحة واللون (تغيرات فيزيائية)، ظهور مواد طافية على السطح وتوضع الرواسب في القاع، تغير في التركيب الكيميائي للمياه، انخفاض مستوى الأكسجين المنحل في المياه. هذه التغيرات تؤدي مجتمعة إلى عدم صلاحية المصدر المائي للشرب وللأغراض الزراعية والصناعية.

إن الهدف من إدارة جودة المياه هو التحكم بوصول الملوثات إلى المياه بحيث تبقى مواصفات المياه في حدود النطاق الطبيعي.

أهمية البحث

تأتي أهمية البحث من ضرورة حماية الموارد المائية وفهم سلوك تأثير الملوثات الخارجية في البيئة (أي طريق تنتشر؟ إلى أين تصل؟ ما هو تأثيرها؟ ما هو مصيرها؟) وتحديد مستوى تراكمها وتقدير التأثيرات الناجمة عن الملوثات الكيميائية والتنبؤ بتراكمها في المستقبل وتقييم تأثيرات الإدارة البديلة ونتائجها المفترض أن تكون هامة ولكنها غير عرضة للقياسات المباشرة وذلك باستخدام برنامج الـ GIS الذي يتيح تجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وعرض وتحليل جميع المعلومات والذي يتيح أيضاً سرعة ودقة إكانية إخراج النتائج بشكل خرائط ومخططات بيانية وقراءتها بشكل مفهوم وواضح.

الهدف من البحث

- حساب حمولة التلوث القادمة من مصادر التلوث النقطية واللائقظية ضمن الحوض الساكب لنهر الصنوبر.
- تحديد مساهمة مصادر التلوث النقطية واللائقظية في حمولة الملوثات الواصلة من الحوض الساكب إلى مياه بحيرة سد الثورة.
- تطبيق سيناريوهات الإدارة البديلة من أجل التحكم بمصادر التلوث النقطية وغير النقطية.

الفصل الأول

تلوث البحيرات

مقدمة:

لقد أصبح تأمين المياه للأفراد لأغراض الشرب والنشاطات الحياتية المختلفة يشكل هدفاً استراتيجياً للدول المختلفة وخصوصاً في السنوات الأخيرة إذ إن زيادة عدد السكان على كوكبنا وانتشار الملوثات والاستهلاك غير المتوازن للمياه الجوفية والسطحية بالإضافة لأسباب أخرى جعل الحفاظ على هذه المياه أولوية لدى المنظمات والحكومات ومراكز البحث. وتعتبر البحيرات والأنهار المصادر الأساسية للمياه السطحية وقد لوحظ في الآونة الأخيرة زيادة في معدلات تلوث الأنهار والمسيلات التي تغذي البحيرات بمياه الصرف الصحي والصناعي غير المعالج أو المعالج جزئياً بالإضافة إلى الملوثات الأخرى المختلفة الناتجة عن النشاط الزراعي وعن استعمال المشتقات النفطية، مما تشكل تهديداً لجودة مياه البحيرات وللكتائنات التي تحيا فيها وللإنسان الذي يستخدم مياهها. تعتمد جودة مياه البحيرات بشكل أساسي على مواصفات المياه التي تصل إليها، وتتعلق هذه الجودة بصورة رئيسية بالنشاطات البشرية التي تمارس ضمن الحوض الساكن للمصدر المائي [1].

إن الهدف من إدارة جودة المياه هو التحكم بوصول الملوثات إلى المياه بحيث تبقى مواصفاتها في حدود النطاق الطبيعي المقرر من قبل المنظمات البيئية المحلية والدولية. كما أن وجود مركبات كيميائية جديدة موضوعة في مجالات الاستخدام الصناعي والزراعي، وكذلك زيادة الطلب على المنتجات المختلفة جعل التحكم بتصريف الملوثات ومراقبة جودة المياه أمراً أساسياً [2].

1-1-1 تلوث المياه السطحية:

1-1-1-1 تعريف تلوث المياه:

يعرف تلوث المياه بأنه عبارة عن تغيرات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية تؤثر عكسياً على الكائنات الحية [3].

1-1-2 تصنيف ملوثات المياه السطحية:

تصنف ملوثات المياه حسب النوع أو المصدر أو شدة الضرر المسبب ويمكن أن تصنف أحياناً تبعاً لطبيعة الملوثات أو حسب تركيبها الكيميائي. يفرض مجال البحث والغاية من الدراسة طريقة تصنيف الملوثات.

تصنف الملوثات حسب مصادرها إلى:

1-1-2-1 الملوثات الناتجة عن النشاط الزراعي:

يتمثل النشاط الزراعي بالعديد من الأعمال مثل الحراثة، الزراعة، التسميد، رش المبيدات الكيماوية، عملية الرعي، البساتين. تعتبر عملية الجريان السطحي من المساحات المزروعة بعد فترات الهطول المطري وعمليات الري من مصادر تلوث المياه.

ومن الملوثات الناتجة عن هذه الأنشطة:

- جزيئات التربة (الرواسب) التي تنشأ من عمليات أحت والتآكل التي تؤدي إلى تدهور حالة المياه.
- الأسمدة والمبيدات الكيماوية: يؤدي ضعف خصوبة التربة في المنطقة إلى الإسراف في استخدام الأسمدة الكيماوية (النيتروجينية-الفوسفاتية-العضوية) التي تتأكسد بواسطة البكتيريا في التربة وتتحول إلى أملاح سهلة الذوبان في الماء وتنتقل إلى المصادر المائية بواسطة مياه الري والأمطار ولا يكمن خطرها كونها سامة وحسب بل يكمن الخطر في أنها تساهم في ظهور ظاهرة التشبع الغذائي في المصادر المائية السطحية.
- العوامل الممرضة.
- الملوحة.

1-1-2-2 الملوثات الناتجة عن النشاط الصناعي:

وهو يشمل المخلفات الناتجة عن المصانع الغذائية والكيميائية والألياف الصناعية والتي تؤدي إلى تلوث الماء بالدهون والبكتيريا والدماء والأحماض والقلويات والأصبغ والمشتقات النفطية

والكيماويات والمواد السامة كالزرنيخ والزرنيق والمعادن الثقيلة كالرصاص والكاميوم الذي يسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي والبولي وظهور تشوهات خلقية للأجنة.

1-1-2-3 الملوثات الناتجة عن النشاط البشري:

- الصرف الصحي: تعتبر الملوثات الموجودة في المياه العادمة من أخطر الملوثات، فهي تحمل العديد من مسببات المرضية مثل أنواع من البكتريا والفطور والفيروسات بالإضافة إلى مواد المنظفات الكيماوية والصابون والمواد العالقة.....
- النشاطات المرتبطة بالمشتقات النفطية (استخراج النفط ومشتقاته - استخدام المذيبات في ترسيب النفط في قاع البحر - ناقلات النفط والسفن الكبيرة) عند تسرب النفط إلى المياه يصبح على هيئة طبقة متماسكة تغطي مساحة واسعة وتبدو كما لو كانت عازلاً يحول بين الماء وهواء الجو مما يعوق تشبع الماء بالأكسجين الجوي، فتقل نسبة الأكسجين المنحل في المياه وتعيق تلك الطبقة وصول الضوء (تقلل أو تمنع نفاذيته) إلى المياه فتعجز النباتات عن القيام بعملية التركيب الضوئي [4].

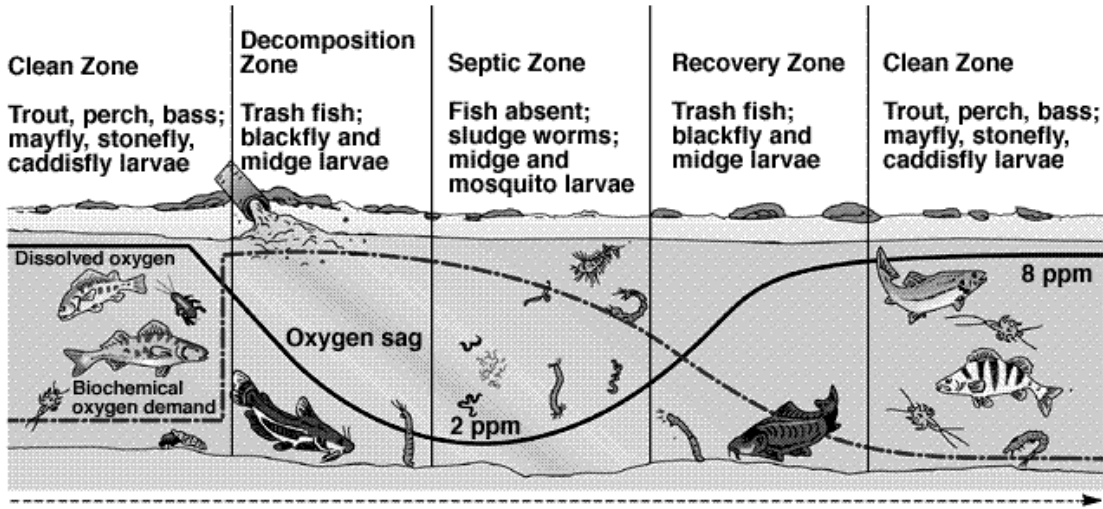
1-1-3 ملوثات المياه ومصادرها:

يمكن تصنيف المجال الواسع لملوثات المياه ضمن المجالات التالية:

- المواد المستهلكة للأكسجين oxygen demanding material وهي تشمل أي مكون يمكن أن يتأكسد في المياه عن طريق استهلاك الأكسجين المنحل في المياه وهي مواد عالقة قابلة للهضم البيولوجي تحوي على مركبات نوعية غير عضوية، يشكل استهلاك الأكسجين المنحل Dissolved Oxygen DO تهديداً على الحياة ضمن المصادر المائية، المستوى الحدي للـ DO يتغير بشكل واسع جداً، على سبيل المثال بعض أنواع الأسماك مثل الـ trout تتطلب أكسجين منحل أكثر من 7.5 mg/l بينما سمك الشبوط يتطلب 3mg/l [2]، وتعتبر الملوثات البشرية القادمة من مياه الصرف الصحي وبقايا الطعام مصدر رئيسي للمواد المستهلكة للأكسجين، أما الصناعات التي تخلف مواد مستهلكة للأكسجين هي الصناعات الغذائية وصناعات الورق .

في كافة الأحوال أي مادة عضوية ذات مصدراً طبيعياً كبقايا الحيوانات والأوراق والنباتات وبقايا المحاصيل الزراعية التي تأتي من مصادر غير نقطية تساهم في استهلاك الأكسجين المنحل في المياه.

يبين الشكل (1-1) مخطط الأكسجين المنحل في المياه حيث نلاحظ تناقص تركيز الأكسجين المنحل والتغيرات التي تطرأ على بيئة البحيرة حيث نلاحظ تراجع وجود الكائنات الحية بالتزامن مع ازدياد تركيز المواد العضوية القابلة للهضم البيولوجي.



الشكل (1-1) مخطط الأكسجين المنحل في البحيرة

• المغذيات Nutrients

يعتبر الفوسفور والنترجين أحد أهم المغذيات وهي تعتبر ملوثات لأن لها تأثيرات مهمة على جودة المصدر المائي، جميع الكائنات الحية بحاجة لها من أجل عملية النمو، لذلك يجب توافرها في المصادر المائية لدعم السلسلة الغذائية، تبدأ المشاكل في الظهور عند ازدياد تراكيز كلاً من الفوسفور والنترجين عن قيم محددة ومسموحة مما يجعل بعض الملوثات العضوية تتأكل وتتدهور على حساب ملوثات أخرى.

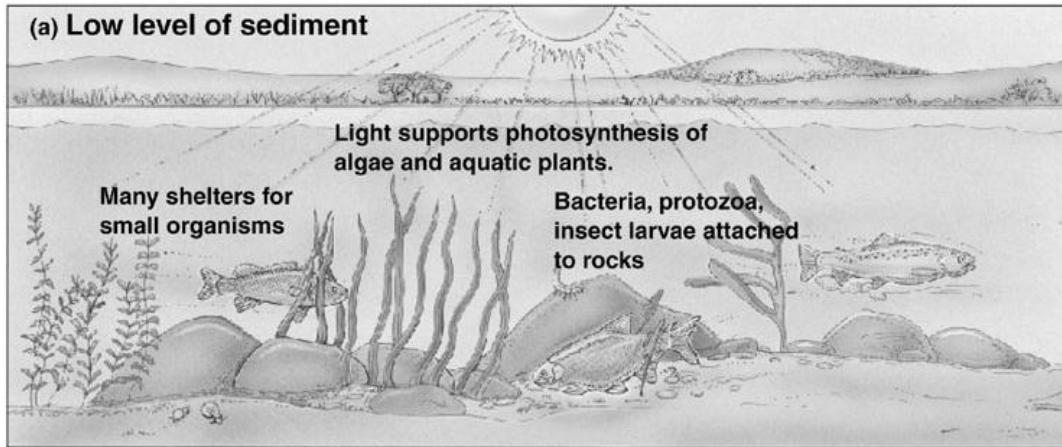
يؤدي تزايد المغذيات إلى نمو الطحالب والتي بدورها تتحول إلى مواد مستهلكة للأكسجين، بعض المصادر الطبيعية للمغذيات الأسمدة، المنظفات، نفايات الصناعات الغذائية.

• العوامل الممرضة Pathogenic organisms

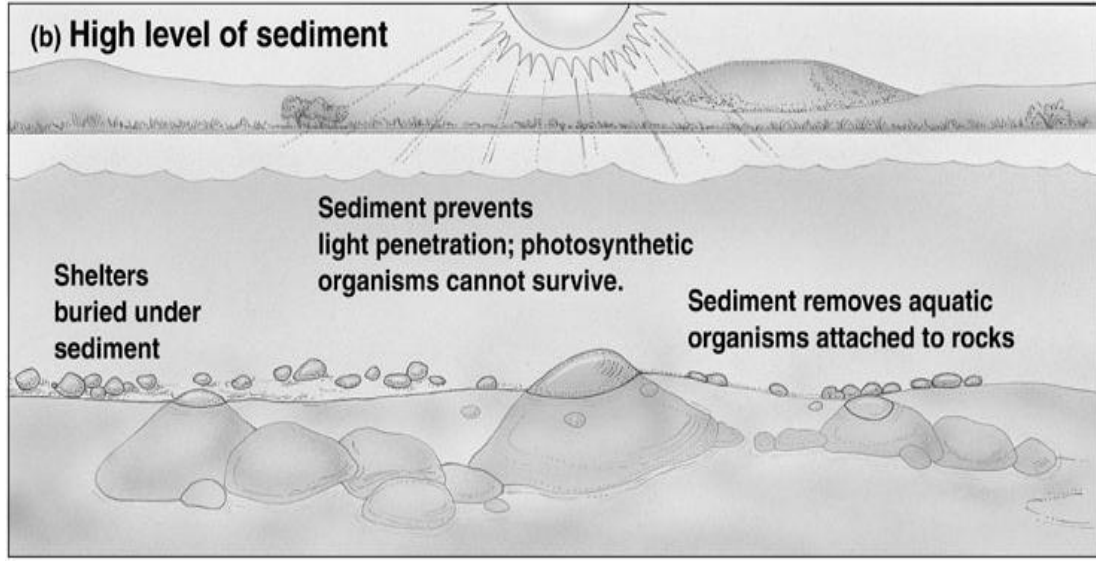
توجد الكائنات الممرضة في المياه مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات مرتبط بالمصدر المائي يجعله مصدراً غير صالحاً للشرب، وإذا كانت تراكيزها عالية يصبح المصدر غير صالح حتى للسباحة والصيد.

• المواد العالقة Suspended solids

هي عبارة عن جسيمات عضوية ولا عضوية تُحمل عن طريق مياه الصرف الصحي والجريانات المطرية والصرف الزراعي عندما تكون سرعة المصدر المائي منخفضة مثل البحيرات فإن الكثير من هذه المواد الصلبة يترسب لقاع المصدر المائي أما المواد التي لا تترسب تسمى مواد غروية وتؤدي إلى العكارة. تعتبر المواد العالقة العضوية مواد مستهلكة للأكسجين المنحل أما المواد العالقة اللاعضوية والتي تأتي من تصريف بعض الصناعات ومن عملية حت وتآكل التربة تؤدي إلى تشكل ملوثات ضارة بالمصدر المائي فحمولات الرواسب الزائدة تؤدي إلى تدهور بعض الكائنات الحية في المصدر المائي. يبين الشكل (1-2) حالة البحيرة عند مستوى منخفض من الرواسب حيث نلاحظ وصول أشعة الشمس التي تساعد في عملية التركيب الضوئي ونمو الكائنات الحية. على عكس حالة البحيرة الموضحة في الشكل (1-3) حيث نلاحظ ارتفاع مستوى الرسوبيات في القاع الذي يمنع وصول أشعة الشمس الذي يحد من نمو الكائنات الحية.



الشكل (1-2) حالة البحيرة عند مستوى منخفض من الرواسب



الشكل (1-3) حالة البحيرة عند مستوى مرتفع من الرواسب

• الأملاح Salts

جميع المصادر المائية تحتوي على أنواع من الأملاح ليس فقط البحار والمحيطات، المشكلة تظهر عندما تكون تراكيز هذه الأملاح في المياه الطبيعية متجاوزة للنقطة التي تصبح فيها حياة الكائنات الحية في المصدر المائي مهددة وتصبح المياه غير صالحة للشرب أو الري. يعتبر التصريف الصناعي والصحي مصادر للتراكيز المرتفعة للأملاح، كذلك تساهم عملية التبخر في زيادة تراكيز الأملاح.

• المعادن والمواد العضوية السامة Toxic metal and toxic organic compounds تعتبر الجريانات الزراعية مصدراً للمبيدات الزراعية والفطور، كما أن الجريانات السطحية فهي مصدر لوصول الزنك والرصاص إلى المصدر المائي، يأتي الرصاص من أدخنة عوادم السيارات التي تعمل على الوقود الذي يحوي الرصاص أما الزنك فيأتي من تصريف بعض الصناعات التي تستخدم معادن ومواد عضوية سامة، وإذا تم تصريف مثل هذه المواد بتراكيز عالية إلى المصدر المائي سيؤدي إلى تدهور حالة المياه وجعلها غير قابلة للاستخدام لفترة طويلة.

• الحرارة Heat

على الرغم من أن الحرارة لا تعتبر ملوث غير أن ارتفاع درجة حرارة المياه يمكن أن يكون مفيداً وفي بعض الحالات ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى تدهور الحياة في المصدر المائي [2].

1-1-4 تصنيف مصادر الملوثات:

ويتم تصنيف المصادر الأساسية للملوثات القادمة إلى المصدر المائي إلى:

• المصادر النقطية: Point sources

تصل حمولات التلوث في هذا النمط بشكل مركز عن طريق وصول تدفقات للمصدر السطحي يمكن تحديد كمياتها، تصل الملوثات في هذه الحالة عن طريق مصارف (مخارج) محددة أو محصورة. تعتبر هذه المصادر الأسهل من حيث عملية تحديد كمية التلوث الواصلة للبحيرات وأنواع الملوثات، وبالتالي تصبح عملية التحكم بهذه المصادر من حيث التصريف والمعالجة أمراً ممكناً. تمثل مياه الصرف الصحي والصناعي المعالجة أو غير المعالجة أحد أهم هذه المصادر.

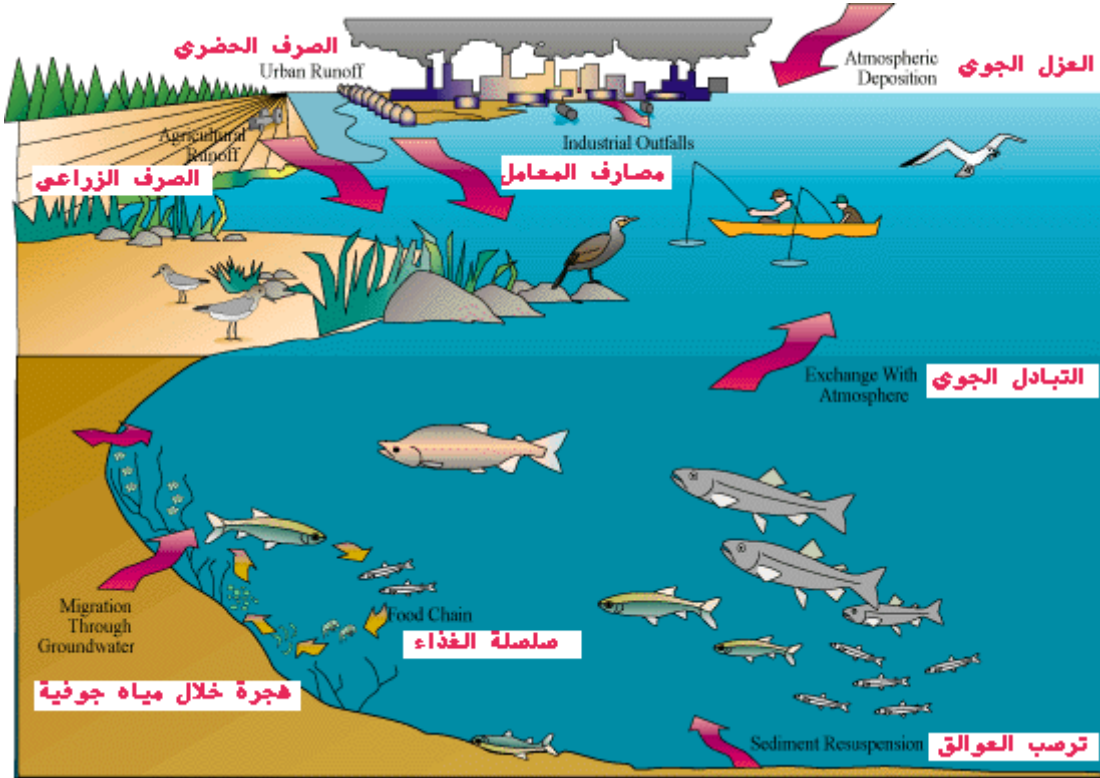
وتعتبر قيمة الـ Biological Oxygen Demand BOD في التصريفات القادمة من هذه المصادر عالية بسبب احتوائها على مخلفات معاشية وهذه القيمة العالية للاحتياج الكيميائي للأكسجين تؤثر على كمية الأكسجين في المياه المستقبلية وبالتالي على حياة الكائنات الحية فيها. يمكن الحد من التلوث القادم من هذه المصادر أو تخفيضه عن طريق معالجة مياه الصرف قبل إلقاءها ضمن المصدر المائي.

• المصادر غير النقطية non Point sources:

وهي حمولات الملوثات الواصلة إلى المسطح المائي من كامل الحوض الساكب أو من المياه الجوفية أو الأمطار الملوثة. تصل المياه الملوثة إلى البحيرة قادمة من الحوض الساكب بواسطة جريانات فوق وضمن التربة والصخور. في هذه الحالة يصعب التحكم بالملوثات بسبب امتزاجها مع مياه البحيرة على كامل حدودها. إن استعمال المبيدات الحشرية والأسمدة في النشاطات الزراعية وكذلك إنشاء مطامر للنفايات الصلبة في الحوض الساكب للبحيرة سيؤدي إلى وصول هذه الملوثات إلى مياه البحيرة بصورة غير نقطية. كما أن إنشاء المصانع ومحطات تعبئة الوقود وكذلك معامل إنتاج الاسمنت

ومعاصر الزيتون في الحوض الساكب للبحيرة سيؤدي إلى وصول ملوثات خطيرة بصورة نقطية وغير نقطية لمياه البحيرة [1].

يوضح الشكل (1-4) المصادر المختلفة النقطية واللائقطة للملوثات فهي تتوزع ما بين صرف زراعي، صحي، صناعي.....



الشكل (1-4) مصادر التلوث النقطية واللائقطة

2-1 إدارة جودة مياه البحيرات Water quality management in lakes

تعتبر مشكلة التشعب الغذائي من أخطر المشكلات التي تعاني منها البحيرات بسبب وصول المركبات الغريبة عن تركيب المياه إليها. تشكل المغذيات أحد أهم أسباب تشكل هذه الظاهرة في البحيرات. عند توفر كميات كافية من المغذيات تنشط عملية نمو النباتات في البحيرة وتشكل مركبات الفوسفور والآزوت جزءاً كبيراً من كمية المغذيات الواصلة للمياه العذبة بسبب النشاطات البشرية المختلفة وتصنف كملوثات تسبب مخاطر عدة أهمها تهديد حياة الكائنات الحية التي تعيش في مياه البحيرة. كما أن وصول كميات زائدة من مركبات الفوسفور والنترجين سيتسبب بارتفاع تركيز العنصرين المذكورين في مياه البحيرة مما يؤدي إلى حدوث نمو زائد للنباتات في مياه البحيرة ولا سيما الطحالب، وبالتالي سينخفض تركيز الأكسجين المنحل في المياه وسينقص الإشعاع الشمسي النافذ في مياه البحيرة، هذا الأمر سيؤدي لتموت العديد من الأحياء الدقيقة

والكائنات الحية الأخرى، ومع تفاقم الوضع ووصول المزيد من المغذيات ستموت المزيد من الكائنات في مياه البحيرة.

تأثير النتروجين على الوضع الحيوي في البحيرات:

هناك ثلاثة أسباب تجعل من النتروجين عنصر ضار للأحياء في لبحيرة:

1. يكون النتروجين سام للأسماك ضمن التراكيز العالية لكل من NH_3-N

2. يساهم النتروجين في النمو الزائد للطحالب عند التراكيز المنخفضة لـ NH_3

و NO_3^-

3. إن تحول NH_4^+ إلى NO_3^- يؤدي إلى استهلاك كمية كبيرة من الأكسجين

المنحل

تأثير الفوسفور على الوضع الحيوي في البحيرات:

يتمثل التأثير الضار للفوسفور بكونه مغذي حيوي لنمو الطحالب، لذلك يعتبر الفوسفور ملوثاً خطيراً يهدد جودة المياه [2].

إن فهم عملية توازن المغذيات في البحيرة يعتبر أمراً مهماً بالنسبة لفهم الوظيفة الإنتاجية والبيئية للبحيرة وكذلك يساعد في وضع استراتيجيات ناجحة لإدارة والتحكم بهذه المغذيات [1].

تقاس إنتاجية البحيرات بقدرتها على دعم السلسلة الغذائية، حيث أن الطحالب الموجودة في قاعدة السلسلة الغذائية تشكل غذاءً للكائنات الأعلى منها في تلك السلسلة. تحدد إنتاجية البحيرة من خلال نمو الطحالب المدعومة بالمغذيات، بدورها الأسماك تتغذى على الطحالب.

مع ازدياد إنتاجية البحيرات ينخفض تقييم جودة المياه من خلال النمو الزائد للطحالب وبالتالي نقص الأكسجين المنحل في الماء.

بسبب الدور الهام الذي تلعبه إنتاجية البحيرات في تغير جودة مياه البحيرة فقد تم تصنيف البحيرات في أربعة أصناف:

❖ **Oligotrophic lakes**: وهي بحيرات منخفضة الإنتاجية بسبب التواجد المحدود

للطحالب، وتعتبر مياهها صافية نسبياً.

❖ **Eutrophic lakes**: وهي بحيرات ذات إنتاجية مرتفعة بسبب التراكيز العالية للمغذيات

والتي تؤدي بدورها إلى النمو الزائد للطحالب. يسبب هذا النمو غير الطبيعي زيادة في

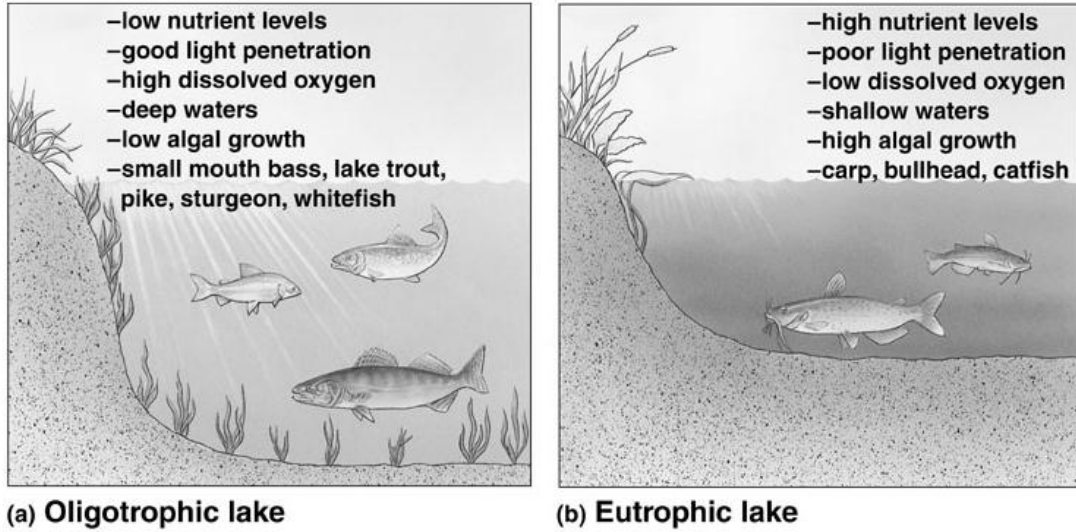
عكارة مياه البحيرة. ومع تناقص كمية الأشعاع الشمسي الواصل باتجاه قاع البحيرة

ويسبب هذه الظروف الطارئة تموت الطحالب تدريجياً. عند موت الطحالب تترسب إلى قاع البحيرة حيث تقوم الكائنات الدقيقة بهضمها مستهلكة كميات كبيرة من الأكسجين المنحل في المياه وهذا يؤدي إلى موت المزيد من الكائنات.

❖ Mesotrophic lakes: وهي حالة وسط بين الحالتين السابقتين Oligotrophic lakes و Eutrophic lakes.

❖ Hypereutrophic lakes: وهي بحيرات معمرة، ضحلة، لديها طبقة كبيرة من الرواسب وجذور النباتات [2].

الفرق في صفات وحالة البحيرة يتمثل بالشكل (1-5) حيث يوضح الفرق بين حالة البحيرات Oligotrophic و Eutrophic حيث نجد المياه العميقة في الحالة a والمستويات المنخفضة للمغذيات والطحالب والمستوى الجيد للـ DO على عكس الحالة b حيث المياه الضحلة والمستويات العالية للطحالب والمغذيات وتركيز منخفض للـ DO .



الشكل (1-5) حالة البحيرة: (a) Oligotrophic (b) Eutrophic

1-2-1 ظاهرة التشبع الغذائي: Eutrophication

تعرف عملية التشبع الغذائي بأنها عملية طبيعية تحدث ضمن البحيرات بحيث تتحول البحيرة بشكل تدريجي إلى بحيرة ضحلة وذات إنتاجية عالية من خلال إنتاج وإعادة تدوير المغذيات.

تستغرق عملية التشبع الغذائي في بعض البحيرات فترة طويلة من الزمن تصل حتى آلاف السنين، بحيث تتغير مواصفات مياهها بشكل تدريجي، على العكس من هذا الأمر تكون بحيرات أخرى مشبعة غذائياً منذ تشكلها بسبب التراكيز العالية للمغذيات المتواجد فيها.

تهتم إدارة جودة المياه في البحيرات بشكل أساسي بالتحكم بظاهرة التشبع الغذائي بحيث تبقى مواصفات مياه البحيرة ضمن المعدل الطبيعي. ويتم إنجاز هذا الأمر عن طريق التحكم بكمية المغذيات في مياه البحيرة وكذلك التحكم بمصادرها النقطية واللاقطية قبل وصولها إلى مياه البحيرة.

1-2-1-1 آلية نمو الطحالب في البحيرات:

تحتاج الطحالب من أجل عملية النمو بشكل أساسي إلى الكربون والنيتروجين والفسفور وبعض العناصر الأخرى... إن توافر جميع العناصر المذكورة يعتبر أمراً مهماً لعملية نمو الطحالب. أي نقص في أحد هذه العناصر سيؤدي إلى توقف عملية النمو بأكملها.

الكربون: تحصل الطحالب على الكربون من ثاني أكسيد الكربون المنحل ويتم تعويض النقص منه في مياه البحيرة من الغلاف الجوي، وعندما يتم استهلاك الطحالب من قبل الكائنات الأعلى في السلسلة الغذائية يتأكسد الكربون العضوي إلى ثاني أكسيد الكربون.

النيتروجين: يتواجد النيتروجين في البحيرات بشكل نترات NO_3^- ويأتي من مصادر خارجية متعددة عن طريق الجريانات أو المياه الجوفية. يتم إرجاع النيتروجين كيميائياً إلى الأمينو NH_2^- بواسطة الطحالب ويتحد مع مركبات عضوية. عند تموت الطحالب وبعد تحللها يتحرر النيتروجين العضوي إلى المياه على شكل أمونيا NH_3 تتأكسد الأمونيا لتشكيل النترات بواسطة البكتيريا وهذه العملية تسمى النترجة.

الفسفور: يصل الفسفور إلى مياه البحيرات عن طريق مصادر خارجية متعددة، يستهلك من قبل الطحالب بالشكل غير العضوي PO_4^{3-} ويتحد مع مركبات عضوية. عند تموت الطحالب وتحللها يتحرر الفسفور إلى المياه بالشكل غير العضوي.

يتحرر الفسفور من خلايا الطحالب الميتة بشكل سريع تصل أجزاء من الفسفور المتحرر إلى طبقة الرواسب وقسم آخر يصل إلى المواد العضوية وبعضه يساهم في ترسيب الحديد والألمنيوم والكالسيوم.

يعتبر الفوسفور بالمقارنة مع المغذيات الأخرى هو المغذ الوحيد الذي لا يمكن توافره بسهولة من الغلاف الجوي أو من مصادر التزويد ولهذا السبب يعتبر المغذي المحدد لنمو الطحالب في معظم البحيرات بالإضافة إلى نسبة النتروجين الكلي إلى الفوسفور الكلي أكبر أو تساوي 17 فإن الفوسفور هو المغذ المد لنمو الطحالب [2].

تحدد كمية الفوسفور في البحيرات كحمولات أو كتراكيز تعرف الحمولة على أنها الكتلة الكلية للفوسفور الواصل إلى البحيرة من جميع المصادر ويعبر عنها بكتلة الفوسفور بالنسبة إلى فترة محدودة من الزمن (kg/d أو ton/y) إن استعمال تعبير حمولة يكون مناسباً عن الحديث عن الجريانات في الحوض الساكب.

أما التركيز فهو كتلة الفوسفور في حجم معين من المياه ويعبر عنها بـ (mg/l) وتستخدم من أجل توصيف حال البحيرة [5].

1-2-1 أشكال الفوسفور:

- ❖ الفوسفور الكلي (TP) وهو يشير إلى جميع أشكال الفوسفور (جزئي ومنحل) يدخل الفوسفور إلى البحيرة أحياناً بأشكال لا تستطيع الطحالب امتصاصه لأجل عملية نموها.
- ❖ الفوسفور المنحل (SRA) وهو الذي يدعم نمو الطحالب.
- ❖ الفوسفور الجزئي العضوي المنحل.
- ❖ الفوسفور الجزئي غير العضوي المنحل.
- ❖ الفوسفور الجزئي العضوي غير المنحل.
- ❖ الفوسفور الجزئي غير العضوي غير المنحل [5].

1-2-1-3 مصادر التلوث بالفوسفور:

يصل الفوسفور إلى مياه البحيرة عن طريق:

1. مصادر خارجية:

وتشمل المصادر النقطية واللائقظية الموجودة في الحوض الساكب. إن وصول الفوسفور إلى مياه البحيرة من الغلاف الجوي atmospheric deposition يصنف على أنه وصول لا نقطي ويعتبر الهطل المطري بالحوض الساكب للبحيرة من المصادر المهمة لوصول الفوسفور للبحيرة.

2. مصادر داخلية:

وهي مصادر من داخل البحيرة، مثل الرواسب في قاع البحيرة.

توجد ثلاثة أنواع لدورة الفوسفور ضمن البحيرة:

❖ الانتقال ضمن الحوض: وهو يتضمن انتقال الفوسفور من أطراف البحيرة (مكان

تصريف حمولات التلوث) إلى مركز البحيرة.

❖ إعادة التدوير ضمن عمود المياه والتي تتضمن خلط كامل للفوسفور عن طريق

امتصاصه من قبل الطحالب ومن ثم تحرره بعد موت الطحالب.

❖ تحرير الفوسفور من طبقة الرواسب بسبب تفكك الكائنات الحية.

وتلعب المصادر الداخلية للفوسفور دوراً هاماً في تأخر استجابة نظام البحيرات من أجل خفض

حمولات الفوسفور القادمة من المصادر الخارجية. لدراسة ومعالجة مشاكل التشبع الغذائي في

البحيرات لابد من متابعة ودراسة مصادر المغذيات القادمة إلى البحيرة والتي تؤدي إلى نمو

الطحالب. لقد تم وضع وتطوير العديد من النماذج لمحاكاة حمولات الفوسفور والنتروجين في

الجريانات. استخدمت هذه النماذج لأغراض منها:

❖ تحديد حمولات المغذيات.

❖ تحديد نسبة مساهمة كل من مصادر التلوث في حمولة المغذيات

❖ تحديد فعالية التحكم بالملوثات الواصلة إلى البحيرات [5].

1-3 تلوث البحيرات بالمغذيات

أجريت دراسات متعددة على تلوث البحيرات بالمغذيات ولاسيما على استجابة نظام البحيرات

البيئي لحمولة المغذيات بدءاً من العمل الذي قام به العالم (Schindler et al;1974) على

الفوسفور كمغذي يحد من الطحالب.

1-3-1 نماذج حساب الفوسفور:

يوجد العديد من الموديلات الرياضية التي تشرح آلية انتقال الفوسفور من التربة إلى المياه ومنها

-Soil and Water Analysis Tools (SWAT)

-Hydrological Simulation Program FORTRAN (HSPF)

– System Hydrological European Transport (SHETRAN)/Grid Oriented Phosphorus Component(GOPC)

طبقت هذه الموديلات على ثلاثة أحواض ساكنة في أيرلندا لمعرفة مدى ملائمة هذه النماذج لشروط المنطقة من أجل استخدامها في المستقبل في عملية تقييم جودة المياه وتضمنت ثلاث موديلات لمقارنة وتقييم التدفقات اليومية وقيمة الـ TP وذلك بعد عملية معايرة أجريت في البداية ووجد أن الموديل (HSPF) أعطى النتائج الأفضل بالنسبة لعملية محاكاة التصريف اليومي الوسطي بينما أعطى الـ (SWAT) نتائج أفضل لمعايرة حمولات الـ TP اليومي وبالنسبة لحمولة الـ TP السنوية لم يتم إيجاد نموذج (موديل) وحيد من أجل تقديرها في الأحواض المطبق عليها هذه الموديلات [6].

كما تم وضع وتطوير موديلات رياضية طبقت على بحيرتين في برلين اعتمدت هذه الموديلات على مبدأ توازن الكتلة

Empirical and Dynamic Lake – specific model والتي تسمى اصطلاحياً Management models.

وتم استخدام نموذج Management models من أجل:

أ- حساب تركيز الفوسفور في مياه البحيرة بالاعتماد على إحصاءات لتراكيز الفوسفور في مياه البحيرة على مدى 20 سنة.

ب- تخمين (تقدير) وفهم العمليات والعوامل المفتاحية التي تحدد توازن كتلة الفوسفور في مياه البحيرة.

ت- تحديد التأثيرات الناتجة عن إدارة مصادر التلوث من أجل خفض تراكيز الفوسفور في البحيرتين.

بواسطة تطبيق النموذج المذكور تم تحديد الفرق بين حمولة الفوسفور الخارجية والداخلية في مياه البحيرة عن طريق تأسيس توازن للفوسفور، واستخدام النموذج المذكور لتقدير انتقال الفوسفور من الرواسب [7].

تمت دراسة عملية تبادل الفوسفور بين طبقة المياه وطبقة الرواسب باستخدام موديل رياضي لتبادل الفوسفور بين طبقة المياه والرواسب في بحيرة Onondaga في نيويورك ويعتمد هذا

الموديل على أساسيات توازن الكتلة ويحاكي انطلاق الفوسفور كتابع لمعدلات الترسيب، الإدمصااص، المجر والانتشار لجزيئات الفوسفور.

طبق هذا الموديل من أجل التنبؤ بـ:

1. مدى التغير الحاصل في محتوى الرواسب في البحيرة من الفوسفور نتيجة انخفاض حمولات الفوسفور القادمة للبحيرة.

2. معدلات الفوسفور المنطلق من الرواسب بالعلاقة مع تغير حمولة الفوسفور الخارجية القادمة للبحيرة [8].

إن عملية التشبع الغذائي يمكن أن تسبب انتقال تغير الوضع الفيزيائي للبحيرة بحيث تصبح مياهها عكرة وذلك عندما يتجاوز تركيز الفوسفور قيمته الحدية. تم نمذجة آليات انتقال المغذيات عن طريق وضع نموذج PC lake. وهو موديل ديناميكي يحاكي دورة المغذيات في البحيرات الضحلة القليلة العمق ويتضمن أهم التفاعلات البيئية الهامة التي تحدد ماهية هذه البحيرات بالنسبة لعكارة المياه.

الحالة العكرة (حيث تكون الطحالب والـ Phytoplankton هي السائدة)

الحالة النقية (حيث تكون الـ Macrophyte هي السائدة)

يأخذ هذا النموذج بعين الاعتبار الطبقة العلوية من الرواسب وذلك بسبب تفاعلها القوي مع مياه البحيرة [9].

1-3-2 تحديد حمولات التلوث:

قام مجموعة من الباحثين بدراسة التحكم بحمولات التلوث المسموح وصولها (إعادة توزيع الحصص) من مصادر نقطية وأخرى غير نقطية إلى المصادر المائية وتأثيرها على المصادر المائية. استخدم نموذج (E-RO) وبمساعدة برنامج الـ GIS لتحديد العلاقة بين جودة مياه الأنهار وحمولات التلوث التي يتم صرفها إليها وتم تحديد تأثير علاقة مصادر التلوث النقطية وغير النقطية على آلية انتشارها.

طبق هذا النموذج على أحد الأنهار وذلك لتحديد مواقع بديلة لصرف حمولات التلوث المسموحة لتحسين جودة مياه النهر.

يتضمن نموذج (É-RO) عدد كبير من المتغيرات والثوابت. يتم حساب حمولة التلوث (COD – BOD) المسموحة الكلية عند حدها الأعلى لكل مصدر تلوث أو مصب. استخدم هذا النموذج وتم اقتراح مجموعة حلول هي: solution A – solution B–solution C

الاقتراح الأول تحقيق الحد الأقصى من حمولة التلوث الكلية المسموحة خاصة حمولة المصادر غير النقطية ورفض بقية الأهداف وقيمة هذه الحمولة هي الأكبر مقارنة ببقية الحلول ولكن قد يؤدي بالمقابل إلى تدهور في جودة مياه النهر.

تم اقتراح الحل الثاني من أجل تحسين جودة مياه النهر والمحافظة على الحالة البيئية للنهر هذا يتطلب هذا الحل منع صرف بعض مصادر الصرف الصحي أو الصناعي إلى النهر.

مقارنة بالحلين السابقين فإن الحل الثالث يعتبر هو الحل الأمثل لتحسين جودة مياه النهر بنسبة مرتفعة على الرغم من زيادة حمولة التلوث الكلية المسموحة. إن تطبيق متطلبات هذا السيناريو يجعل من الممكن وبشكل فعال زيادة وتحسين جودة مياه النهر [10].

طبق نموذج الـ SWAT على الأحواض الساكنة الكبيرة، وكذلك على الأحواض الساكنة الصغيرة. ولحساب حمولات التلوث اليومية الأعظمية (TMDL) (Total Maximum Daily Load) [11].

1-3-3 مساهمة المصادر النقطية واللاقطية في حمولات التلوث:

تم التركيز في بعض الدراسات على تقسيم ودراسة مصادر التلوث وتحديد نسب التلوث القادمة منها خلال الطقس الجاف والطقس الرطب. تم تطبيق موديل محاكاة جودة المياه (USEPA-QUAL2E) ونموذج تحليل العامل (FA) (Factor Analysis). تم تقسيم مصادر تلوث المياه حسب (USEPA-QUAL2E) و (FA). طبقت هذه الدراسة على حوضين ساكنين مختلفين في إيطاليا باستخدام عوامل خاصة تابعة لاستخدامات الأراضي في ظروف الطقس الرطب والطقس الجاف.

اعتمدت محاكاة موديل الـ QUAL2E على التقديرات المباشرة لحمولات التلوث النقطية الداخلة للمصادر عند تجمعها. يحتاج الموديل إلى معاملات خاصة مثل: -معامل المكافئ السكاني PE - فعالية عملية المعالجة. بالنسبة لنمذجة المصادر غير النقطية فقد تم استعمال عوامل استخدام مساحات الأراضي. وعند حساب حمولات التلوث الصناعية (على الرغم من مساهمتها القليلة في حمولة المغذيات ومن حمولة التلوث العضوي) استخدمت معاملات خاصة

(L/E Load for Employee) لكل ملوث مختار [12].

بنفس أسلوب المعالجة تم دراسة وتقسيم مصادر التلوث في حوض نهر Dese-Zero الذي يقع في القسم الشمالي الشرقي من الحوض الساكب لبحيرة Venice في إيطاليا وطبق نموذجان مختلفان لدراسة تأثير مصادر التلوث على النهر:

-موديل QUAL2E لمحاكاة عملية انتقال الملوثات في الحوض الساكب في ظروف الطقس الجاف للمصادر النقطية.

- موديل Basin-Swat لمحاكاة عملية انتقال الملوثات في الحوض الساكب في ظروف الطقس الرطب للمصادر غير النقطية.

وقد وجد أن التقسيم الكلي للمصادر في ظروف الطقس الجاف كمايلي:

20% مصادر نقطية توزعت التدفقات من محطات معالجة صرف صحي وصرف صحي مباشر للمياه السطحية وصرف صناعي.

80% توزعت من وصول المياه الجوفية في فصل الربيع وروافد قنوات الري القادمة من الأحواض الساكبة المجاورة

في الفصل المطري قسمت الحمولات الواصلة كمايلي:

30% حمولات قادمة من الجريان السطحي

15% حمولات قادمة من المصادر النقطية

55% من المياه الجوفية وقنوات الري من الأحواض الساكبة المجاورة[13].

ويمكن استخدام نموذج الـ SWAT من أجل تحديد نسبة مساهمة كل من المصادر النقطية واللاقطية في حمولات التلوث القادمة من الحوض الساكب. أظهرت بعض الدراسات أن المصادر غير النقطية تعتبر المساهم الأكبر في حمولات التلوث القادمة إلى البحيرة من الحوض الساكب وقد وصلت نسبة مساهمتها إلى 95% من حمولة الملوثات الكلية وأن 5% من الحمولة المتبقية تأتي من المصادر النقطية ويفسر هذا الأمر بسبب قلة المنشآت الصناعية وتصريف المجاري في البحيرة وكذلك بسبب استثمار مساحة الحوض الساكب المستخدم في أجزاء منه للنشاط الزراعي وتعتبر الزراعة هي المساهم المسيطر في التلوث غير النقطي وأن حمولة الملوثات مرتبطة بنسبة مساحة الأراضي الزراعي [14].

وفي دراسة أخرى تم نمذجة جريان 22 ألف ميل من مجاري الأنهار باستخدام تطبيقات الـ GIS وجد أن 72% من المنطقة المدروسة يتأثر بمصادر التلوث غير النقطية القادمة من الأراضي الزراعية و 11% ملوثة بمياه السيول والأعاصير و 7% من الملوثات يأتي من المصادر النقطية [15].

ولتعقب مصادر الفوسفور النقطية واللائقطة تم تقييم مدى ملائمة مواد ملونة قابلة للتعقب بواسطة أجهزة خاصة مثل الرادومين من أجل استخدامها كمؤشرات لتعقب وتحديد مصادر الفوسفور النقطية واللائقطة ضمن الحوض الساكب Table Rock Lake في جنوب نهر ميسوري في الولايات المتحدة. تم تقييم هذه الأنواع تبعاً للقدرة على تتبعها وعدم قابلية امتزاجها وترسبها لأجل التنبؤ بالتراكيز الصحيحة للفوسفور المقاس. تم إجراء أربعة قياسات في 15 موقع في سنة واحدة من أجل قياس تراكيز الفوسفور المنحل الكلي طرق التحليل الحديثة حساسة بما فيه الكفاية لتقدير معظم الأنواع الكيميائية في كل من المصادر والمياه المستقبلية ومصادر تزويد مياه الشرب وقد تم استخدام برنامج الـ GIS لتحديد مواقع الاختبارات الأمثلية المحتملة

الشوارد السالبة التي تم استخدامها: F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} وتم تحليلها عن طريق جهاز الكرموتوغرافيا

الشوارد الموجبة التي تم استخدامها: Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ وتم تحليلها عن طريق

(Inductivity coupled plasma emission spectroscopy (ICP-OES))

وقد توصلوا إلى أن شاردة الـ Br- تعتبر مؤشر مثالي للتصريف الخارج من محطات المعالجة وأن شاردة F- تعتبر مؤشر مفيد للتمييز بين مياه الصرف الخارجة من محطات المعالجة والتي تم معالجتها بالفلورايد وبين المياه التي لم يتم معالجتها بالفلورايد [16].

1-3-4 التحكم بمصادر التلوث ودراسة تأثير استخدامات الأراضي:

أظهرت بعض الدراسات التي قام بها مجموعة من العلماء تغير تركيز المغذيات القادمة مع الجريان السطحي مع تغير أنواع واستخدامات الأراضي في الأحواض الساكبة. لقد مكنت هذه النتيجة من التحكم بمصادر التلوث غير النقطي.

طبقت سيناريوهات مختلفة للتحكم بمصادر التلوث ضمن الحوض الساكب لبحيرة في السويد قاموا بوضع موديل لانتقال الفوسفور والجزيئات العالقة من وإلى مياه البحيرة Lake Ecosystem

Effect Dose-Sensitivity الذي يعرف بـ LEEDS تم تطبيق هذا النموذج على البحيرة تحت سيناريوهين:

1. في حال زيادة انتاج المصانع الواقعة على البحيرة بنسبة 40%.
 2. في حال خفض كميات الفوسفور الواصل من الأراضي الزراعية لمياه البحيرة.
- لم يلاحظ في السيناريو الأول تأثيرات ملحوظة (تأثيرات مهملة) على جودة المياه. لوحظ ازدياد تركيز الفوسفور المنحل (0.3%) والـ COD (0.8%) وتناقص الـ sechi depth (0.2%) التأثير الأكبر والملاحظ شوهد في السيناريو الثاني حيث أنه عندما تم خفض كمية الفوسفور القادم من الأراضي الزراعية فقد نقصت حمولة الفوسفور بنسبة 21% في مياه البحيرة كما أن تناقص الـ COD (22%) وازداد الـ sechi depth (6%) ونقص الفوسفور المنحل (13%) [17].

في خصوص أهمية دور المصادر اللاقطية ومساهمتها الكبيرة في تلويث البحيرات تم تطوير موديل للتحكم الأمثلي بالمصادر اللاقطية للملوثات في الحوض الساكب في شمال تايوان. تم اقتراح مجموعة من الحلول للتحكم بهذه المصادر مثل:

Detention ponds-Grass swales-Buffer strips

تم إيجاد المواقع المثلى لها عن طريق استخدام برنامج الـ GIS وحدد معدل الإزالة لكل من الفوسفور والمواد العالقة من تلك الحلول حيث كانت نسبة الإزالة

- لـ Detention ponds (بحيرات احتجاز) 74%
- لـ Grass swale (أعشاب مستنقعية) 40%
- لـ Buffer strips (نطاق حماية) 35% [18].

أجري بحث لمعرفة خصائص الجريان السطحي ضمن الحوض الساكب لنهر Beiyunhe في الصين والذي يحوي على ثلاث أنواع من استخدامات الأراضي وهي: أراضي زراعية - غابات وقرى. تم مراقبة ومقارنة تراكيز المغذيات (N&P). أظهرت النتائج أن التراكيز الوسطية لـ TP في الأراضي الزراعية 0.44 mg/l < القرى 0.22 mg/l < الغابات 0.17 mg/l وقد كانت الدقة الأولى لجميع المؤشرات واضحة عند استخدامات الأراضي الثلاثة وفق الترتيب القرى > الغابات > الأراضي الزراعية

ولوحظ أن التراكيز الوسطية لـ TP&TN في الجريانات الواصلة من القرى والأراضي الزراعية المحيطة أعلى بـ 2-5 مرات منها في أراضي الغابات. تم تعليل هذا الأمر بسبب التلوث بالصرف الصحي والمواد المستخدمة لأغراض الزراعة ولاسيما الأسمدة والمبيدات الحشرية التي تنتج تلك المغذيات [19].

لمعرفة دور الزراعة واستخدامات الأراضي تم دراسة تأثير استعمال السماد على حمولة الفوسفور في الجريانات وآلية انتقاله إلى بحيرة Ulubat في تركيا. تم تطبيق برنامج الـ SWAT لمحاكاة حمولة الفوسفور من المصادر النقطية واللاقطية وكذلك العمليات الفيزيائية المرتبطة بحركة المياه والرسوبيات ونمو المزروعات ودورة المغذيات. يحاكي الـ SWAT حركة انتقال العديد من أشكال الفوسفور. وأظهرت نتائج الدراسة أنه عندما تم مضاعفة كمية الأسمدة الزراعية المستخدمة فإن حمولة الفوسفور قد ازدادت 32% وعندما تم تخفيض استخدام الأسمدة الزراعية في الحقول بنسب 20,30,50% فإن انتقال الفوسفور إلى البحيرة قد سجل 6,10,16% بالترتيب، لوحظ أن العلاقة بين حمولة الفوسفور ومعدلات تطبيق الأسمدة الزراعية كانت خطية [20].

ويستخدم نموذج الـ SWAT الذي يعتمد على قاعدة فيزيائية للتنبؤ بتأثير استخدامات الأراضي على مواصفات المياه والرواسب وحمولة المغذيات لفترات طويلة من الزمن، ولقد شاع استخدام البرنامج المذكور من أجل تقييم جودة المياه والتغيرات الكمية في الأحواض المائية والتي لها علاقة باستخدامات الأراضي الزراعية.

طبق الـ SWAT في العديد من الدراسات ومنها الدراسة التي أجريت على بحيرة gucheng التي تقع أسفل نهر Yangte في اليابان. تم محاكاة تدفق الجريان وحمولات المغذيات. أظهرت عملية المعايرة للنموذج ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالنمذجة والقيم المقاسة تقارباً معقولاً أعطت عملية المحاكاة تصوراً وفهماً أفضل لآلية تدفق الجريان وحمولة المغذيات بالنسبة للتغيرات التي تنشأ نتيجة استخدامات الأراضي وعمليات الزراعة والهطل المطري [21].

1-3-5 استخدام نظام الـ GIS في عمليات تحليل الحوض الساكب:

هناك توجه واضح ومتزايد حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية بتطبيقاته المختلفة في دراسات تلوث المياه، من الاستخدامات الواسعة لبرنامج الـ GIS إمكانية تحديد حمولة المياه من الملوثات والرواسب وتقييم المشاكل البيئية الناتجة عن التغير في استخدامات الأراضي. استخدم البرنامج لتحديد مصادر التلوث غير النقطي وتحديد المواقع ومساحاتها المسببة للتلوث [22].

تكمن أهمية البرنامج في استخدامه لتطوير أساليب العمل من خلال وضع أسس صحيحة لاستغلال وتنمية الموارد المائية لمراقبة التلوث، والفيضانات، إدارة الأحواض الساكنة، نمذجة الجريان المطري، إدارة المياه الجوفية، تحديد مصادر مياه الشرب [23].

وفي دراسات عديدة تم استخدام برنامج الـ GIS في عمليات تحليل انتقال الملوثات في الحوض الساكن ومنها الدراسة التي هدفت إلى تأمين معلومات تقنية ذات صلة بالعمليات الطبيعية التي تجري في الحوض الساكن والتنبؤ بالتأثيرات الناجمة عن سيناريوهات الإدارة البديلة يتكون نظام الـ (WCMS):

The watershed Characterization and Modeling System Software Application

- موديل محاكاة التدفق الذي يؤمن المواقع المثلى لأخذ العينات.

- موديل لتحديد سرعة الجريانات.

- موديل لمحاكاة جودة المياه.

- موديل لتحديد مستويات التلوث [24].

وقد برهنت بعض الدراسات على إمكانية استخدام تطبيق طريقة التحليل المكاني Spatial Analyst في فهم بيانات تلوث مجاري الأنهار في الأحواض المائية في مقاطعة تورينو شمال إيطاليا. تمت دراسة مؤشر بيئي واحد وهو عدد البكتيريا البرازية الكولفورمية وجد الباحث أن استخدام منهجية تطبيقات التوزيع المكاني للملوثات في برنامج الـ GIS مع ملاحظة علاقتها مع عدد السكان في القرى والمدن المجاورة للمصدر المائي أعطى نتائج قريبة من النتائج المقاسة [25].

استخدم نظام الـ GIS في نمذجة نوعية المياه وذلك عبر الخيار Schematic Network Processing وذلك لحساب حمولات النتروجين [26].

مؤخراً تم تسليط الضوء على طرق تقييم والتحكم بمصادر التلوث غير النقطية ومعظم هذه الطرق عبارة عن موديلات وبرامج حاسوبية مرتبطة بنظم المعلومات الجغرافية.

الفصل الثاني

منطقة الدراسة

مقدمة:

يقع حوض الساحل السوري على الشاطئ الشرقي للبحر المتوسط، يوجد في الحوض حوالي 21 نهر رئيسي تجري باتجاه جنوب غرب، يعتبر نهر الكبير الشمالي الذي يصب جنوب مدينة اللاذقية أكبر هذه الأنهار ولقد تم إنشاء العديد من السدود على مجاري هذه الأنهار وأغلب هذه السدود مخصصة للري ومنها سد الثورة على نهر الصنوبر.

2-1 منطقة الدراسة: study area

منطقة الدراسة هي الحوض الساكب لبحيرة سد الثورة على نهر الصنوبر.

2-1-1-2 المواصفات العامة لحوض سد الثورة:

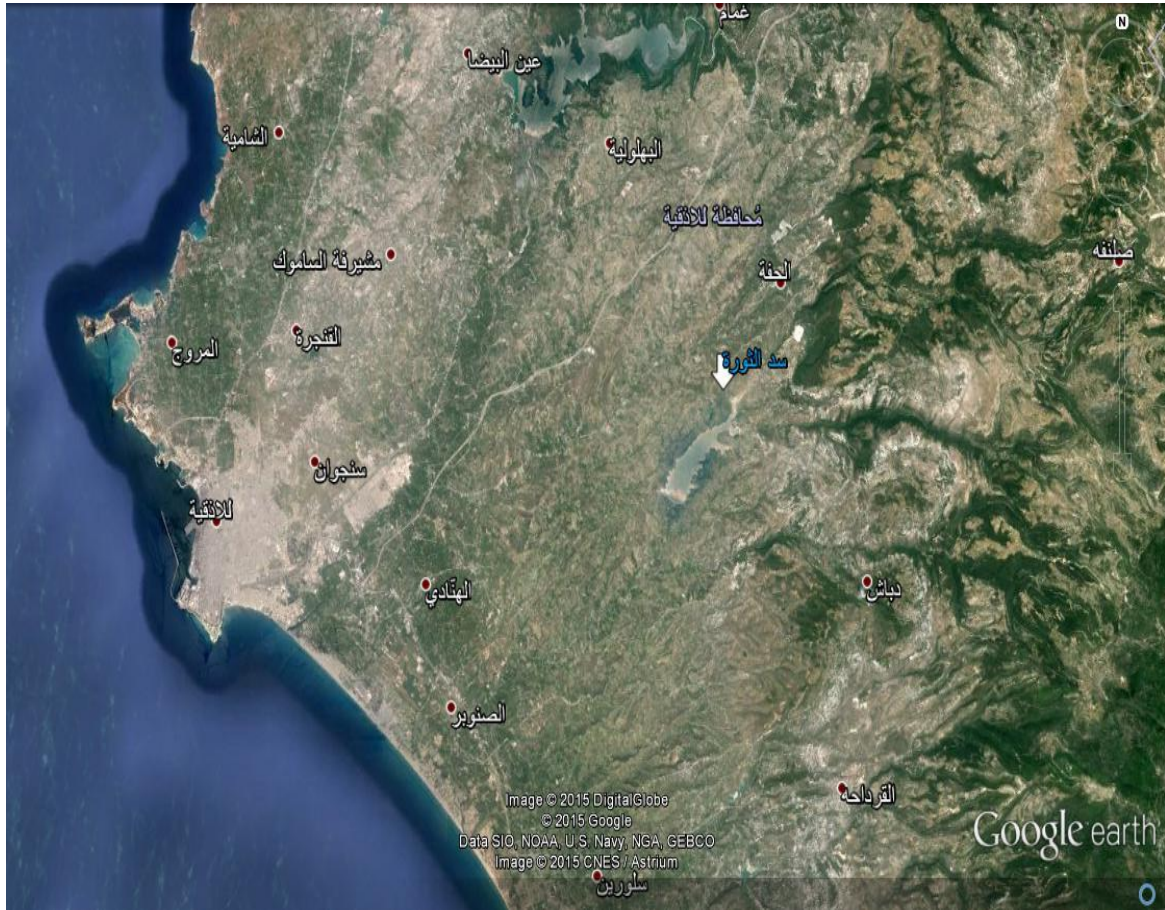
2-1-1-1-2 الموقع:

تقع منطقة الحوض الساكب لنهر الصنوبر في الجزء الشمالي الغربي من الجمهورية العربية السورية على المنحدرات الغربية لمنطقة الجبال الساحلية ومن الشمال تتاخم منطقة الحوض الساكب للنهر الكبير الشمالي، أما من الجنوب فهي تتاخم منطقة الحوض الساكب لنهر ديفة ويجري من جهة الغرب إلى البحر الأبيض المتوسط على بعد حوالي 15 كم من اللاذقية الشكل (2-1).

أعلى نقطة في منطقة الحوض الساكب هي قمة جبل متى البالغة 1562م. تتحدر السفوح في الأجزاء العليا بشدة من الشرق إلى الغرب. القسم الأكبر من تضاريس الأرض جبلية وكثيرة التلال، تتنوع المنحدرات الطولية والمائلة من 10% إلى 50%. في الأجزاء الأكثر علواً يوجد العديد من المنخفضات، تقطع المنحدرات بالعديد من الأنهار الصغيرة والأنهار الأكبر نسبياً والجداول الصغيرة، بالقرب من قاع النهر الرئيسي تصبح منطقة الحوض الساكب للنهر أكثر تموجاً، وتصبح المنحدرات أكثر انحداراً وحول قاع النهر تصبح عمودية تقريباً.

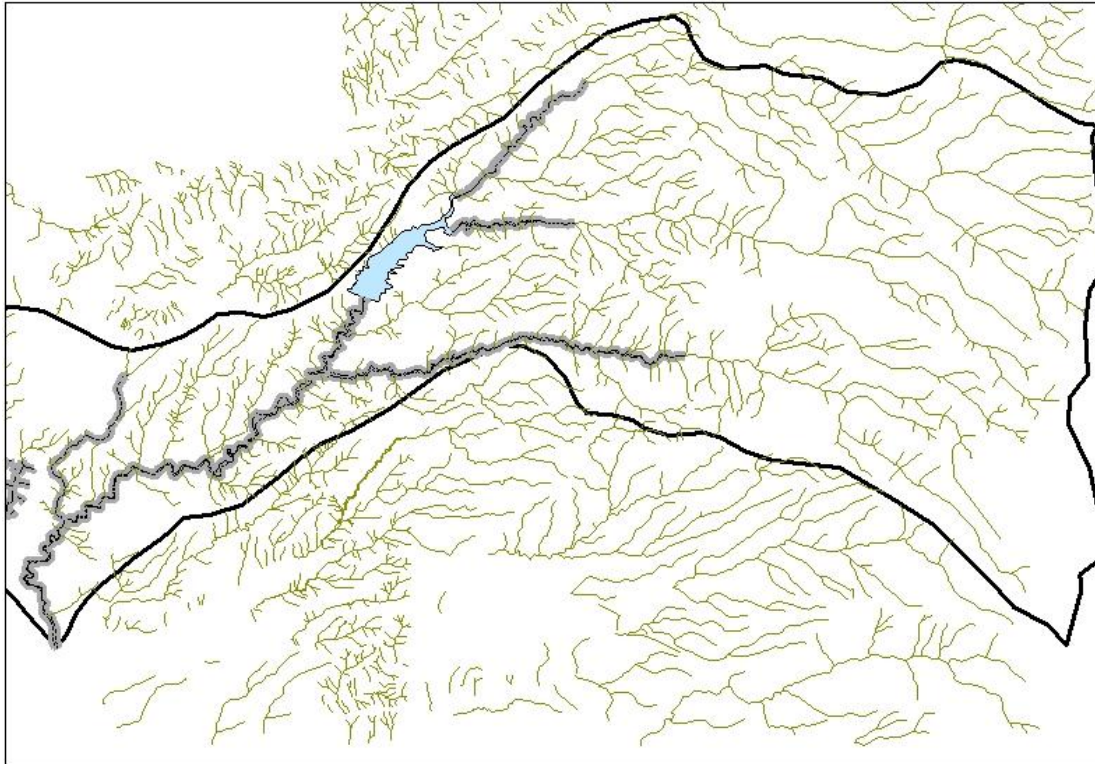
إن شكل منطقة الحوض الساكب غير منتظم، ممدود ومطول إلى حد ما الشكل (2-3). معدل العرض حوالي 8 إلى 10 كم لسد الثورة و4 كم لسدة تحويل ديفة. معدل الطول هو حوالي 20 كم لسد الثورة حوالي 18 كم لسدة تحويل ديفة [27].

أن منطقة الحوض الساكب هي معرأة بشكل كامل من الأشجار، توجد بعض الأشجار والشجيرات الكثيفة المنعزلة فقط في الجزء الأعلى، وخلال فصلي الربيع والصيف تكون الأجزاء المنخفضة مغطاة بأعشاب متناثرة غير كثيفة. يبين الشكل (2-2) خريطة الحوض الساكب لنهر الصنوبر ضمن الحوض الساحل، أما الشكل (2-3) يبين الحوض الساكب لنهر الصنوبر وسد وبحيرة الثورة، ويبين الشكل (2-4) منظر عام لبحيرة الثورة.



الشكل (2-1) صورة فضائية لبحيرة سد الثورة

الحوض الساكب لبحيرة سد الثورة



0 4 8 16 Kilometers

- المسيلات المائية
- نهر الصنوبر
- بحيرة سد الثورة
- الحوض الساكب



الشكل (2-3) خريطة الحوض الساكب لنهر الصنوبر والسدود والبحيرات المقامة عليه



الشكل (2-4) منظر عام لبحيرة سد الثورة

2-1-1-2 النهر والوادي النهري:

نهر الصنوبر هو واحد من الأنهار الهامة في المنطقة الساحلية في سوريا. يستمد ارتفاعه في المنحدرات الغربية من منطقة جبال الساحل على ارتفاع ما يقارب 1300م ويتشكل العديد من الجداول والأنهار الصغيرة. واستمد اسم الصنوبر بسبب تكوينه النهر الناشئ من التقاء أهم رافدين وهما نهر طرجانو ونهر ديفة يسير هذان النهران قبل بلوغهما نقطة الالتقاء بشكل شبه متوازي في الاتجاه الغربي. وادي النهر عميق جداً حيث يصل العمق في بعض المناطق من 350 إلى 400 م ويتراوح العرض من 1 إلى 2 كم. منحدرات الوادي شديدة الانحدار مجردة من الغابات شبه عمودية في بعض الأماكن مع غطاء تربة غير كثيف ومتناثر وهناك مدرجات زراعية في بعض المناطق وبالرغم من أن هذه المدرجات صغيرة جداً إلا أنها تحرت وتزرع. تقطع منحدرات الوادي بعدة جداول صغيرة شديدة الانحدار. وفي حال الأمطار الغزيرة يجري الفيض المؤلف من المياه والرواسب مباشرة إلى قاع النهر الذي يكون في امتداداته العلوية جيد التكوين منحدرًا بعمق إلى الأسفل حيث يتراوح هذا العمق 10-15 م إلى 50-100 م. والقعر مغطى بحصى خشنة وصخور كبيرة متفرقة ذات أقطار تصل إلى 0.5 م في هذا الامتداد يوجد

كمية صغيرة من الرمل باعتبار أن المنحدر هنا شديد الميل لذا فإنه يستقر في الامتداد السفلي للنهر. انحدار النهر في الجزء الجبلي شديد الميلان يصل إلى 60-70% درجة وينقص في الامتداد المتوسط والسفلي إلى 36.5% بالنسبة لسد الثورة، و 48.9% بالنسبة لسدة تحويل ديفة [27].

2-1-1-3 تعريف سد الثورة:

إن سد الثورة عبارة عن سد حجري ركامي بنواة من المواد الغضارية وثلاثة طبقات من الفلاتر الانتقالية.

الارتفاع الأعظمي للسد 82.7 م. الطول عند القمة 1150 م ميول الوجه العلوي من القمة وحتى المنسوب 121.2 يعادل 2/1 والميل الأدنى منه يعادل 2.75/1. ميول الوجه السفلي متغيرة وتعادل 2/1. عند القمة و 2.75/1 عند الأساسات. إن صخور الأساس عبارة عن صخور مارلية وغضارية رملية والعنصر الكتيم عبارة عن نواة مركزية غضارية، عرض القمة 8 م [27].

2-1-2 المواصفات الهندسية للحوض الساكب:

• مساحة الحوض الساكب:

تصل مساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر حوالي 266 كيلو متر مربع

• طول الحوض:

بلغ طول الحوض الساكب الناتج عن رسم أطول خط مستقيم بين مصب النهر وأبعد نقطة 21km

• العرض الوسطي للحوض الساكب:

بلغ العرض الوسطي للحوض الساكب 6.81 km (مساحة الحوض / طول الحوض).

2-1-3 المعاملات المورفومترية (التبخر-الحرارة - رطوبة الهواء النسبية)

درجة الحرارة: لقد تمت دراسة النظام الحراري لطبقة الهواء القريبة من السطح لحوض نهر الصنوبر وذلك من خلال محطة رصد الثورة.

بالقياسات العظمى: يتراوح المتوسط السنوي لدرجة الحرارة بين 22.91 درجة مئوية و 22.13 درجة مئوية. يمكن أن تصل درجة الحرارة العظمى المطلقة إلى (30.19) درجة مئوية في شهر آب والصغرى المطلقة (12.87) درجة مئوية في شهر كانون الثاني كما هو موضح بالجدول (2-1). في القياسات الصغرى: يتراوح المتوسط السنوي بين (17.44) درجة مئوية و (16.01) درجة مئوية وتصل درجة الحرارة العظمى المطلقة إلى (24.49) درجة مئوية في شهر آب والصغرى المطلقة (8.52) درجة مئوية في شهر كانون الثاني كما هو مبين في الجدول (2-2).

جدول (2-1) يبين المتوسطات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة العظمى في منطقة الحوض الساكب [28].

| المتوسط الشهري | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | السنة |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 12.87 | 13.2 | 11.24 | 12.8 | 12.27 | 13.38 | 12.82 | 13.87 | 11.67 | 14.6 | كانون(2) |
| 14.54 | 14.2 | 13.8 | 14.5 | 14.51 | 14.6 | 13.74 | 11.08 | 16.3 | 15.31 | شباط |
| 17.94 | 16.23 | 20.52 | 17.8 | 17.24 | 18.5 | 19.56 | 13.74 | 18 | 19.91 | آذار |
| 20.41 | 19.8 | 21.98 | 19.1 | 19.91 | 22.2 | 22.1 | 18.74 | 18.7 | 21.4 | نيسان |
| 24.58 | 24.15 | 23.5 | 26.02 | 24.24 | 24.95 | 23.4 | 27.64 | 23.1 | 24.2 | أيار |
| 28.33 | 29.28 | 29.61 | 28.3 | 27.33 | 27.46 | 28.4 | 28.74 | 26.69 | 28.9 | حزيران |
| 29.91 | 24.83 | 29.8 | 30.4 | 28.58 | 29.33 | 31.6 | 30.6 | 29.7 | 29.33 | تموز |
| 30.19 | 24.96 | 30.27 | 29.34 | 29.73 | 30.9 | 29.88 | 31.44 | 29.71 | 30.44 | آب |
| 28.35 | 27.96 | 28.2 | 29.2 | 28.8 | 25.67 | 29.7 | 29.2 | 28.56 | 27.84 | أيلول |
| 25.68 | 25.3 | 24.26 | 26.98 | 24.2 | 23.8 | 28.9 | 26.35 | 26.2 | 25.15 | تشرين(1) |
| 19.81 | 21.29 | 20.02 | 20.6 | 18.4 | 18.4 | 21 | 20.04 | 20.84 | 17.7 | تشرين(2) |
| 14.17 | 15.6 | 14.25 | 14.97 | 12.98 | 16.31 | 13.8 | 14.5 | 11.78 | 13.3 | كانون(1) |
| | 22.23 | 22.29 | 22.5 | 21.52 | 22.13 | 22.91 | 22.37 | 21.79 | 22.34 | المتوسط السنوي |

جدول (2-2) يبين المتوسطات السنوية والشهرية لدرجات الحرارة الصغرى في منطقة الحوض الساكب:
[28].

| المتوسط الشهري | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 | 2004 | 2003 | 2002 | 2001 | السنة |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 8.52 | 8.76 | 6.5 | 8.96 | 8.46 | 8.4 | 8.83 | 9.94 | 6.86 | 9.96 | كانون(2) |
| 9.57 | 9.89 | 9.25 | 11.2 | 9.97 | 9.5 | 9.14 | 6.55 | 10.4 | 10.27 | شباط |
| 12.32 | 11.3 | 14.7 | 12.5 | 12.12 | 11.99 | 12.79 | 8.88 | 12.2 | 14.4 | آذار |
| 14.85 | 14.35 | 16.4 | 13.91 | 16.4 | 15.66 | 15.13 | 13.13 | 13.8 | 14.9 | نيسان |
| 18.15 | 17.7 | 18.13 | 20.3 | 18.03 | 17.85 | 17.6 | 19.41 | 16.5 | 17.86 | أيار |
| 21.55 | 22.62 | 22.73 | 22.24 | 21.99 | 20.17 | 21.28 | 20.76 | 21.1 | 21.1 | حزيران |
| 23.77 | 24.1 | 24.1 | 24.8 | 23.46 | 22.41 | 24.1 | 23.93 | 23.99 | 23.01 | تموز |
| 24.49 | 24.26 | 25.45 | 25.1 | 24.7 | 24.07 | 23.64 | 24.94 | 23.98 | 24.31 | آب |
| 22.25 | 21.65 | 23.2 | 23.5 | 22.6 | 19.4 | 22.83 | 22.5 | 22.14 | 22.45 | أيلول |
| 19.46 | 18.97 | 19.11 | 21.12 | 18.26 | 17.82 | 21.33 | 19.89 | 19.14 | 19.25 | تشرين(1) |
| 14.38 | 15.5 | 15.55 | 15.3 | 12.5 | 13.23 | 15.5 | 14.51 | 14.69 | 12.6 | تشرين(2) |
| 9.65 | 11 | 9.5 | 10.4 | 8.13 | 11.56 | 8.6 | 10.54 | 7.35 | 9.8 | كانون(1) |
| | 16.68 | 17.05 | 17.44 | 16.39 | 16.01 | 16.73 | 16.25 | 16.01 | 16.66 | المتوسط السنوي |

التبخّر: بالرغم من القرب من البحر الأبيض المتوسط إلا أن أهمية التبخر الحر لسطح المياه في المنطقة الساحلية من سوريا يعتبر كبيراً ويعزى ذلك إلى درجة حرارة الهواء العالية وهبوب الرياح المستمر. تتراوح قيمة التبخر الحر لسطح المياه من 1200 ملم في المحطات الواقعة على طول ساحل البحر إلى 1500-1600 ملم في المناطق الواقعة بعيداً عن الساحل. يبين الجدول (2-3) التالي قيم التبخر الكلي من سطح بحيرة سد الثورة [28]

الجدول (2-3) يبين قيم التبخر الكلي من سطح بحيرة سد الثورة

| التبخر mm | السنة |
|-----------|-------|
| 812.25 | 2004 |
| 993.75 | 2005 |
| 973.5 | 2006 |
| 1016.25 | 2007 |
| 969.75 | 2008 |
| 1062 | 2009 |
| 937.5 | 2010 |

وبالتالي قيمة التبخر الوسطية السنوية 966.4 مم/السنة

الرطوبة النسبية: وهي تعبر عن قدرة الهواء عند درجة حرارته الحالية على امتصاص كمية إضافية من الرطوبة وبالتالي كلما ازدادت درجة الحرارة كلما ازدادت قدرته على امتصاص بخار الماء. يبين الجدول (2-4) معطيات مراقبة محطة رصد الثورة لقيم الرطوبة الأعظمية [28].

الجدول (2-4) معطيات مراقبة محطة رصد الثورة لقيم الرطوبة الأعظمية بالنسبة المئوية%

| السنة | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | المتوسط الشهري |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| كانون(2) | 57.9 | 84.23 | 88.52 | 86.39 | 79.26 |
| شباط | 71.96 | 93.21 | 90.14 | 90.9 | 86.55 |
| آذار | 77.29 | 90.32 | 83.13 | 92.2 | 85.74 |
| نيسان | 80.9 | 88.77 | 74.13 | 93.7 | 84.38 |
| أيار | 83.81 | 87.03 | 91.87 | 94.74 | 89.36 |
| حزيران | 83.7 | 86.93 | 95.13 | 96.27 | 90.51 |
| تموز | 88.6 | 92.45 | 95.87 | 95.65 | 93.14 |
| أب | 90.74 | 91.55 | 88.77 | 95.84 | 91.73 |
| أيلول | 87.76 | 89.48 | 93.77 | 65.57 | 84.15 |
| تشرين(1) | 85.4 | 76.52 | 90.2 | 88.61 | 85.18 |
| تشرين(2) | 78.6 | 86.6 | 65.7 | 87.47 | 79.59 |
| كانون(1) | 74.2 | 92.3 | 82.8 | 85.13 | 83.61 |
| المتوسط السنوي | 80.07 | 88.28 | 86.67 | 89.37 | |

يبين جدول (2-5) معطيات مراقبة محطة رصد الثورة لقيم الرطوبة الصغرى بالنسبة المئوية%: [28]

| السنة | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | المتوسط الشهري |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| كانون (2) | 29.3 | 46.3 | 58.5 | 50.1 | 46.05 |
| شباط | 35.3 | 52.5 | 52.86 | 51.1 | 47.94 |
| آذار | 35.3 | 51.2 | 54.7 | 49.94 | 47.79 |
| نيسان | 39.64 | 55.3 | 55.3 | 52.5 | 50.69 |
| أيار | 45.94 | 42.32 | 50.9 | 54.23 | 48.35 |
| حزيران | 43 | 43.73 | 56.4 | 64.4 | 51.88 |
| تموز | 51.84 | 59.55 | 60.2 | 61.1 | 58.17 |
| آب | 57.1 | 52.87 | 53.5 | 63.2 | 56.67 |
| أيلول | 51.2 | 49.93 | 53.03 | 58.83 | 53.25 |
| تشرين (1) | 47.2 | 41.26 | 45.7 | 43.45 | 44.40 |
| تشرين (2) | 40.3 | 54.23 | 29.07 | 41.7 | 41.33 |
| كانون (1) | 40.6 | 58.9 | 45.65 | 47.1 | 48.06 |
| المتوسط السنوي | 43.06 | 50.67 | 51.32 | 53.14 | |

2-1-4 الوضع الجيولوجي والهيدرولوجي والمناخي

الصفات الجيولوجية للمنطقة: تتميز البيئة الجيولوجية لمنطقة الدراسة بـ:

- صخور سيليسية، تتألف من تربة حمراء بنية، كثيرة الانتشار على ساحل البحر، وتكثر في الاقاليم الشمالية التي تم التنقيب عنها في وادي نهر الكبير الشمالي، وتعود إلى الحقبة الثالث.
- صخور غضارية متنوعة، بالإضافة إلى الصخور الكلسية، لها الخصائص الرسوبية للبحر الأبيض المتوسط وتشمل الجزء الغربي والأجزاء الجبلية في المنطقة، وتعود إلى الحقبة الطباشيرية.
- مجموعة مركبة من الصخور مؤلفة من الغضار والرسوبيات الكلسية بسماكة 1200 m يعلوها ويدونها مجموعة من الأحجار الكلسية المتداخلة مع الفتات العضوي وأحجار الصوان، وتوجد في المنطقة الجبلية الجنوبية الغربية، وتعود للأزمنة الجغرافية القديمة.

• صخور رسوبية وعضارية متنوعة بسماكة 380 m، عليها طبقة طينية ترابية مترافقة مع أحجار كلسية رقيقة توجد في غرب مدينة الحفة وواديها، وتعود إلى العصر المينوسي المتوسط الحداثي.

• رسوبيات متجانسة نوعاً ما تطورت فأضحت مجموعة من الصخور الكلسية والطينية والرملية، بسماكة 460 m حيث هيمنت على المنطقة بأكملها، ولها أهمية بالغة من الناحية الجغرافية والزراعية وتعود للعصر البليوسيني الحديث.

• رسوبيات عضارية وترابية تتوضع في المنطقة الغربية من خط الحفة - القرداحة، نشأت من عوامل الطقس والتفتت والتعرية، لها صفات فيزيائية وكيميائية متشابهة بسماكة 2-5 m وقد تصل إلى 10 m في منحدرات بعض الوديان في المنطقة، وتعود إلى الزمن الكارترناري.

تترواح سماكة الطبقة العليا من التربة من 10 إلى 25 سم في التلال السفحية وتصل إلى 100 سم في السهل ووديان النهر. بشكل عام إن طبقة التربة في منطقة الحوض الساكب مناسبة لتشكيل تدفق فيض النهر بعد هطولات مطرية غزيرة خاصة في الشتاء والربيع عندما تكون أكثر حدوثاً وعندما تكون في نفس الوقت التربة تقريباً شديدة الرطوبة بشكل عام [29].

المناخ:

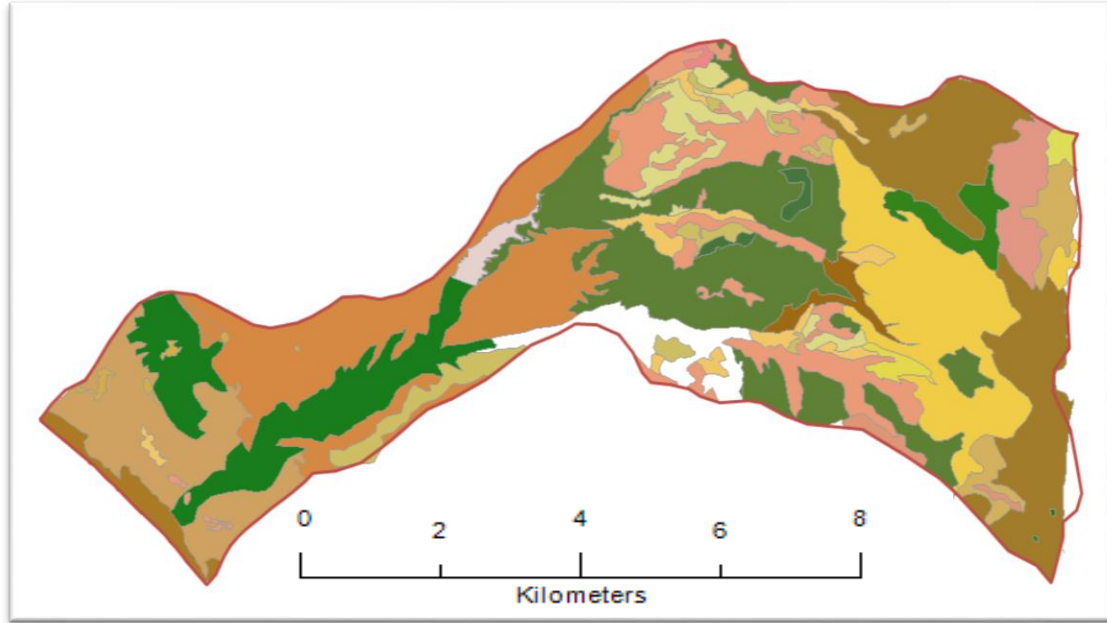
المناخ في منطقة الحوض الساكب متوسطي المظاهر الأساسية لهذا المناخ:

- هطولات مطرية متوزعة فصلياً يبدأ فصل الشتاء عادة في شهر أيلول أو تشرين الأول ويستمر حتى أيار أو حزيران تتكون كميات الهطل المطري في منطقة الحوض الساكب لنهر السنوبر بشكل رئيسي من المطر والهطولات الثلجية تكون في الأجزاء الأعلى من المنطقة خلال الشتاء لكنه سرعان ما يذوب، إن الصفة المميزة لهطول الأمطار هي عدم انتظام توزيعها خلال أشهر السنة، إذ تكون الأمطار غزيرة في أشهر الشتاء، أعلى قيمة لها في شهري كانون الأول والثاني، بينما تقل الأمطار في فصل الصيف، وتتعدم تقريباً في شهري تموز وأب، المعدل السنوي للأمطار 1020 mm [28].
- الرياح دائمة تقريباً وهي بشكل رئيسي شمال شرقية في الشتاء وجنوبية وجنوبية غربية في الأوقات الحارة من حزيران حتى تشرين الأول.

الشكل (6-2) خريطة توزع استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكب لنهر الصنوبر، حيث تسمد الأراضي في أواخر شهر تشرين الثاني بنوعين من السماد فوسفوري مركب وسماد طبيعي كما تزرع أيضا في المواسم الشتوية مختلف أنواع الحبوب، أما في المواسم الصيفية فتزرع بعض أنواع الخضراوات، تسمد المزروعات الموسمية بالسماد الأزوتي في شهري آذار ونيسان. يبين الجدول (6-2) تفصيل للسماد المضاف للزيتون [30].

جدول (6-2) السماد المضاف لشجرة الزيتون

| سماذ عضوي | سلفات البوتاسيوم (K ₂ SO ₄) %50 | سوبر فوسفات (P ₂ O ₅) %46 | يوربـا 46% (CO(NH ₂) ₂) | عمر الشجرة |
|------------------|---|---|--|------------|
| 2 m ³ | 6kg/1000m ² | 6kg/1000m ² | 9 kg/1000m ² | 2-1 |
| - | 8 | 9 | 13 | 4-3 |
| 2 m ³ | 10 | 13 | 17 | 6-5 |
| - | 12 | 13 | 21 | 8-7 |
| 2 m ³ | 14 | 17 | 21 | 10-9 |
| - | 16 | 17 | 39 | 12-11 |



| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| shapefile | |
| lake | |
| USELAND1 | |
| Categories: LU_CLASS | |
| | Bare Sandy soils |
| | citrus plantation |
| | citrus plantation&Field crops |
| | citrus plantation&Olives |
| | closed Forest |
| | Closed forest& Fruit trees |
| | Closed Maki |
| | Closed Maki & Open shrubs |
| | Field crops & Fruit trees |
| | Olives |
| | Olives & Fruit trees |
| | Olives & Rock outcrops |
| | Open Forest |
| | Open Forest & Fruit trees |
| | Open Forest & Olives |
| | Open Maki |
| | Open Maki & Fruit trees & Field crops |
| | Open Maki&Closed Forest |
| | Open Maki&Field crops |
| | Open Maki&Fruit trees |
| | Open Maki&Olives |
| | Open Maki&Rock Outcrops |
| | Reservoirs |
| | Rock Outcrops |
| | Urban Areas |

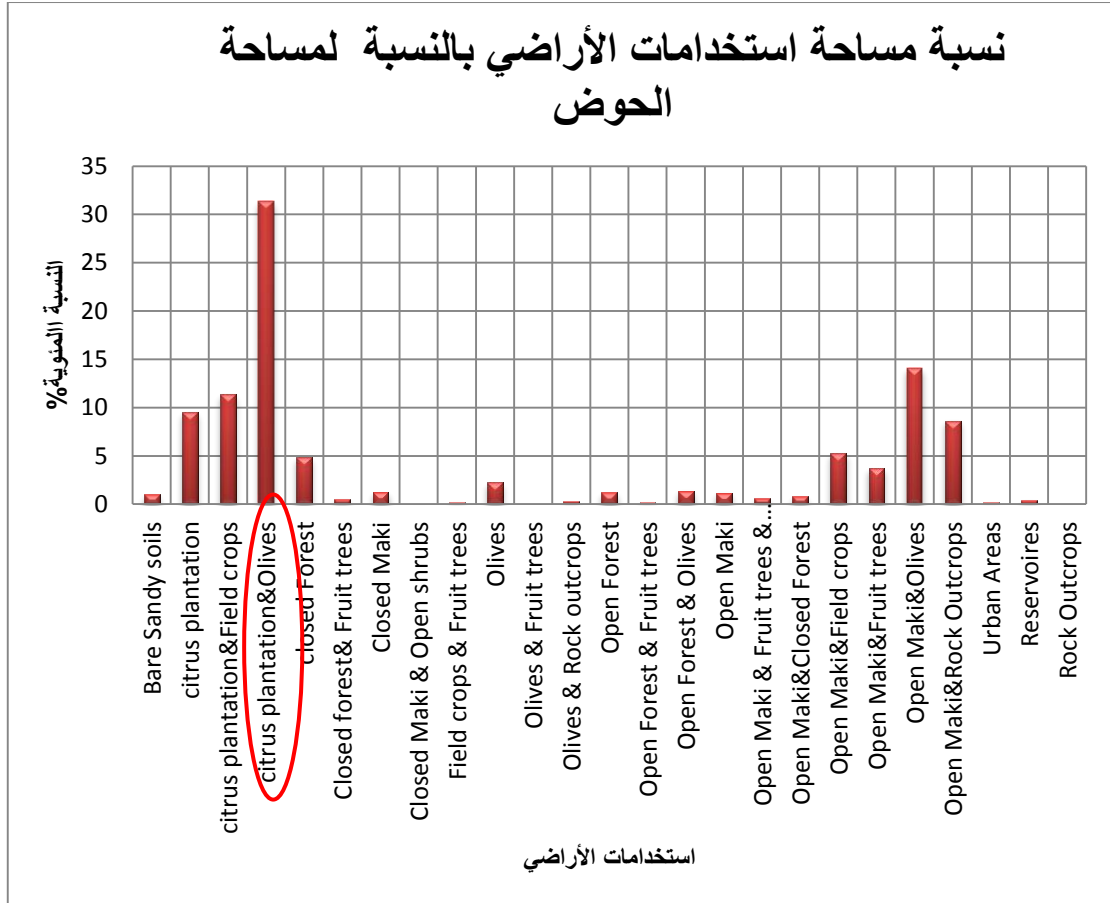
الشكل (2-6) خريطة استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكن لنهر الصنوبر (مديرية الاستشعار عن بعد 2014)

يبين الجدول (7-2) استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكب ومساحة كل نوع من هذه الاستخدام

جدول (7-2) استخدامات الأراضي ونسبة مساحة كل نوع بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر السنوبر

| land use | area m ² | النسبة المئوية % |
|---------------------------------------|---------------------|------------------|
| Bare Sandy soils | 5748494.303 | 0.98 |
| citrus plantation | 55551544.34 | 9.49 |
| citrus plantation & Field crops | 66604222.34 | 11.38 |
| citrus plantation & Olives | 183418608.5 | 31.32 |
| closed Forest | 28097531.15 | 4.8 |
| Closed forest & Fruit trees | 2956472.894 | 0.5 |
| Closed Maki | 7431452.784 | 1.27 |
| Closed Maki & Open shrubs | 61071.57659 | 0.01 |
| Field crops & Fruit trees | 1338703.047 | 0.23 |
| Olives | 13155918.06 | 2.25 |
| Olives & Fruit trees | 0.00007 | 0 |
| Olives & Rock outcrops | 1591754.879 | 0.27 |
| Open Forest | 6898765.299 | 1.18 |
| Open Forest & Fruit trees | 1357858.739 | 0.23 |
| Open Forest & Olives | 8003926.756 | 1.37 |
| Open Maki | 6768798.551 | 1.16 |
| Open Maki & Fruit trees & Field crops | 3346181.261 | 0.57 |
| Open Maki & Closed Forest | 4770686.855 | 0.81 |
| Open Maki & Field crops | 30692806.77 | 5.245 |
| Open Maki & Fruit trees | 21640380.56 | 3.7 |
| Open Maki & Olives | 82358682.98 | 14.07 |
| Open Maki & Rock Outcrops | 50498292.98 | 8.62 |
| Urban Areas | 1019901.524 | 0.17 |
| Reservoirs | 2048407.788 | 0.35 |
| Rocky Outcrops | 113026.1455 | 0.02 |

نلاحظ من الجدول (7-2) والشكل (7-2) أنه تشكل المساحات المزروعة بالحمضيات والزيتون النسبة الأكبر من حيث المساحة، حيث تبلغ نسبة مساحة الأرض المزروعة زيتون وحمضيات 31% من مساحة الحوض وهي النسبة الأكبر من بين المساحات.



الشكل (2-7) يوضح نسبة مساحة كل نوع من استخدامات الأراضي بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر السنوبر

2-1-7 تحديد مصادر التلوث القادم إلى البحيرة (نقطية - غيرنقطية)

اعتماداً على طبيعة منطقة الحوض الساكب وتوزع النشاط البشري (الزراعي - السكاني - والصناعي) تقسم مصادر التلوث في منطقة الدراسة إلى:

مصادر تلوث غير نقطية: تشمل الجريانات السطحية من مساحات الأراضي الزراعية والقرى المتواجدة في منطقة الحوض الساكب.

مصادر تلوث نقطية: عبارة عن مياه الصرف الصحي القادمة من التجمعات السكانية والمنشآت السياحية وكذلك مياه الصرف الصناعي لنتائج عن المنشآت الصناعية والتي تصب مباشرة ضمن مياه البحيرة.

2-1-8 تقييم حالة التلوث في البحيرة:

تصنف بحيرة سد الثورة على أنها بحيرة مشبعة بالنسبة للفسفور الكلي.

يظهر الجدول (2-8) بعض القياسات لبعض الملوثات وهي عبارة عن المتوسطات السنوية لتراكيز شوارد الأمونيا والنترات والتريت والفسفات بالإضافة إلى تراكيز الفوسفور الكلي والنتروجين الكلي والنسبة TN/TP [31].

الجدول (2-8) القياسات لبعض الملوثات ضمن مياه بحيرة سد الثورة

| | |
|-------|---|
| 0.104 | المتوسط السنوي لتراكيز (mg/l) NH ₄ |
| 0.022 | المتوسط السنوي لتراكيز NO ₂ ⁻² (mg/l) |
| 2.171 | المتوسط السنوي لتراكيز NO ₃ ⁻¹ (mg/l) |
| 0.04 | المتوسط السنوي لتراكيز PO ₄ ⁻³ (mg/l) |
| 0.049 | المتوسط السنوي لتراكيز TP (mg/l) |
| 3.384 | المتوسط السنوي لتراكيز TN (mg/l) |
| 69 | TN/TP |

نسبة TN/TP في خلايا الطحالب هي 16/1 أي أن حاجة تلك الطحالب من النتروجين تعادل 16 مرة حاجتها من الفوسفور. أثبتت الدراسات أنه عندما يكون تركيز الكلوروفيل في البحيرات أقل من 20g/l μ والنسبة TN/TP ≥ 17 فإن الفوسفور هو المغذي المهيمن الفعال لنمو الطحالب.

من الجدول السابق نلاحظ أن النسبة TN/TP ≥ 17 وبالتالي فإن الفوسفور هو العنصر المحدد لنمو وتكاثر الطحالب في البحيرة [31].

الفصل الثالث

استخدام برنامج الـ GIS في دراسة التحكم بمصادر التلوث للمياه

السطحية

مقدمة:

استخدم الـ GIS Geographic Information System بشكل واسع من أجل عملية دراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية واللا نقطية وذلك لأغراض استخدامات الأراضي ومكافحة التلوث والحد منه. يتعلق نظام المعلومات الجغرافي في المجال الذي يطبق به كذلك في العلوم المرتبطة والبرامج المستخدمة مع هذا النظام، ولهذا يختلف تعريفه بحسب المجالات التطبيقية المختلفة. يتم التركيز أحياناً على آلية عمل هذا النظام وأسلوب معالجة البيانات وعلى الفائدة من تصور البيانات المختلفة بقياسات وخرائط.

إن الآلية المتطورة لمعالجة البيانات وتصويرها في خرائط ومخططات جعلت من هذا النظام أداة هامة.

3-1 تعريفات نظم المعلومات الجغرافية GIS:

لذا فإن هناك تعريف كثيرة لنظام المعلومات الجغرافي فحسب "دويكر" **DUEKER 1979** هو حالة خاصة من نظم المعلومات والتي تحتوي على قواعد بيانات تعتمد على دراسة توزيع الظواهر والنشاطات والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط أو الخطوط أو المساحات، يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعطيات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات بحيث تصبح تلك البيانات جاهزة من أجل تحليلها أو التوصل لبيانات محددة من خلالها [32].

وقد عرف "سميث" **SMITH 1987** نظام المعلومات الجغرافي أنه نظام قاعدة المعلومات الذي يحتوي على معلومات مكانية مرتبة، كما أنه يحتوي على مجموعة من العمليات التي تقوم بالإجابة على استفسارات حول ظاهرة مكانية من قواعد المعلومات [33].

أما "باركر" **PARKER 1988** فعرف نظام المعلومات الجغرافي أنه نظام تكنولوجي للمعلومات والذي يقوم بتخزين وتحليل وعرض كل المعلومات المكانية وغير المكانية [34].

وعرف "ديفن وفيلد" **DEVINE & FIELD 1989** نظم المعلومات الجغرافية أنها نمط من الـ (MIS management information system) نظم إدارة المعلومات والتي تتيح عرض خرائط المعلومات عامة [35].

وحسب "كوين" **COWEN 1988** نظم المعلومات الجغرافية هي نظم دعم القرار وذلك بواسطة دمج المعلومات المكانية لخدمة حل القضايا البيئية [36].

وقد عرف "بورو" **1986** نظام المعلومات الجغرافي عبارة عن مجموعة منظمة مرتبة من أجهزة الحاسب الآلي والبرامج والمعلومات الجغرافية والطاقت البشرية المدرب صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات الجغرافية المرتبطة بالشبكة الوطنية الجيوديزية المترية المكانية منها والوصفية [37].

ومن خلال التعريفات المختلفة للـ GIS نجد أن لنظم المعلومات الجغرافية تطبيقات في مجالات عديدة واسعة منها الهندسية والبيئية والزراعية والجيولوجية وغيرها.

3-2 استخدام الـ GIS في عملية النمذجة:

يمكن استخدام الـ GIS كبرنامج بشكل منفصل في عملية تقييم مصادر التلوث غير النقطية أو يمكن أن يتم الاعتماد في عمليات التقييم تلك على نماذج رياضية هيدرولوجية تعمل ضمن بيئة الـ GIS.

من هذه النماذج الرياضية لدراسة انتشار الملوثات بطريقة نقطية وغير نقطية:

• AGNSP :

Agriculture Nonpoint Source Pollution model تم وضعه من قبل قسم الأبحاث الزراعية في الولايات المتحدة كأداة للمقارنة بين التأثيرات المختلفة الناجمة عن حمولات التلوث في الأحواض الساكنة عن طريق التحكم بالإدارة البديلة.

يحاكي نموذج AGNSP حمولة المغذيات والرواسب القادمة من الأحواض الساكنة الحاوية على أراضي زراعية وذلك لحمولات تلوث مركزة ناتجة عن عاصفة مطرية أو حمولات تلوث تصل من الحوض الساكن بشكل مستمر ولفترة طويلة. يعتبر نموذج الـ AGNSP نموذج شائع الاستخدام وتم تطبيقه في العديد من الدراسات مع استخدام برنامج الـ GIS [38].

• ANSWERS :

Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation

نموذج تم وضعه من قبل الهندسة الزراعية في جامعة Purdue في أواخر 1960 . يستخدم نموذج الـ ANSWERS للتنبؤ لاستجابة الأحواض الساكنة الحاوية على أرض زراعية للعمليات الهيدرولوجية وعمليات الحت والتآكل. يعتبر الهطل المطري من المدخلات الأساسية في هذا النموذج بالإضافة إلى رطوبة التربة والموصفات الفيزيائية لها.

يعتبر نموذج الـ ANSWERS حساس جداً لمدخلات الهطول المطري وقيم النفوذية والرشح حتى لعاصفة مطرية صغيرة [39].

• BASIN :

Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources

تم تطويره من وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) Environmental Protection Agency .

وهو عبارة عن برنامج يعتمد على الـ GIS في عملية تحليل الأحواض الساكنة وجودة المياه. يتيح برنامج الـ BASIN للمستخدم تحديد مساحة وحدود الحوض الساكن المدروس وحساب حمولات التلوث القادمة من المصادر النقطية وغير النقطية للمصدر المائي [40].

• CREAM :

Chemicals Runoff and Erosion from Agriculture Management System وهو

موديل ذو قاعدة فيزيائية طور لوضع مقارنة نسبية بين حمولات التلوث تحت تأثير تغيرات

الإدارة البديلة، يقدّر الـ CREAM حجم الجريان السطحي ، الجريان السطحي الأعظمي، مقدار الرشح ، رطوبة التربة ومقدار الرسوبيات[41] .

• GLEAMS :

Groundwater Loading Effects Agriculture Management System وهو نموذج مشابه لنموذج الـ CREAM بالإضافة إلى أنه يحاكي حركة المياه والمواد الكيميائية ضمن طبقة الجذور في التربة Root zone فعلى سبيل المثال يحاكي النموذج حركة وتشتت المبيدات الحشرية في طبقات التربة المختلفة ويقوم النموذج بحساب تراكيز المبيدات المنحلة في المياه ضمن طبقات التربة أو الممتزة من قبل جزيئات التربة[42].

• HSPF :

Hydrologic Simulation Program – FORTRUN يعتبر الموديل الأكثر شيوعاً في نمذجة انتشار الملوثات من مصادر التلوث غير النقطية. يحاكي نموذج الـ HSPF حركة الأكسجين المنحل، المواد العضوية، الحرارة، المبيدات الحشرية، المغذيات، الأملاح، البكتريا، الرواسب والبلانكتون من طبقات الأرض وفي الجريانات السطحية والبحيرات والمياه الجوفية[43].

• QUAI2E :

Enhanced Stream Water Quality Model تم وضعه من قبل مركز وكالة حماية البيئة الأمريكية 1995 EPA يعمل هذا النموذج في شروط الجريان steady state ويستخدم لحساب انتاجية الطحالب، CBOD، تفاعلات الغلاف الجوي، دورة المغذيات وتأثيرها على توازن الأكسجين المنحل [44].

• SLAMM :

Source Loading and Management Model تم تطوير هذا النموذج لإيجاد العلاقة بين مصادر تلوث الجريان السطحي وظروف هذا الجريان. يعتمد نموذج الـ SLAMM على

المشاهدات الحقلية الحقيقية مع الاعتماد على إدخلات لموثات متوقعة موجودة في الحقل. يستخدم نموذج الـ SLAMM كأداة تخطيط لعملية فهم أفضل لمصادر التلوث والتحكم بها يتكامل عمل هذا النموذج بواسطة استخدام برنامج الـ GIS [45].

• **STORM** :

Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model. يحاكي نموذج الـ STORM جودة وكمية الجريان السطحي للأحواض الساكنة الصغيرة، يحتاج النموذج إلى مجموعة من البارامترات منها: TSS، TVSS، BOD، N&P. هذا النموذج يأخذ بعين الاعتبار تخزين ومعالجة مياه الأمطار بالإضافة إلى تطبيق BMP (Best Management Practices)، يستخدم نموذج الـ STORM لنمذجة جودة المياه السطحية وعملية محاكاة الجريان في المناطق الحضرية (السكانية) [46].

• **SWAT** :

Soil Water and Assessment Tool تم تطويره من قبل قسم موارد المياه في جامعة تكساس، يحاكي نموذج الـ SWAT حركة الجريان السطحي، الرواسب، المغذيات، والمبيدات الحشرية ضمن الحوض الساكن ويساعد على التنبؤ بمصادر المياه الواصلة للحوض الساكن ومصادر التلوث النقطية واللاقطية ضمن الأحواض الساكنة الكبيرة [47].

• **SWMM** :

Storm Water Management Model يعتبر من أكثر الموديلات انتشاراً من أجل دراسة العواصف المطرية في المناطق السكانية. يحاكي نموذج الـ SWMM جودة وكمية الجريان السطحي في المساحة النفوذة والمساحات الغير نفوذية، بالإضافة إلى عمليات ألحت والتآكل والترسيب وكذلك الجريان في الطقس الجاف وتخزين مياه العواصف ومعالجتها والتنبؤ بجودة المياه المستقبلية [48].

• WASP :

تم وضعه من قبل مركز وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA 1993) لنمذجة انتقال الملوثات في المياه السطحية. يتكون نموذج الـ WASP من ثلاثة موديلات جزئية:

موديل الـ TOX15 يتنبأ بتراكيز المواد الكيماوية المنحلة والملتصقة في المياه السطحية والرواسب (موديل المواد السامة).

موديل الـ EUTRO5 يتنبأ بتراكيز DO، CBOD، C، N، P، الفوتوبلانكتون، الكلوروفيل، الأمونيا والنترات (موديل التشبع الغذائي) في المياه السطحية.

موديل الـ DYNHYD5 يتنبأ بمعاملات الجريان المختلفة مثل حجم الجريان، السرعة والعمق (النموذج الهيدروليكي) [49].

• WATERSHED :

تم وضعه من قبل الـ EPA ووكالة حماية البيئة الأمريكية ومركز أبحاث التربة الأمريكية يحتوي هذا النموذج على سلسلة من أوراق العمل متضمنة معلومات مرجعية (قاعدة بيانات) عن: اسم الحوض الساكب، مساحة الحوض، الموقع، معلومات عن حمولات التلوث حسب استخدامات الأراضي، معلومات عن كلفة تخفيض حمولات التلوث، مدخلات هذا النموذج عبارة عن معادلات وقياسات [50].

في هذا البحث سوف يتم استخدام برنامج الـ GIS الذي سيؤمن إطار عمل framework

لبرنامج الـ BASIN .

بعد استعراض نماذج دراسة وانتشار الملوثات من المصادر النقطية واللاقطية والتي تعمل في إطار الـ GIS ومن هذه النماذج ما تم تطويره لنمذجة مصادر التلوث الزراعي غير النقطي بشكل أساسي مثل AGNSP-- CREAM-- ANSWE-- GLEAM . تم ملاحظة أن أكثر هذه النماذج تم معايرته ضمن الشروط الموجودة ومن الصعب تعديله وفق الشروط المستقبلية مثل الـ HSPF والقسم الآخر من هذه النماذج يصعب استخدامه ويستهلك الكثير من الوقت كما أنه صعب المعايرة.

3-3 مدخل إلى الـ BASIN :

في بحثنا لدراسة التحكم بمصادر التلوث النقطية وغير النقطية في بحيرة سد الثورة سوف نستخدم برنامج الـ BASIN مع تطبيق موديل الـ PLOAD.

تم اختيار هذا النموذج لمجموعة اعتبارات أهمها:

يسهل الـ BASIN الحسابات المتعلقة بجودة المياه ضمن الأحواض الساكنة بالجمع بين البيانات المدخلة والمكونات التحليلية في أداة واحدة.

يتيح الـ BASIN للمستخدم:

- سهولة في الوصول إلى المعطيات البيئية المحلية المرتبطة بالموقع.
- تطبيق أدوات التقييم والتخطيط.
- تشغيل العديد من موديلات حمولات التلوث المثبتة والمقيدة.

يعتبر الـ BASIN أداة مفيدة في إدارة الأحواض الساكنة وحساب حموات التلوث الأعظمية TMDL، نمذجة مصادر التلوث غير النقطية. يؤمن الـ BASIN إطار عمل يجمع بين أدوات النمذجة والبيانات المجدولة المكانية والبيئية ضمن بيئة الـ GIS .

يحتوي الـ BASIN على مجموعة واسعة من قواعد البيانات التي يمكن استخدامها في عملية تحليل ونمذجة الأحواض الساكنة.

3-3-1 تصنيف البيانات ضمن الـ BASIN:

تصنف البيانات ضمن الـ BASIN إلى أربعة مجموعات رئيسية:

1. بيانات كارتوغرافية أساسية:

تتضمن الحدود الإدارية، الحدود الهيدرولوجية، أنظمة الطرق الرئيسية. تستخدم هذه البيانات في عملية تحديد موقع الدراسة وتحديد شبكة دريناج الأحواض الساكنة.

2. بيانات بيئية مرجعية:

تتضمن معلومات عن مواصفات التربة، طبقات استخدام الأراضي، مسح للجريانات. تؤمن هذه البيانات المعلومات التي تدعم مواصفات الحوض الساكب من أجل عملية التحليل البيئي.

3. بيانات المراقبة:

هي عبارة عن مجموعة بيانات مقاسة تتعلق بـ جودة المياه الميكربولوجية وتدفقات الجريان وحالة المياه الجوفية. تساعد طبقات هذه البيانات على تقييم شروط جودة المياه وعملية تصنيف المسطحات المائية ضمن الأحواض الساكبة.

4. بيانات المصادر النقطية:

تشمل بيانات عن مصادر التلوث النقطي والتي تتضمن الموقع، النوع، مقدار حمولة التلوث القادمة من هذه المصادر. تستخدم من أجل عملية تقييم حمولات التلوث القادمة من هذه المصادر في الحوض الساكب [40].

يتضمن الـ BASIN أدوات ومرفقات من أجل عملية تقييم حالة الأحواض الساكبة لتساعد المستخدم على تقييم جودة المياه في الأحواض الساكبة، مصادر التلوث، برامج المراقبة، وضع استراتيجيات نمذجة جودة المياه في الأحواض الساكبة [40].

3-3-2 موديلات مكملة لبرنامج الـ BASIN:

- Hydrologic Simulation Program – FORTRUN: HSPF
- Soil Water And Assessment Tool:SWAT
- Storm Water Management Model:SWMM
- Pollutant Loading Estimator :PLOAD

في دراسة حالة الملوثات في بحيرة سد الثورة سيتم استخدام نموذج الـ PLOAD وهو نموذج يحسب حمولات التلوث القادمة من المصادر غير النقطية بالاعتماد على الهطل المطري السنوي واستخدامات الأراضي والـ BMP (Best Management Practices).

تم تطبيق نموذج الـ PLOAD في العديد من الدراسات الحديثة لتحديد حمولات التلوث السنوية القادمة إلى البحيرة من الحوض الساكب، ومنها الدراسة التي تمت على بحيرة DAL في الهند، وذلك بعد أن تدهور وضعها البيئي مما أدى زيادة نمو المغذيات فيها، بسبب الملوثات القادمة من مصادر التلوث النقطية واللائقطة. كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد مستويات التلوث القادمة من استخدامات الأراضي المختلفة في الحوض الساكب إلى البحيرة [51].

3-4-1 تعريف نموذج الـ PLOAD

يعتبر نموذج الـ PLOAD نموذج يعمل ضمن بيئة الـ GIS لحساب حمولات التلوث في الأحواض الساكبة، كما أنه يسهم بتقييم مصادر التلوث النقطية وغير النقطية.

3-4-2 استخدامات الـ PLOAD

يستخدم نموذج الـ PLOAD لـ:

- حساب حمولات التلوث ضمن الأحواض الساكبة من المصادر النقطية واللائقطة.
- تحديد نسبة التغيرات التي تطرأ على حمولات التلوث عند تطبيق مبدأ الإدارة البديلة BMPs.
- تحديد نسبة التغيرات التي تطرأ على حمولات التلوث عند تغير استعمالات الأراضي ضمن الحوض الساكب [52].

3-4-3 مدخلات النموذج Input data:

يدخل ضمن نموذج الـ PLOAD مجال واسع من بيانات الـ GIS والبيانات المجدولة [53]

3-4-3-1 بيانات الـ GIS data:

يتطلب نموذج الـ PLOAD توفر بيانات عن حدود الأحواض الساكبة ومعلومات عن استخدامات الأراضي. يحدد الحوض الساكب المساحات التي تحسب من خلاله حمولات التلوث وذلك بعد معرفة الاستخدامات المختلفة للأراضي في هذا الحوض.

3-4-3-2 البيانات المجدولة Tabular data:

من أجل تطبيق الـ PLOAD يجب جمع معلومات عن معدل حمولات التلوث المختلفة، عوامل النفاذية للتربة ضمن ملفات جدولية.

يمكن توافر هذه المدخلات الجدولية ضمن أربعة أشكال:

- ورقة عمل ضمن Excel
- Text
- قاعدة بيانات Dbase
- INFO data base

مع الملاحظة أنه لايسمح بوجود فراغات ضمن اسم ورقة العمل في الـ excel أو في أسماء الملفات. تحوي جداول EMC (Event Mean Concentration) وجداول معاملات التصريف Export Coefficient على معدلات التلوث لأنواع استخدامات الأراضي المختلفة [53].

- Export Coefficient (EC) وهي كمية الملوث التي تأتي من مساحة محددة وذلك لكل نوع استخدام أراضي على حدى وهو يتعلق بمناخ المنطقة، الوضع الجيولوجي للحوض الساكب، الغطاء النباتي، أنواع التربة، النشاط البشري، بالإضافة إلى استخدامات الأراضي ويقاس بـ (واحدة الكتلة/المساحة. الزمن) lb/ha.yr .
- Event Mean Concentration (EMC) يمثل تركيز ملوث معين ضمن الجريان السطحي القادم من نوع استخدام أراضي محدد ضمن الحوض الساكب ويقاس بـ mg/l.
- يتم أخذ قيم الـ Export Coefficient وقيم الـ EMC لكل من TP&TN من المراجع، وذلك حسب استخدامات الأراضي المختلفة [53].

تُحدد جداول النفاذية نسبة النفاذية لكل نوع من الأراضي المستخدمة، تستخدم من أجل حساب معامل الجريان السطحي.

تُحدد جداول الـ BMP نسبة الفاعلية في التقليل من حمولات التلوث لكل نوع من الـ BMP .

3-4-3 معادلات حساب حمولة التلوث:

يمكن حساب حمولات التلوث السنوية للأحواض الساكنة باستخدام طريقتين:

- طريقة معامل التصريف. Export Coefficient.

- الطريقة البسيطة The Simple Method.

3-4-3-1 طريقة معامل التصريف:

تحتسب حمولات التلوث لكل نوع ملوث محدد في الحوض الساكن ضمن نموذج الـ PLOAD من المعادلة التالية:

$$lp = \sum_u (lpu * Au)$$

حيث:

L_p هي حمولة الملوث وتقدر بـ lb/yr

L_{pu} معدل حمولة التلوث لكل نوع استخدامات الأراضي u lb/ha.yr

A_u مساحة نوع استخدام الأراضي u ha

معدلات الحمولة تؤخذ من جداول معاملات التصريف بينما المساحات تؤخذ من بيانات استخدامات الأراضي والأحواض الساكنة في الـ GIS

3-4-3-2 الطريقة البسيطة:

هناك معادلتان لحساب الحمولات لكل نوع ملوث

المعادلة الأولى: حساب معامل الجريان السطحي لكل نوع من استخدامات الأراضي

$$R_{vu} = 0.05 + (0.009 * l_u)$$

حيث:

R_{vu} معامل الجريان السطحي لكل نوع من استخدام الأراضي $rain$ inch run/inch

I_u معامل عدم النفاذية

وبالتالي تحسب حمولة التلوث من المعادلة التالية:

$$I_p = \sum_u (P * p_j * R_{vu} * C_u * A_u * 2.72/12)$$

حيث:

L_p حمولة التلوث lb

P معدل الهطول المطري inch/yr

p_j نسبة الجريان الذي تسببه العاصفة ويؤخذ 0.9

R_{vu} معامل الجريان السطحي لكل نوع استخدام الأراضي run/inch rain

C_u التركيز الوسطي لكل نوع استخدام أراضي mg/l

A_u مساحة نوع استخدام الأراضي ha

حسابات الـ BMPs (طريقة اختيارية)

موديل الـ PLOAD لديه خيار لحساب حمولات التلوث بالاعتماد على التأثيرات لأنواع الـ BMPs المختلفة، تهدف الـ BMPs إلى التقليل من حمولات التلوث القادمة من المصادر النقطية وغير النقطية.

تستخدم ثلاث معادلات لإعادة حساب حمولات التلوث وذلك بعد حساب حمولات التلوث الأولية (الخام) باستخدام طريقة معامل التصريف أو بالطريقة البسيطة.

أولاً يتم حساب المساحة من الحوض الساكب التي طبق فيها الـ BMPs بالمعادلة التالية:

$$\% AS_{BMP} = AS_{BMP}/A_B$$

حيث:

AS_{BMP} % نسبة المساحة المخدمة بـ الـ BMPs

AS_{BMP} المساحة المخدمة بـ الـ BMPs وتقدر بالـ ha

A_B مساحة الحوض الساكب وتقدر بالـ ha

ثانياً: تحسب حمولات التلوث المتبقية بعد تطبيق الـ BMPs بالمعادلة التالية:

$$L_{BMP} = (L_p * \%AS_{BMP}) * [1 - \%EFF_{BMP}/100]$$

حيث:

L_{BMP} حمولة الـ BMP وتقدر بـ lb

L_p حمولة الحوض الساكب الأولية وتقدر بـ lb

$\%EFF$ نسبة تخفيض الحمولة (الفاعلية)

ثالثاً: وبالتالي تكون حمولة التلوث:

$$L = \left(\sum_{BMP} L_{BMP} \right) + L_p * \left(A_B - \left(\sum_{AS} AS_{BMP} \right) \right)$$

3-4-4 بارمترات الإدخال: user input parameter

- تحديد ملفات بيانات الـ GIS (حوض ساكب - استخدامات أراضي) بالإضافة إلى تحديد جزء أو مجموعة أو كامل الحوض الساكب وهي مدخلات أساسية لكل من طريقتي حساب حمولات التلوث.
- تحديد طريقة حساب حمولات التلوث (طريقة معامل التصريف أو الطريقة البسيطة).
- في حال استخدام طريقة معامل التصريف يجب تحديد قيم معدلات حمولات التلوث لكل ملوث حسب نوع استخدام الأراضي.
- في حال استخدام الطريقة البسيطة يجب تحديد (إدخال) الهطولات المطرية السنوية ونسبة العواصف التي تحدث الجريان.

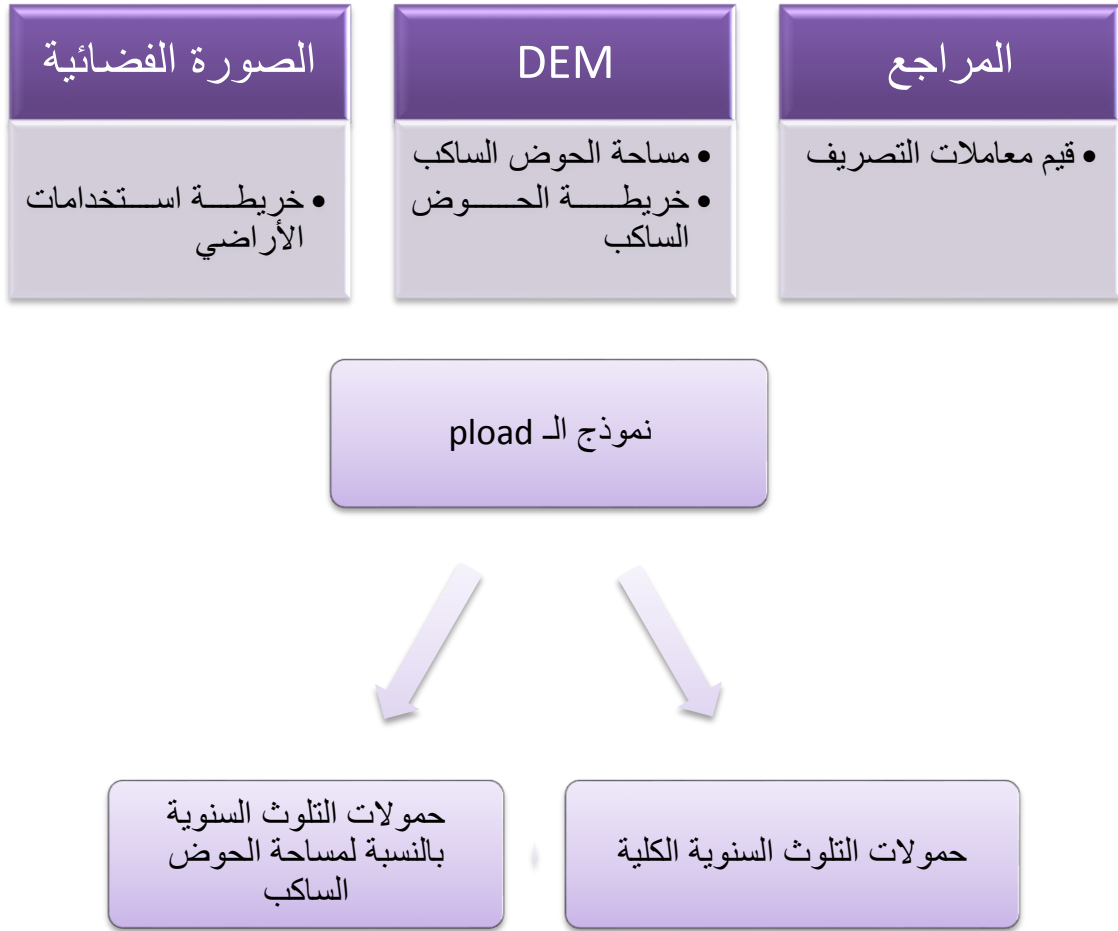
- تحديد حمولات التلوث مع أو بدون الـ BMPs . (طريقة اختيارية)
- في حال اختيار الـ BMP يجب تحديد فيما إذا كانت مشتقة من بيانات نقطية أو من مضلعات من الـ GIS.
- تحديد خيارات حفظ ملفات مصادر البيانات والبارامترات.
- تحديد المخرجات [53].

3-4-5 خيارات الإخراج: Output Product Options

يمكن أن يظهر الـ PLOAD حمولات التلوث بعد حسابها على شكل graphic plots [53].

3-5 منهجية البحث: methodology

يتم تحديد مدخلات النموذج والتي هي خريطة الحوض الساكب ويتم الحصول عليها باستخدام الـ DEM30 عن طريق برنامج الـ GIS بالإضافة إلى خريطة استخدامات الأراضي والتي تم الحصول عليها من الاستشعار عن بعد لعام 2014 وقيم معاملات التصريف يتم الحصول عليها من المراجع، بعد تحديد المدخلات يتم تشغيل النموذج والحصول على المخرجات عبارة عن خرائط تظهر حمولات التلوث السنوية من الحوض الساكب. هذه المنهجية موضحة في الشكل (1-3)



الشكل (3-1) منهجية البحث

3-5-1 البيانات المستخدمة: Used Data

تتضمن البيانات المستخدمة في هذا البحث:

- صورة فضائية لمنطقة الدراسة (تم الحصول عليها من برنامج الـ Google Earth)
- نموذج ارتفاعي عددي DEM 30. (الاستشعار عن بعد 2011)
- خريطة استخدامات الأراضي Land use. (الاستشعار عن بعد 2014)
- بيانات هيدرولوجية مساعدة قيم معاملات التصريف للملوثات (الفوسفور)-بيانات عن الهطول المطري ودرجات الحرارة (مديرية الموارد المائية).

3-5-2 البرمجيات المستخدمة: software

- برنامج الـ BASIN الذي يعمل ضمن بيئة الـ GIS.
- برنامج الـ GIS
- Google Earth

3-5-3 خطوات العمل:

وضع خريطة استخدامات الأراضي Land use map:

تشير استخدامات الأراضي إلى المعلومات التي تتعلق بسمات وأنواع الأراضي الموجودة على سطح أرض منطقة الدراسة. تعتبر استخدامات الأراضي من المواصفات الأساسية للحوض الساكب التي تؤثر على العمليات الهيدرولوجية في الحوض الساكب مثل عملية الجريان، التدفق عمليات أحت والتآكل. تعتبر هذه الخريطة من بارمترات الإدخال الأساسية من أجل عملية التحكم بالنمذجة الهيدرولوجية.

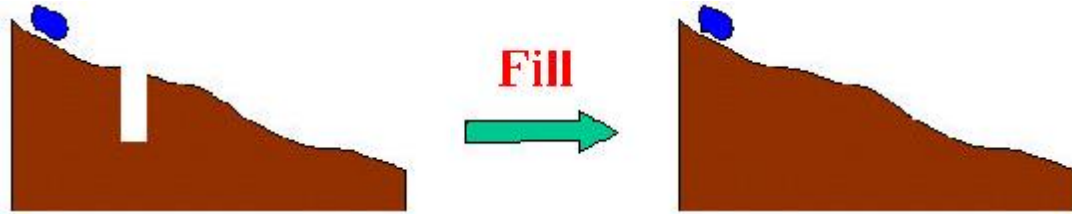
عملية تحديد الحوض الساكب Delineation of area and watershed:

بما أن شكل الأرض يحدد حركة المياه على السطح فمن الممكن استخدام بيانات الـ DEM من أجل وضع حدود الأحواض الساكبة في واستنتاج شبكة الأنهار واستخلاص خصائص هيدرولوجية أخرى ضمن الحوض الساكب.



الشكل (3-2) نموذج ارتفاعي عددي لمنطقة الدراسة DEM30

تتم عملية وضع حدود الأحواض الساكنة وتخطيط شبكة الأنهار باستخدام الامتداد Hydrology ومن أجل ذلك يجب أولاً إلغاء الأماكن المقعرة وشطف للأماكن المحدبة من الحوض باستخدام أمر fill sinks الشكل (3-3) من الضروري إجراء هذه العملية لأن شبكة المجاري المائية تنشأ بحيث تجد طريق مرور لتصل إلى طرف الـ DEM، لأنه إذا لم تستطع الخلايا التصريف إلى خارج الـ Grid فإنها تحاول التصريف إلى مكان آخر وهذا يؤدي إلى حلقة من العمليات اللانهائية.



الشكل (3-3) آلية عمل الأمر fill

ثم نستخدم أمر Flow Direction للحصول على شبكة اتجاه الجريان لأن تحديد اتجاه الجريان هام جداً في النمذجة الهيدرولوجية ولكي تحدد المجاري المائية الطبيعية من الضروري تحديد اتجاه الجريان من أجل كل خلية في الطبيعة ويتم باستخدام هذا الأمر يحدد اتجاه الانحدار الأشد

من أجل كل خلية، كل خلية تجاورها 8 خلايا (8 اتجاهات) ويقوم المعالج بتحديد أي الخلايا أكثر انخفاضاً بالنسبة للخلية المركزية ويقرر اتجاه الجريان وينتج عن ذلك طبقة Grid فيها قيم محددة (كود) لكل خلية تحدد وكودات اتجاه الجريان الشكل (3-4) يبين هذه الاتجاهات

1=East

2 = Southeast

4 = South

8 = Southwest

16 = West

32=Northwest

64 = North

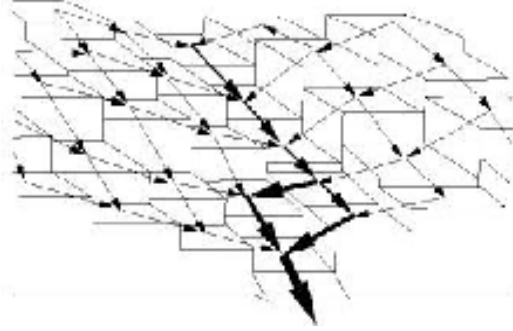
128 = Northeast

يمكن أيضا إيجاد المخطط الإحصائي Histogram للخلايا الناتجة وبيّن المخطط الإحصائي عدد الخلايا من أجل كل اتجاه للجريان ثم نحدد تجمع الجريان Flow Accumulation ونحصل على شبكة تجمع الجريان ورقم كل خلية من خلايا الشبكة Flow Accumulation يحدد عدد خلايا الـ DEM التي تصرف مياهها إلى هذه الخلية، وهنا يتحدد لدينا الأماكن المعرضة لخطر الفيضان خلال العواصف المطرية (الخلايا التي يتراكم فيها أكبر كمية من الجريان)، وبذلك نحصل على طبقة تمثل كمية المياه الواصلة إلى كل أجزاء الحوض الساكن ونلاحظ بأن الخلايا ذات الجريان الأعظمي تتوضع في أسفل المجرى المائي الشكل (3-5).

ومن خلال ذلك يمكن بسهولة تحديد الأماكن من الحوض المعرضة لخطر الفيضان في أوقات العواصف المطرية وهي الخلايا التي تتراكم فيها أكبر كمية من المياه.

من طبقة Flow Accumulation يمكن استنتاج طبقة Vector لشبكة مجاري الأنهار في الحوض

ومن ثم تم استنتاج حدود الأحواض الساكنة الفرعية بعد تحديد نقاط مخارج الأحواض الساكنة ويمكن عرض البيانات بشكل ثلاثي أبعاد وإنشاء نموذج لسطح الأرض باستخدام 3D analyst [23].



الشكل (3-5) flow accumulation

| | | | | | |
|--|--|--|----|----|-----|
| | | | 32 | 64 | 128 |
| | | | 16 | | 1 |
| | | | 8 | 4 | 2 |

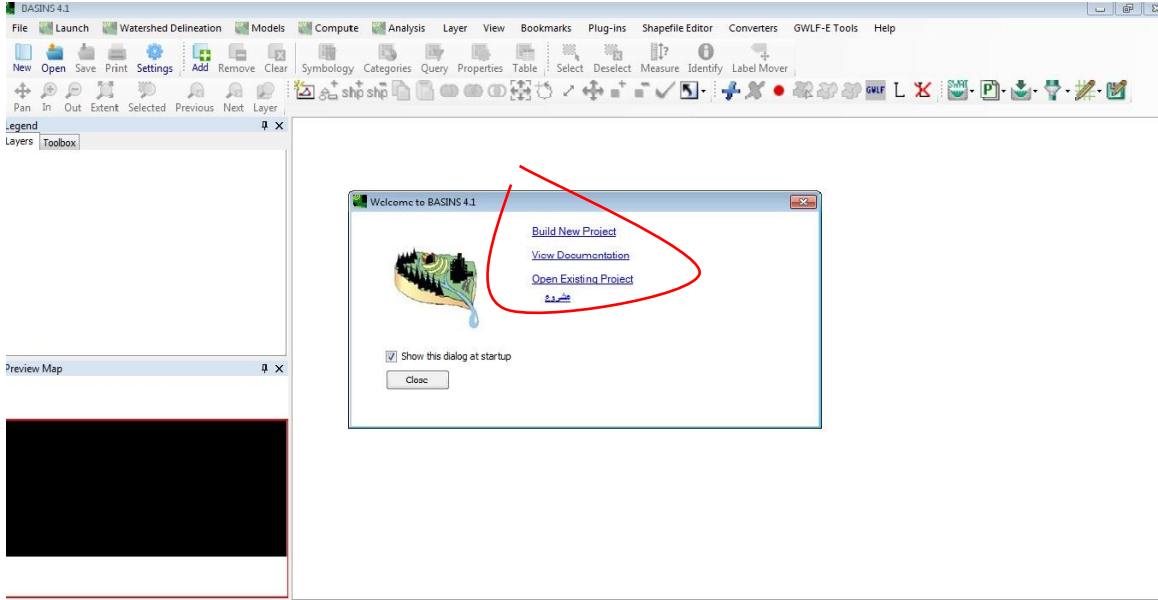
الشكل (3-4) كودات اتجاه الجريان

تحديد جداول قيم التلوث ومعاملات التصريف pollution data and export coefficient table:

يتم الحصول على هذه الجداول من المراجع النظرية المتوفرة في الكتب والأبحاث ويتم التحقق من القيم النظرية عن طريق نتائج التحليل الكيميائي لعينات مأخوذة من مياه البحيرة [54] [55].

3-5-4 عملية إعداد وتشغيل نموذج الـ PLOAD:

في البداية يجب تحميل ملفات مشروع الـ BASIN وتشغيله، حيث عند تشغيل البرنامج تظهر لدينا نافذة خيارات من أجل بناء مشروع جديد أو فتح مشروع سابق كما هو موضح في الشكل

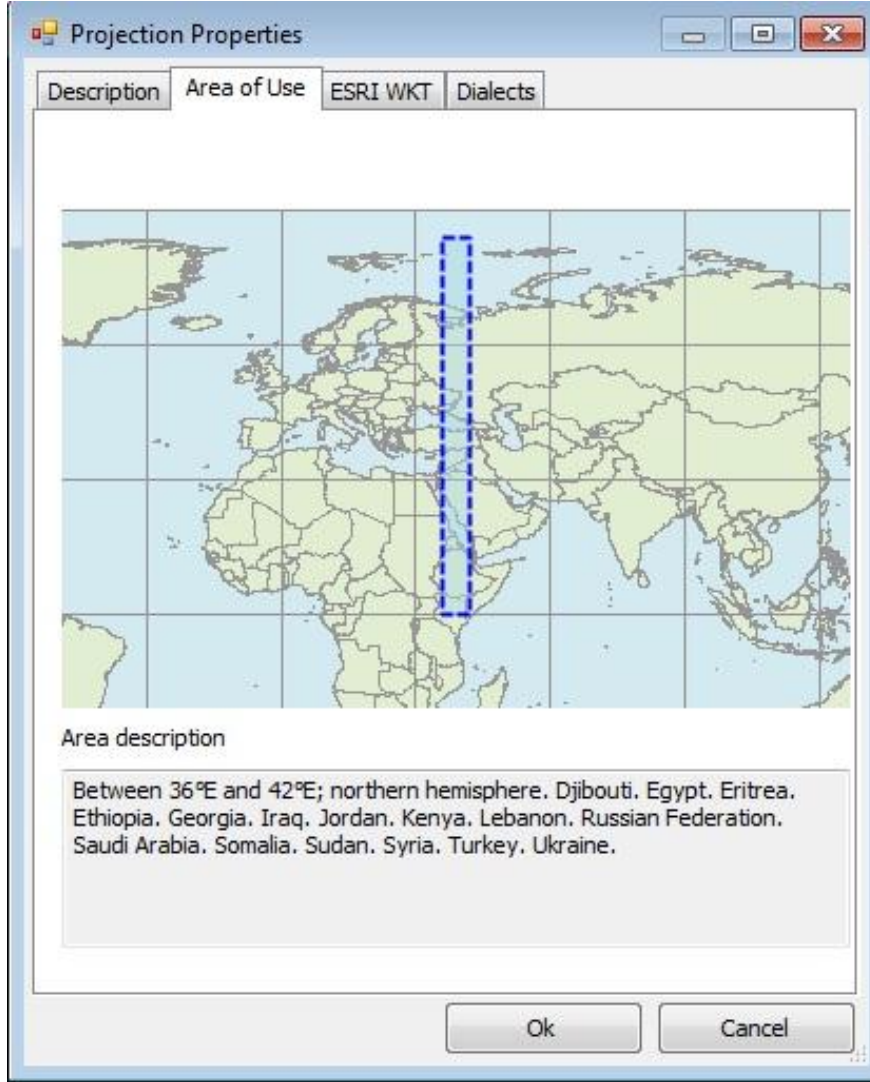


(6-3)

الشكل (6-3) واجهة برنامج الـ BASIN

عند اختيار بناء مشروع جديد Built New project يجب أن نسمي المشروع (ملاحظة يجب عدم ترك فراغ ضمن اسم المشروع) ويتم حفظه بالمكان المرغوب.

الخطوة التالية هي تحديد نظام الإسقاط ومن ثم إضافة الطبقات المطلوبة. في دراستنا نظام الإسقاط المستخدم هو: Transverse-Mercator/WGS-1984-UTM-Zone-37N وتم بذلك تحديد موقع منطقة الدراسة في العالم الموضحة في الشكل (7-3).

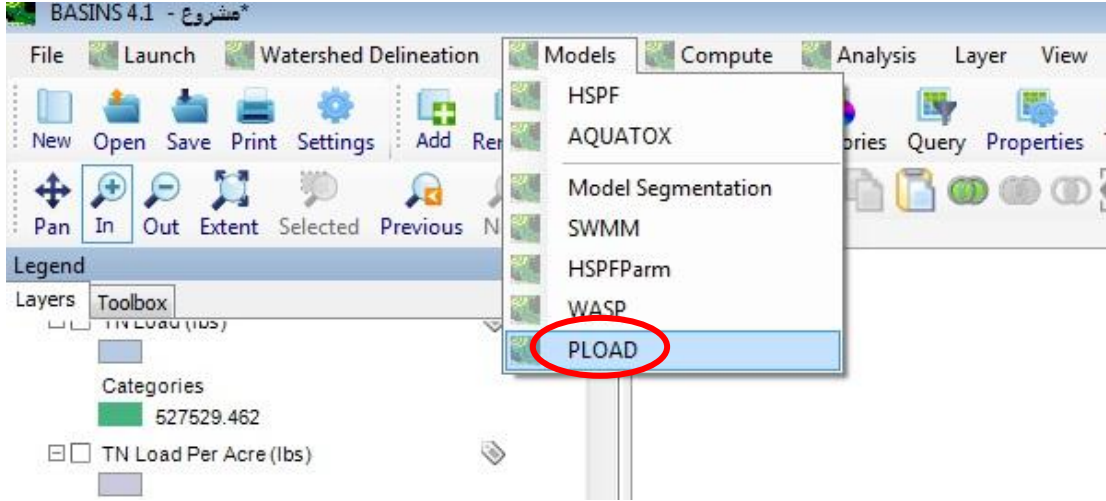


الشكل (3-7) تحديد المنطقة المدروسة بعد تحديد نظام الإسقاط نظام الإسقاط

هناك ثلاث خطوات أساسية مطلوبة من أجل استخدام تطبيق الـ PLOAD. أولاً يجب تحديد بيانات الإدخال وقيم البارامترات وهي تتضمن تحديد الحوض الساكب واستخدامات الأراضي والطريقة المستخدمة لحساب حمولات التلوث، ومدخلات الـ BMP ومصادر التلوث النقطية (اختيارية)، يتم حساب حمولات التلوث أوتوماتيكياً بعد إدخال البيانات والبارامترات، وأخيراً يتم تحديد وحساب المخرجات.

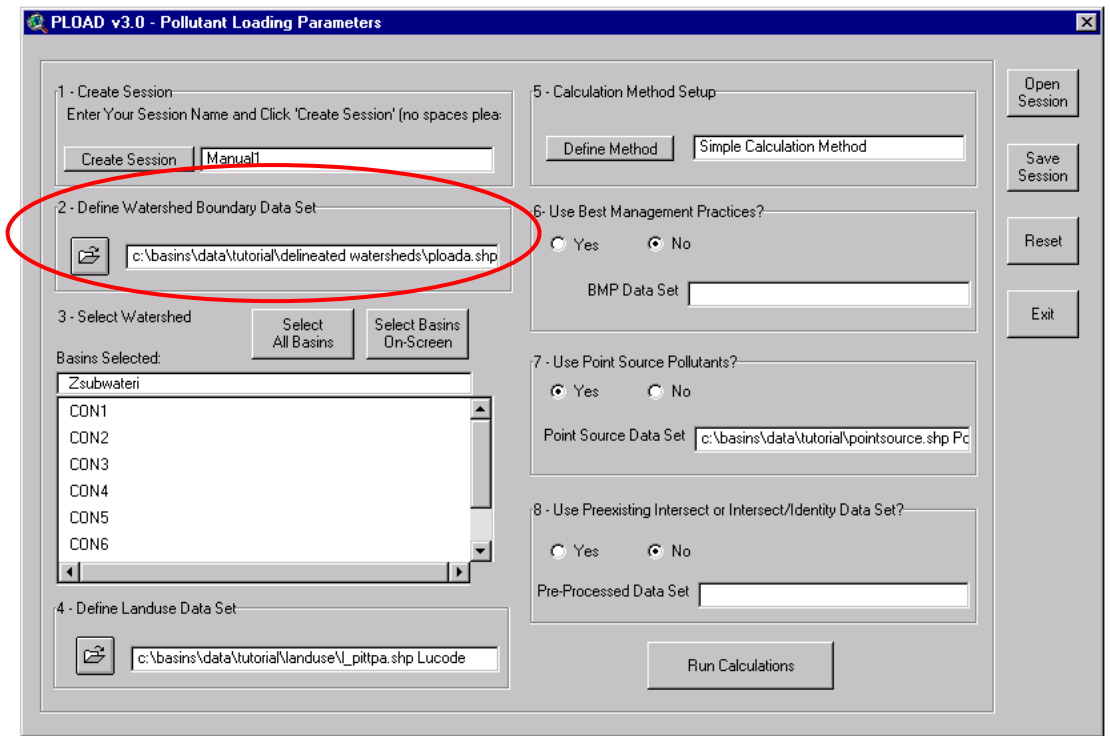
3-5-4-1 بدء تشغيل الـ PLOAD: Starting PLOAD

1- يتم تشغيل النموذج من نافذة برنامج الـ BASIN نختار قائمة Model الشكل (3-8) ومنها نحدد نموذج الـ PLOAD عندها تفتح نافذة بعنوان pollutant loading parameter الشكل (3-9) وهي قائمة أساسية من أجل إعداد بيانات النموذج تتألف من عدة خطوات تنفذ بالتوالي تسبق عملية التشغيل والحساب.



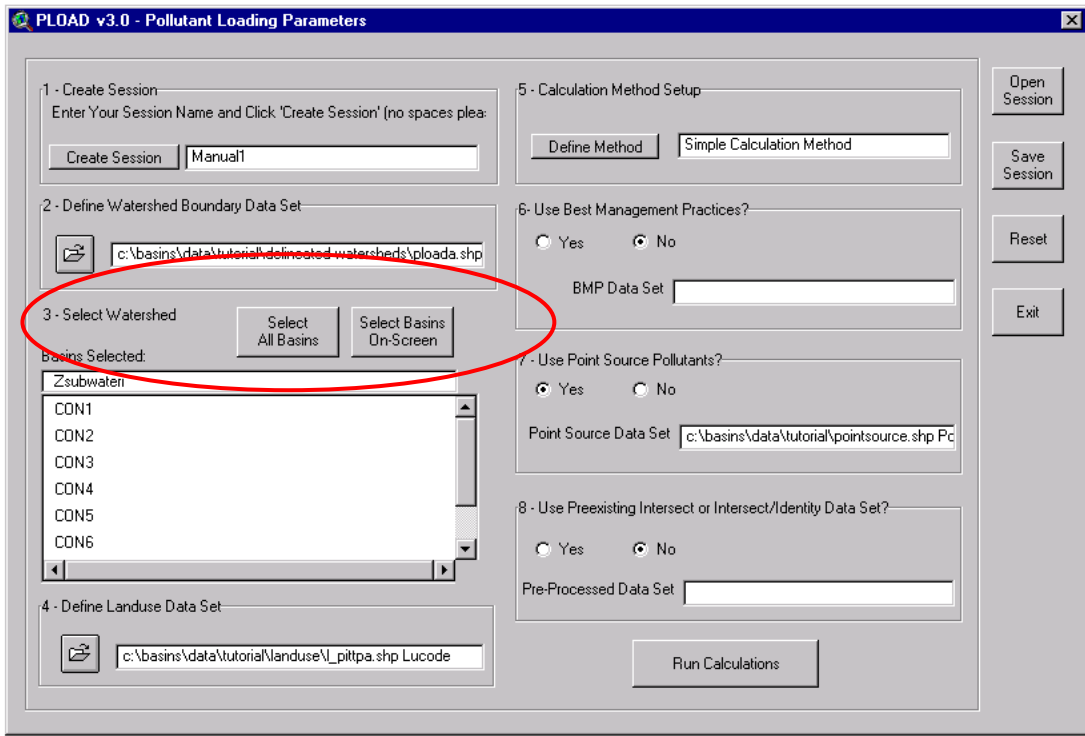
الشكل (3-8) اختيار نموذج الـ PLOAD

2- تحديد بيانات حدود الحوض الساكب: يتم تحديد بيانات حدود الحوض الساكب عن طريق النقر على زر open file ضمن نافذة pollutant loading parameter الشكل (3-9) ومن ثم يظهر خياران للاختيار إما من الـ BASIN view أو من القرص.



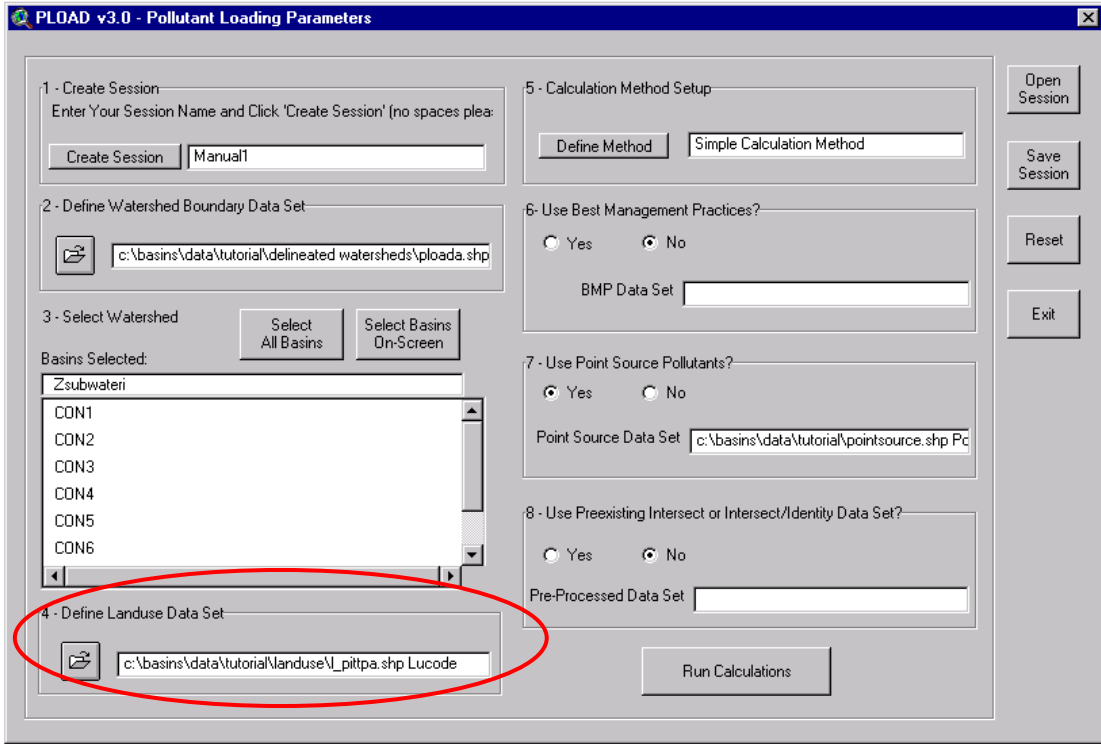
الشكل (3-9) نافذة الـ pollutant loading parameter

3- تحديد الحوض الساكب: بعد تحديد بيانات حدود الحوض الساكب يتم تفعيل خيار select watershed ضمن نافذة pollutant loading parameter. هناك خياران لاختيار وتحديد الحوض الساكب. خيار select all BASIN وهو يحدد جميع الأحواض الجزئية في الحوض الساكب. والخيار select BASIN on the screen من أجل تحديد الأحواض الجزئية من المساحة المدروسة من أجل اختيارهم لعملية التقييم الشكل (3-10). سوف يصبح لون الأحواض المحددة بالأصفر. وبعد الانتهاء من عملية التحديد ننقر زر Done ونعود لنافذة الـ pollutant loading parameter وتظهر لدينا قائمة بالأحواض المختارة في نافذة BASIN selected



الشكل (3-10) نافذة الـ pollutant loading parameter / تحديد الحوض الساكب

4- تحديد بيانات إدخال استخدامات الأراضي: وهي مشابهة لعملية تحديد بيانات حدود الحوض الساكب عن طريق النقر على زر open file ضمن نافذة pollutant loading parameter الشكل (3-11) ومن ثم يظهر خياران للاختيار إما من الـ BASIN view أو من القرص.



الشكل (3-11) نافذة الـ pollutant loading parameter / تحديد استخدامات الأراضي

5- تحديد طريقة الحساب: نحدد طريقة الحساب بالنقر على زر Define Method وبالتالي ستفعل نافذة calculating Method and Parameter definition الشكل (3-12) ثم ننقر على الطريقة المرغوبة. في حال اختيار Simple method فإننا ندخل قيم الهطول المطري السنوي في المربع المناسب ونتحقق من أن قيمة نسبة حدوث العواصف التي تسبب الجريان صحيحة.

Calculation Method and Parameters Definition

Choose a Calculation Method

"Simple" Calculation Method

Precipitation Parameters

Annual Precipitation in Inches(P)

Ratio of Storms Producing Runoff(Pi)

Bacteria Option for "Simple" Method

Yes, Specify a Pollutant as Bacteria

No, Do Not Specify a Pollutant as Bacteria

Load EMC Table

EMC Table

Landuse Field

Pollutant Field

Load Impervious Table

Impervious Table

Landuse Field

Impervious Rating Field

"Export Coefficient" Calculation Method

Load Export Coefficient Table

Export Coefficient Table

Landuse Field

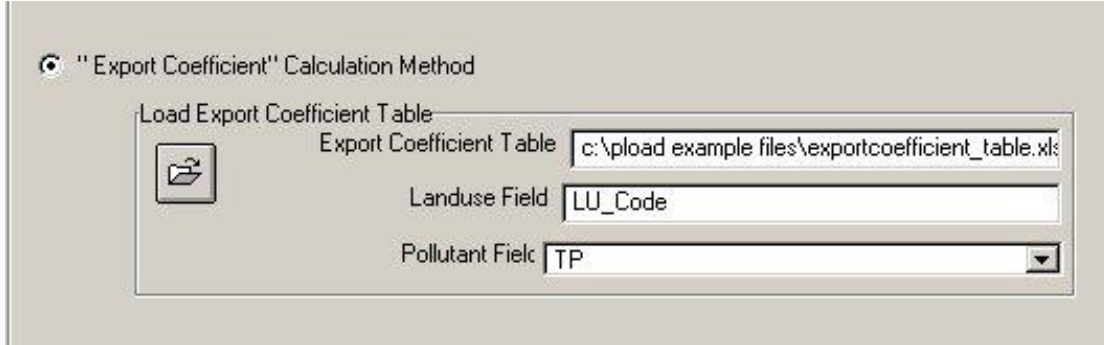
Pollutant Field

الشكل (3-12) نافذة تحديد بيانات طرق الحساب

بعد النقر على زر Load EMC Table يطلب النموذج موقع ملف الإكسل الذي يحتوي على جدول قيم الـ EMC (يفترض نموذج الـ PLOAD أن قيم حمولات التلوث للملوثات المختلفة تقاس بـ mg/l). نحدد نوع الملوث من الحقل pollutant Field selection وبطريقة مشابهة نحدد قيم عدم النفاذية من Load Impervious Table من ملفات وكودات.

في حال اختيار طريقة معامل التصريف Export coefficient method ننقر على Export coefficient Table ونتبع نفس خطوات الطريقة البسيطة في تحديد جداول بيانات معامل التصريف الشكل (3-13)، هذه الطريقة ليست بحاجة إلى قيم الهطول

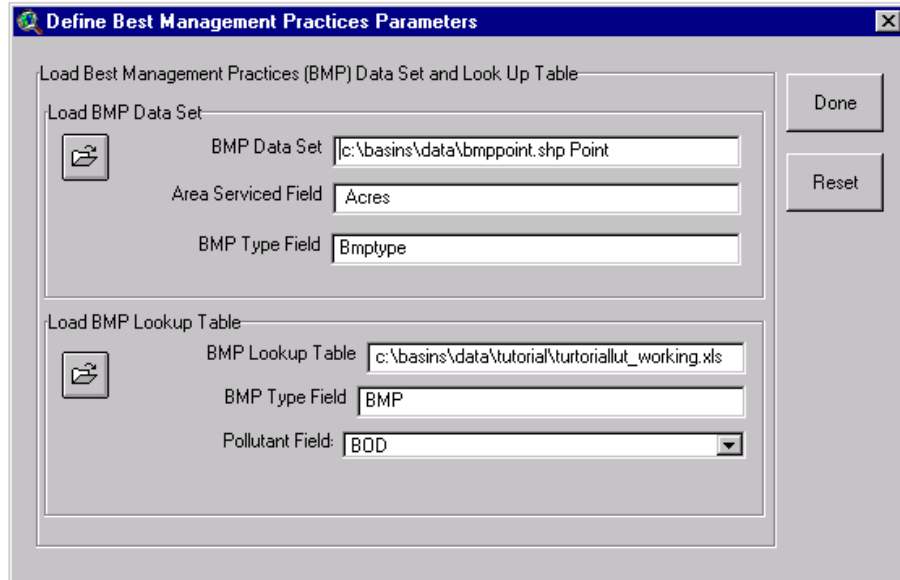
المطري وقيم معاملات عدم النفاذية، بحاجة فقط إلى قيم حمولة التلوث لكل ملوث حسب نوع استخدام الأراضي.



الشكل (3-13) نافذة طريقة معامل التصريف

6- تحديد بيانات الـ BMPs: يمكن استخدام الـ BMPs لتقليل حمولات التلوث ننقر على زر Yes ضمن مساحة Use Management Practice في نافذة pollutant loading parameter. عند اختيار Yes تظهر لدينا قائمة

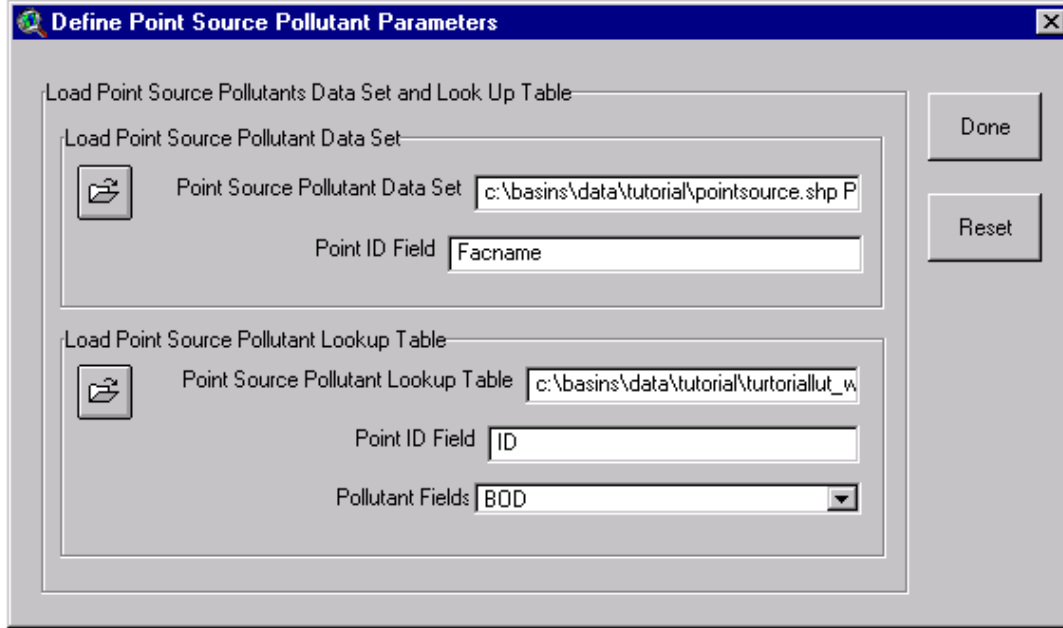
Define Best Management Practice Parameter من أجل تحديد جداول وطبقات الـ BMPs الشكل (3-14).



الشكل (3-14) نافذة تحديد بيانات الـ BMPs

يتم تحديد جدول فعالية الـ BMP ضمن مساحة الـ BMP Lookup Table Load BMP.

7- تحديد مصادر التلوث النقطية: يمكن لـ Pload دمج مصادر التلوث النقطية إلى حسابات حمولات تلوث الحوض الساكب وذلك عن طريق تفعيل زر Yes ضمن مساحة point source pollutant تظهر نافذة pollutant loading parameter من أجل تحديد جداول وطبقات مصادر التلوث النقطية الشكل (3-15).



الشكل (3-15) نافذة تحديد بيانات مصادر التلوث النقطية

بعد الانتهاء تحديد جميع الخيارات نقر على زر RUN ضمن نافذة pollutant loading parameter.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

مقدمة

بعد أن تم تحديد المدخلات لنموذج الـ Pload وهي خريطة الحوض الساكب لنهر السنوبر، خريطة استخدامات الأراضي للمنطقة، طريقة الحساب (Export coefficient/Simple method)، تحديد قيم المعاملات اللازمة لكل طريقة حساب وهي معامل التصريف Export coefficient- Event Mean concentration EMC من المراجع تم الحصول على النتائج التالية:

4-1 حساب حمولات التلوث من المصادر غير النقطية

تم حساب حمولات التلوث لكل من الحالات التالية:

4-1-1 باستخدام طريقة الـ Export Coefficient

4-1-1-1 حساب حمولات التلوث السنوية من الحوض الساكب لنهر السنوبر:

يتم أخذ قيم الـ Export Coefficient وقيم الـ EMC من المراجع يبين الجدول (4-1) قيم معاملات التصريف وقيم الـ EMC لكل من TP&TN وذلك حسب استخدام الأراضي المختلفة

[53] [54].

جدول (1-4) قيم المعاملات المستخدمة في النموذج

| LU-ID | LU-Classes | قيم الـ EC | | قيم الـ EMC | | معامل عدم النفاذية % |
|-------|-------------------------------------|------------|---------|-------------|---------|----------------------|
| | | TP mg/l | TN mg/l | TP mg/l | TN mg/l | |
| 1 | open maki&cloesed forest | 0.1 | 3 | 0.2 | 1 | 5 |
| 2 | cloesed forest &fruit trees | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 3 | Reservories | 0.2 | 5 | 0.2 | 1.23 | 0 |
| 4 | cloesd maki | 0 | 0 | 0.2 | 1 | 5 |
| 5 | Rock outcrop | 1 | 16 | 0.562 | 2.68 | 10 |
| 6 | Open forest | 0.1 | 3 | 0.2 | 1 | 5 |
| 7 | Cloesed maki & Open shrub | 0 | 0 | 0.2 | 1 | 5 |
| 8 | Open forest & Olives | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 9 | Open forest & fruit trees | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 10 | Olives | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 11 | Olives & Outcrop | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 12 | Olives & fruit trees | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 13 | Field crop&fruit trees | 1 | 16 | 0.344 | 2.32 | 10 |
| 14 | Urban | 2 | 8 | 0.5 | 2 | 70 |
| 15 | Open maki&fruit trees | 1 | 16 | 0.344 | 2.32 | 10 |
| 16 | Open maki | 0 | 0 | 0.2 | 1 | 5 |
| 17 | Open maki & Rock outcrop | 1 | 16 | 0.562 | 2.68 | 10 |
| 18 | Open maki &Olives | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 19 | Open maki & fruit trees | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 20 | Open maki & fruit trees &field crop | 0.2 | 2 | 0.2 | 1 | 10 |
| 21 | citrus | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 22 | citrus &olives | 1 | 16 | 0.476 | 2.48 | 10 |
| 23 | citrus &field crop | 1 | 16 | 0.344 | 2.32 | 10 |
| 24 | Bare sandy soil | 0.2 | 2 | 0.2 | 1 | 0 |
| 25 | closed forest | 0.1 | 3 | 0.2 | 1 | 5 |

يبين الجدول (2-4) حمولات التلوث السنوية لـ TP & TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient بعد تطبيق نموذج الـ Pload

جدول (2-4) حمولات التلوث السنوية لـ TP & TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient

| mg/l | kg/ha.yr | Kg/yr | Lb/ha.yr | Lb/yr | |
|-------------|--------------|--------|----------|--------|-----------|
| 0.67 | 0.401 | 28353 | 0.8843 | 62508 | TP |
| 5.62 | 3.383 | 239127 | 7.45851 | 527185 | TN |

يتم حساب تركيز الحمولات الواصل إلى البحيرة من العلاقة التالية:

$$C = \frac{L}{Q}$$

حيث L-حمولة التلوث kg/yr

Q التدفق السنوي القادم إلى البحيرة m³/yr

يتم حساب التدفق السنوي القادم إلى البحيرة من جداول التخزين للبحيرة حسب العلاقة:

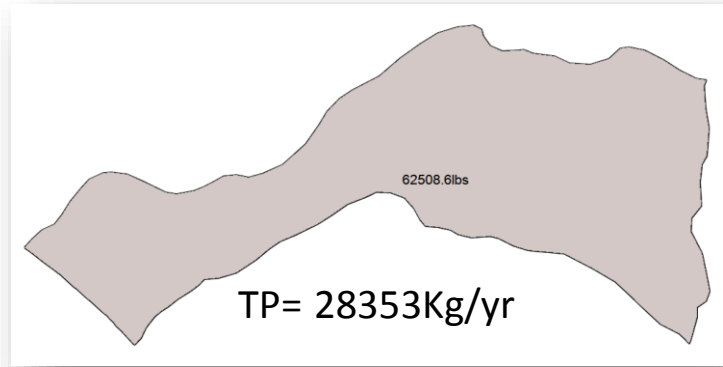
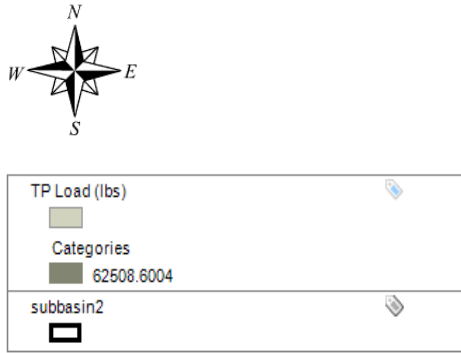
$$Q = \sum Q_i$$

Q_i الغزارات الشهرية المسجلة في جداول التخزين للبحيرة [28] بدءاً من شهر تشرين الأول 2009 إلى شهر أيلول 2010 على التوالي

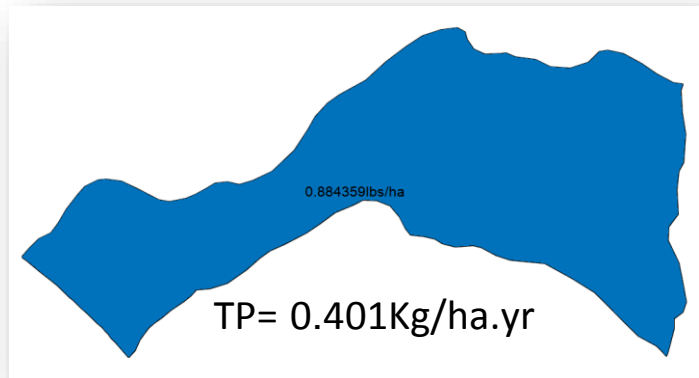
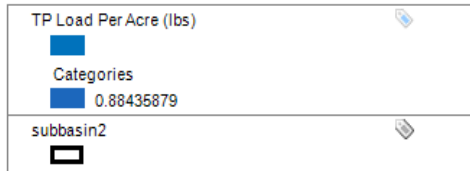
$$Q = (0.651+1.003+5.643+8.792+2.065+0.656+0.041+2.717+5.435+4.84+5.975+4.49)10^6$$

$$Q=42.524*10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$$

يبين الشكل (1-4) (a) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP التي تنتج من تطبيق نموذج الـ Pload على الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient الشكل (1-4) (b) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient



(a)



(b)

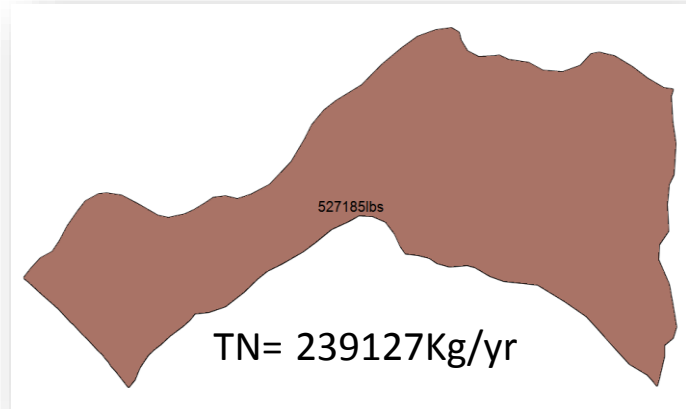
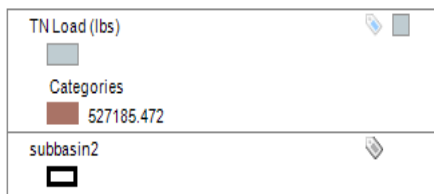
الشكل (1-4) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP: (a) (lb/yr) - (b) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient

يبين الشكل (2-4) (a) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN التي تنتج من تطبيق نموذج الـ

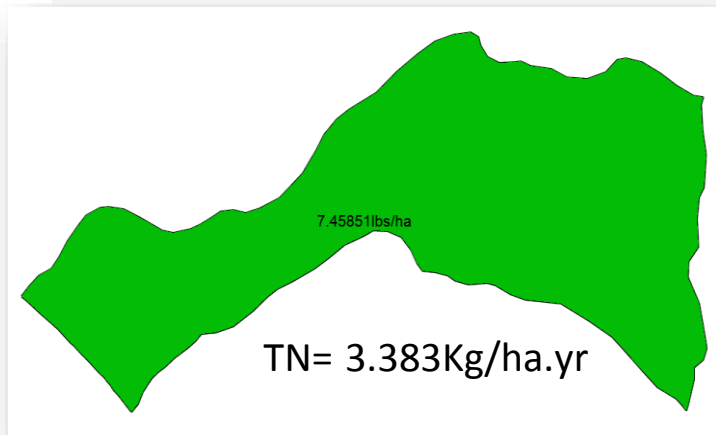
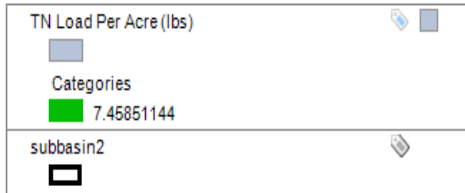
Export Coefficient على الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ

الشكل (2-4) (b) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN بالنسبة لمساحة الحوض الساكب لنهر

الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient



(a)

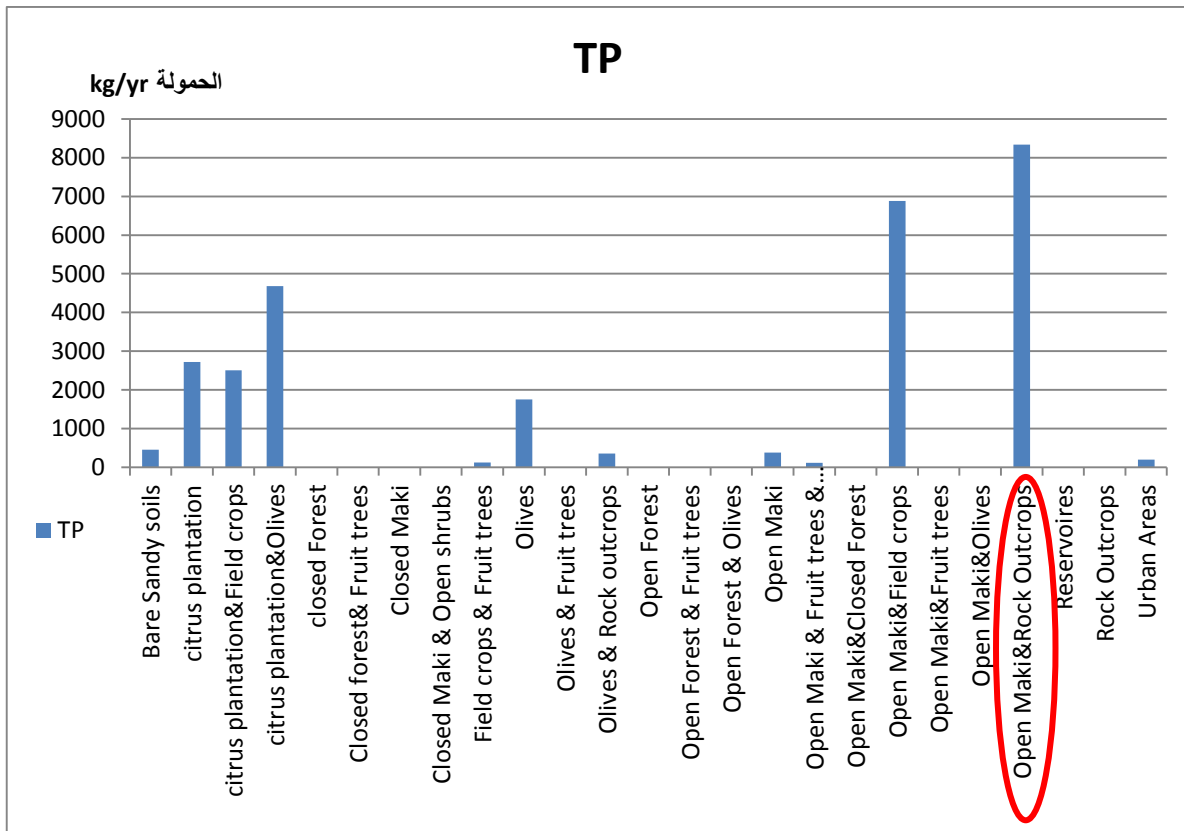


(b)

الشكل (2-4) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN: (a) (lb/yr) - (b) (lb/ha.yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Export Coefficient

تم حساب حمولة الـ TP القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب نوع استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient وقد تبين أن الأراضي الصخرية مع المزرعة بالمحاصيل كان معدل حمولة التلوث السنوية للفوسفور هو الأعلى وقد بلغ 8336kg/yr وفي المرتبة الثانية المساحات المزروعة بالحمضيات والزيتون، بينما لا تساهم المساحات التي تغطيها الغابات بنسب تذكر في حمولة الفوسفور السنوية.

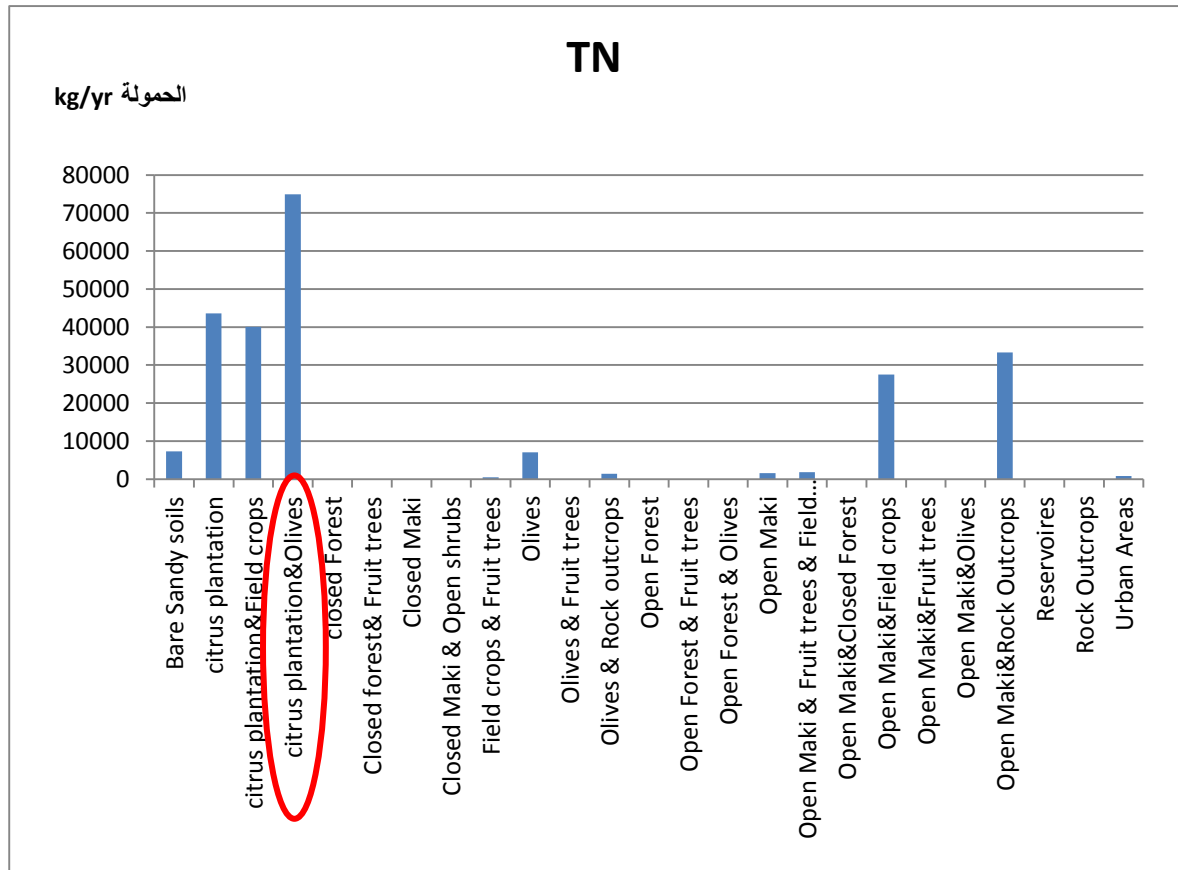
يبين الشكل (3-4) مخطط حمولة الفوسفور السنوية القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب استخدامات الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient



الشكل (3-4) حمولة الـ TP القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب نوع استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient

بالنسبة إلى حساب حمولة الـ TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب نوع استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient وقد تبين أن الأراضي المزروعة بالحمضيات والزيتون هي المساهم الأكبر بحمولة النتروجين السنوية والتي بلغت 74931.5kg/yr وفي المرتبة الثانية المساحات المزروعة بالحمضيات، بينما لا تساهم المساحات التي تغطيها الغابات بنسب تذكر في حمولة النتروجين السنوية.

يبين الشكل (4-4) مخطط حمولة النتروجين السنوية القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب استخدامات الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient



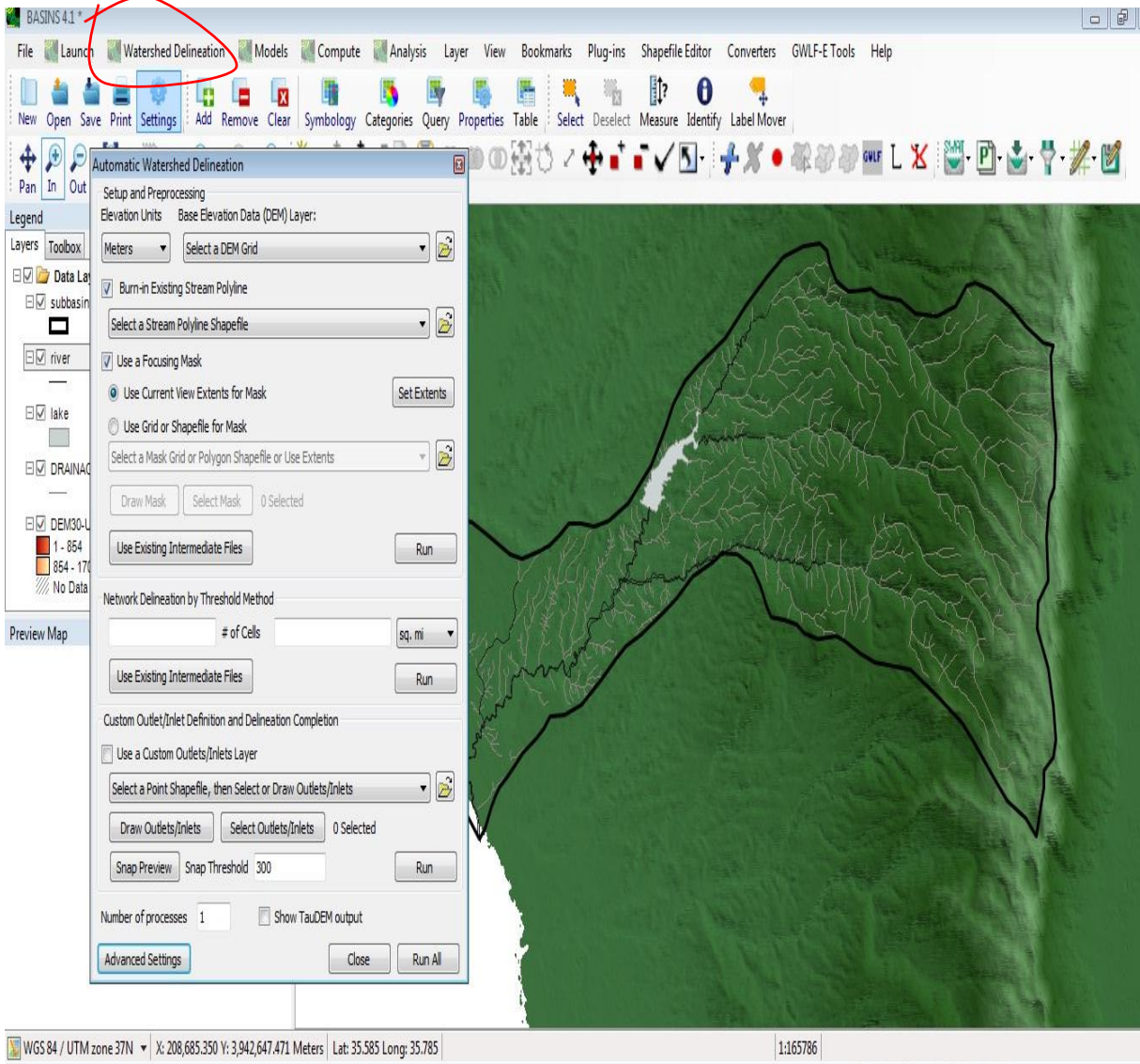
الشكل (4-4) حمولة الـ TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك حسب نوع استخدام الأراضي باستخدام طريقة الـ export coefficient

2-1-1-4 حساب حمولات التلوث السنوية لكل من TP وTN من الحوض الساكب لبحيرة

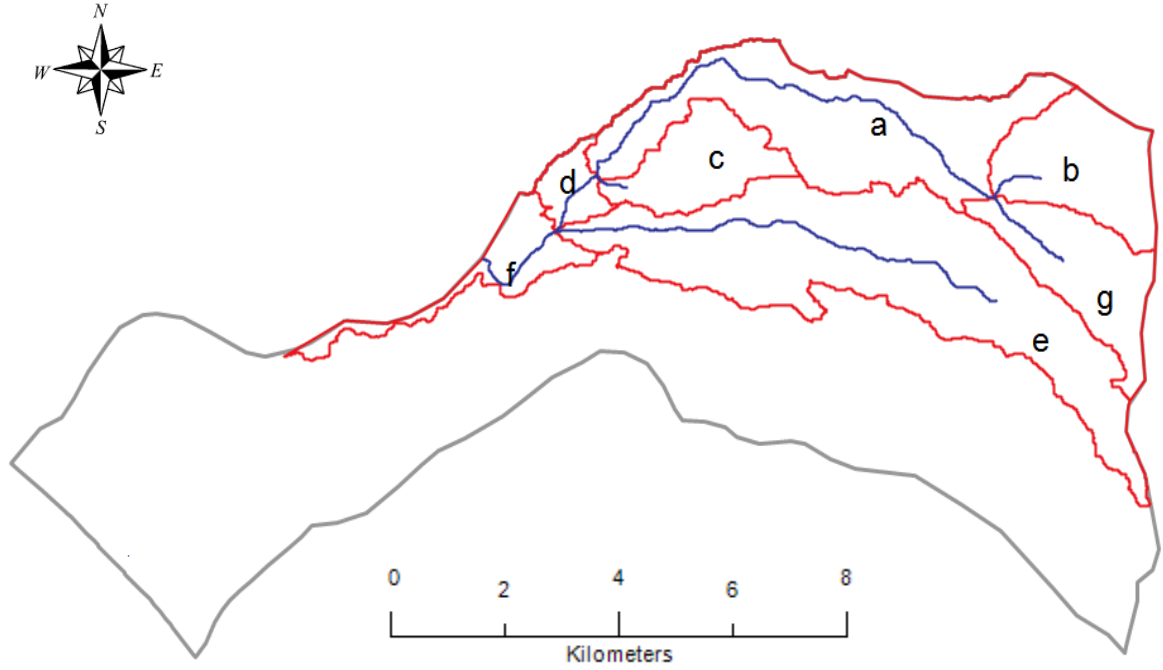
الثورة باستخدام طريقة الـ Export Coefficient

في البداية يجب تحديد حدود الأحواض الجزئية وذلك باستخدام برنامج الـ BASIN عن

طريق الخيار Watershed Delineation



الشكل (4-5) نافذة Watershed Delineation ضمن برنامج الـ BASIN



الشكل (4-6) خريطة تظهر الأحواض الجزئية لبحيرة الثورة

بعد عملية تحديد الأحواض الجزئية يتم حساب حمولات التلوث السنوية لكل من TP&TN القادمة من هذه الأحواض الساكنة باستخدام طريقة Export Coefficient وتظهر الجداول (3-4) و (4-4) هذه الحمولات:

في حال الأحواض الجزئية (الحوض الساكن للبحيرة فقط ومن أجل حساب تركيز الملوثات بـ mg/l تأخذ الوارد المائي من الأحواض الساكنة فقط جزء من نهر السنوبر ونبع ديفة وبالتالي يكون

$$\text{الوارد المائي} = \text{عامل الجريان} * \text{مساحة الحوض} * \text{ارتفاع طبقة الهطل}$$

$$\text{الوارد المائي} = 1020 * 1000 * 108 * 0.129$$

$$Q = 14.21 * 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$$

تحسب مساحة الحوض من مجموع مساحات الأحواض الجزئية للبحيرة، أما عامل الجريان فهو نسبة سماكة طبقة الجريان السطحي خلال فترة زمنية معينة إلى كمية الهطل المطري في الفترة نفسها، بالنسبة لعامل الجريان للحوض الساكب لبحيرة الثورة يؤخذ [27] 0.129

جدول (3-4) حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export Coefficient

| TP mg/l | TP kg/ha.yr | TP kg/yr | TP lb/ha.yr | TP lb/yr | subbasin |
|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------|
| 0.219839 | 0.390270875 | 3123.909 | 0.8604 | 6887.04 | a |
| 0.095148 | 0.385145281 | 1352.05 | 0.8491 | 2980.76 | b |
| 0.0008 | 0.004354487 | 11.37156 | 0.0096 | 25.07 | c |
| 0.015281 | 0.249203648 | 217.1392 | 0.5494 | 478.71 | d |
| 0.374806 | 0.443567979 | 5325.991 | 0.9779 | 11741.8 | e |
| 0.037836 | 0.305449102 | 537.643 | 0.6734 | 1185.3 | f |
| 0.098702 | 0.435221879 | 1402.553 | 0.9595 | 3092.1 | g |
| | | 11970.66 | | 26390.78 | المجموع |

وبالتالي تكون حمولة الفوسفور الكلية الواصلة إلى بحيرة الثورة من هذه الأحواض الجزئية هي 11970.66 kg/yr ونلاحظ أن الحوض e هو الذي يساهم بالنسبة الأكبر من حمولة الفوسفور الواصلة إلى البحيرة معظم أراضي ذا الحوض عبارة عن محاصيل حقلية وأراضي صخرية.

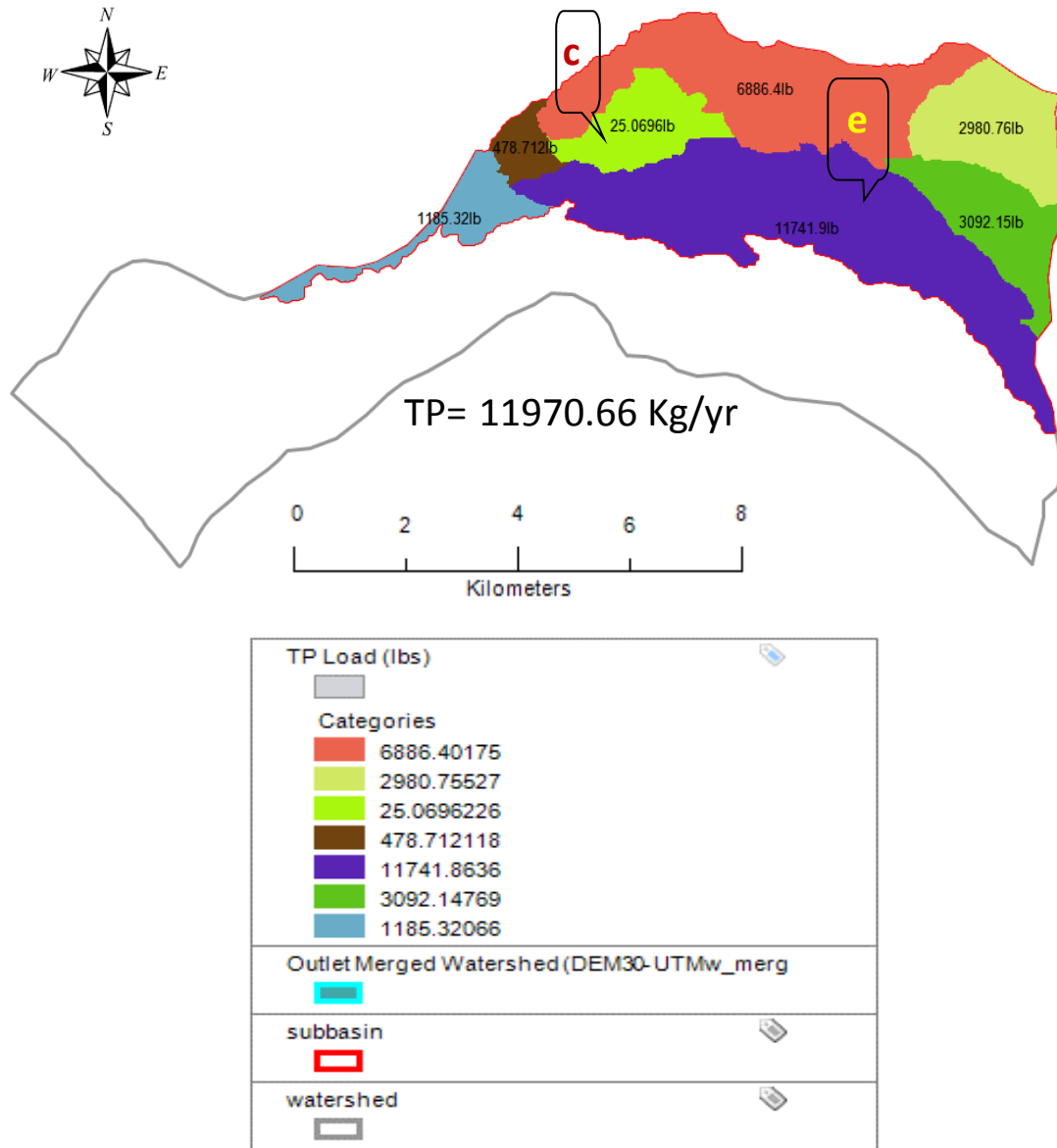
جدول (4-4) يبين حمولة النتروجين القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Export Coefficient

| TN mg/l | TN kg/ha.yr | TN kg/yr | TN lb/ha.yr | TN lb/yr | subbasin |
|----------|-------------|----------|-------------|-----------|----------|
| 1.013873 | 1.80008132 | 14407.14 | 3.9685 | 31762.3 | a |
| 0.474537 | 1.91960291 | 6743.177 | 4.232 | 14866.16 | b |
| 0.003201 | 0.01737259 | 45.48624 | 0.0383 | 100.28 | c |
| 0.244493 | 3.98725837 | 3474.241 | 8.7904 | 7659.39 | d |
| 1.553702 | 1.8441705 | 22078.11 | 4.0657 | 48673.9 | e |
| 0.605378 | 4.88518982 | 8602.425 | 10.77 | 18965.1 | f |
| 0.394814 | 1.7417947 | 5610.303 | 3.84 | 12368.6 | g |
| | | 60960.88 | | 134395.73 | المجموع |

أما بالنسبة لحمولة النتروجين الكلية الواصلة إلى بحيرة الثورة من الأحواض الجزئية هي 60960.88 kg/yr ونلاحظ أيضاً أن الحوض e هو الذي يساهم بالنسبة الأكبر من هذه الحمولة.

يوضح الشكل (4-7) حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ

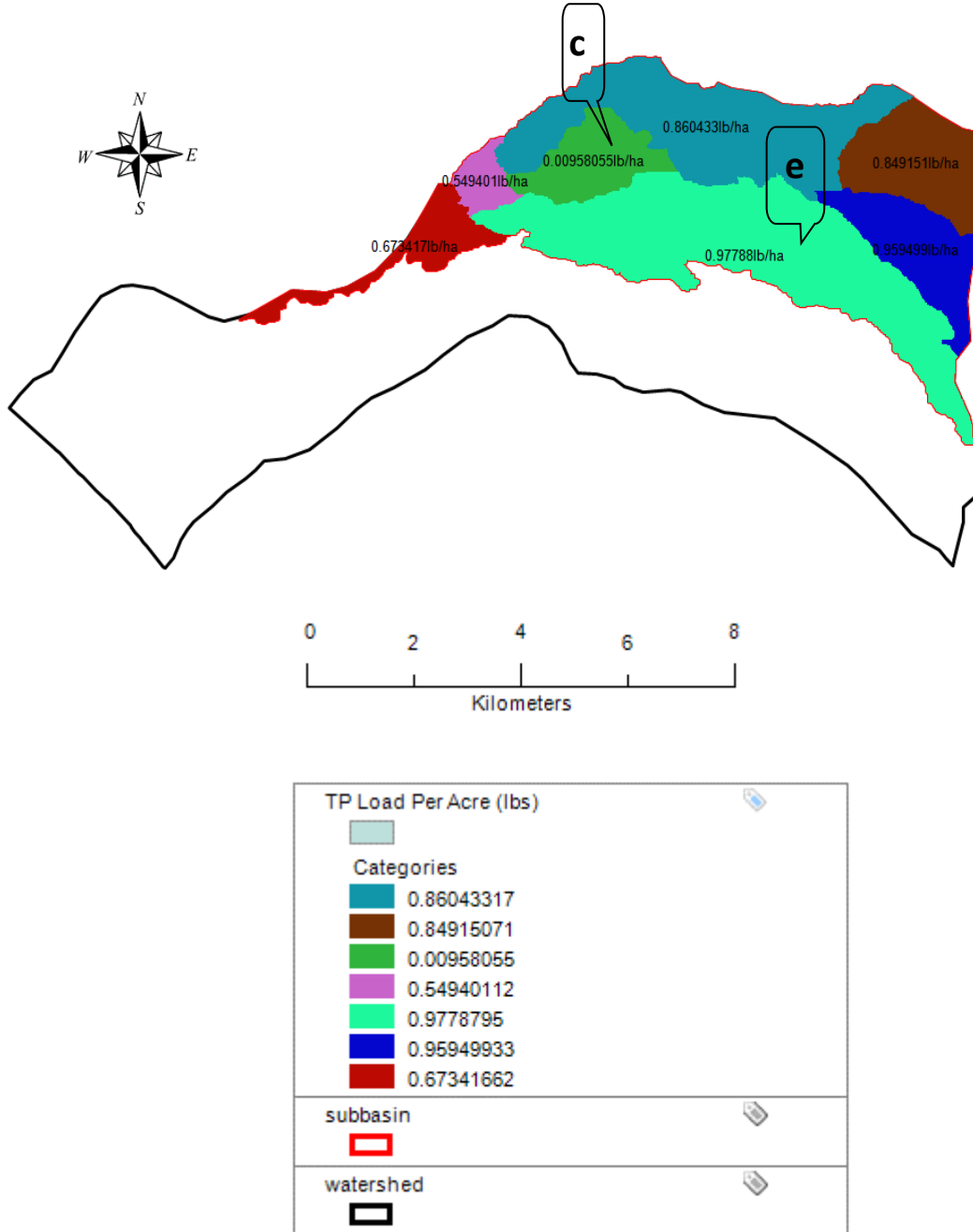
Export Coefficient



الشكل (4-7) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lbs) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ Export

Coefficient

يوضح الشكل (4-8) حمولة الفوسفور السنوية لكل هكتار من مساحة الأحواض الساكنة الجزئية حيث تتراوح هذه القيم ما بين 0.44 kg/ha.yr للحوض e حيث أن معظم مساحة الحوض عبارة عن محاصيل حقلية و 0.0044 kg/ha.yr للحوض c الذي تسوده الغابات بنسبة 50%

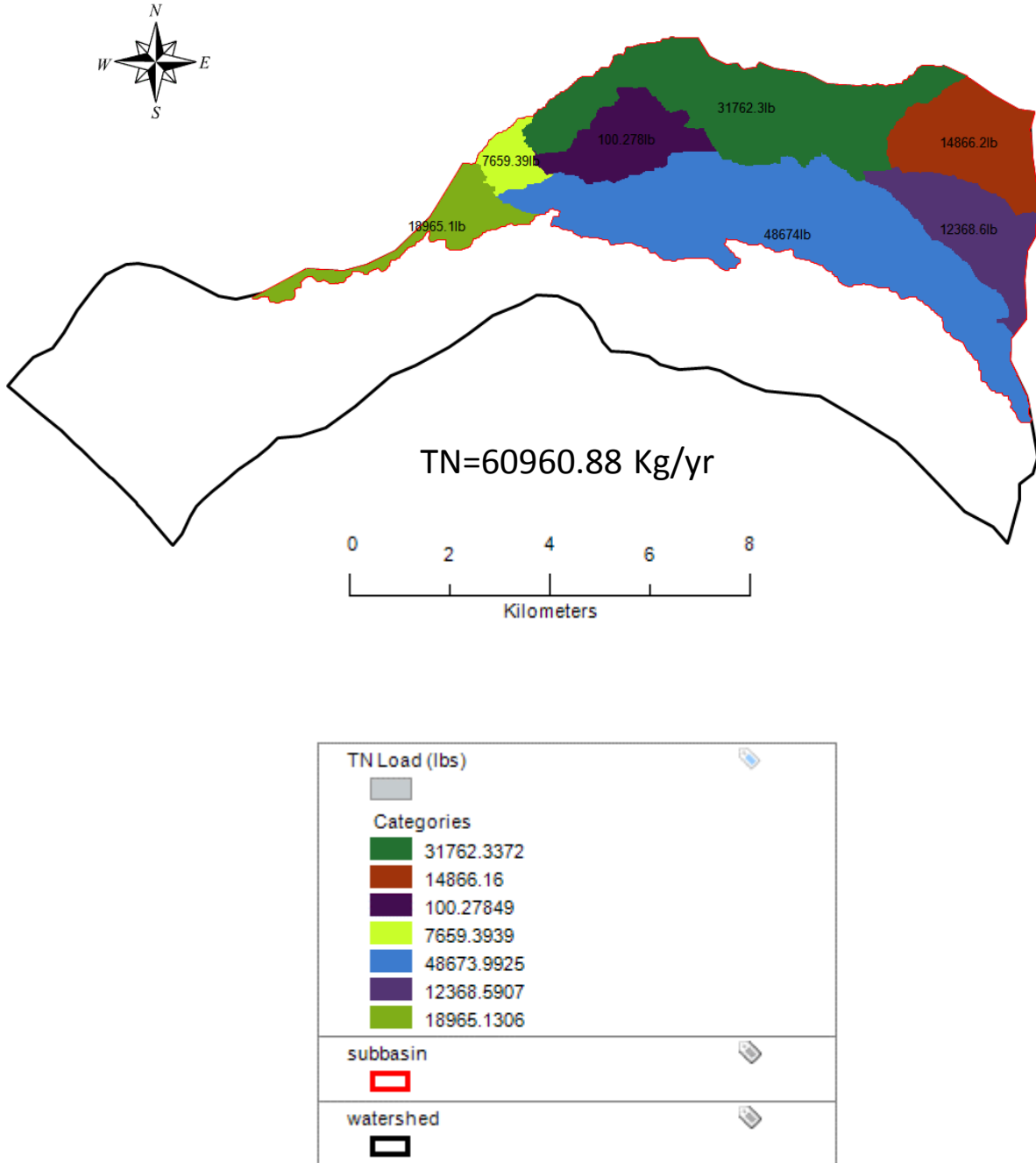


الشكل (4-8) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lbs/ha) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكن

لبحيرة الثورة بطريقة الـ Export Coefficient

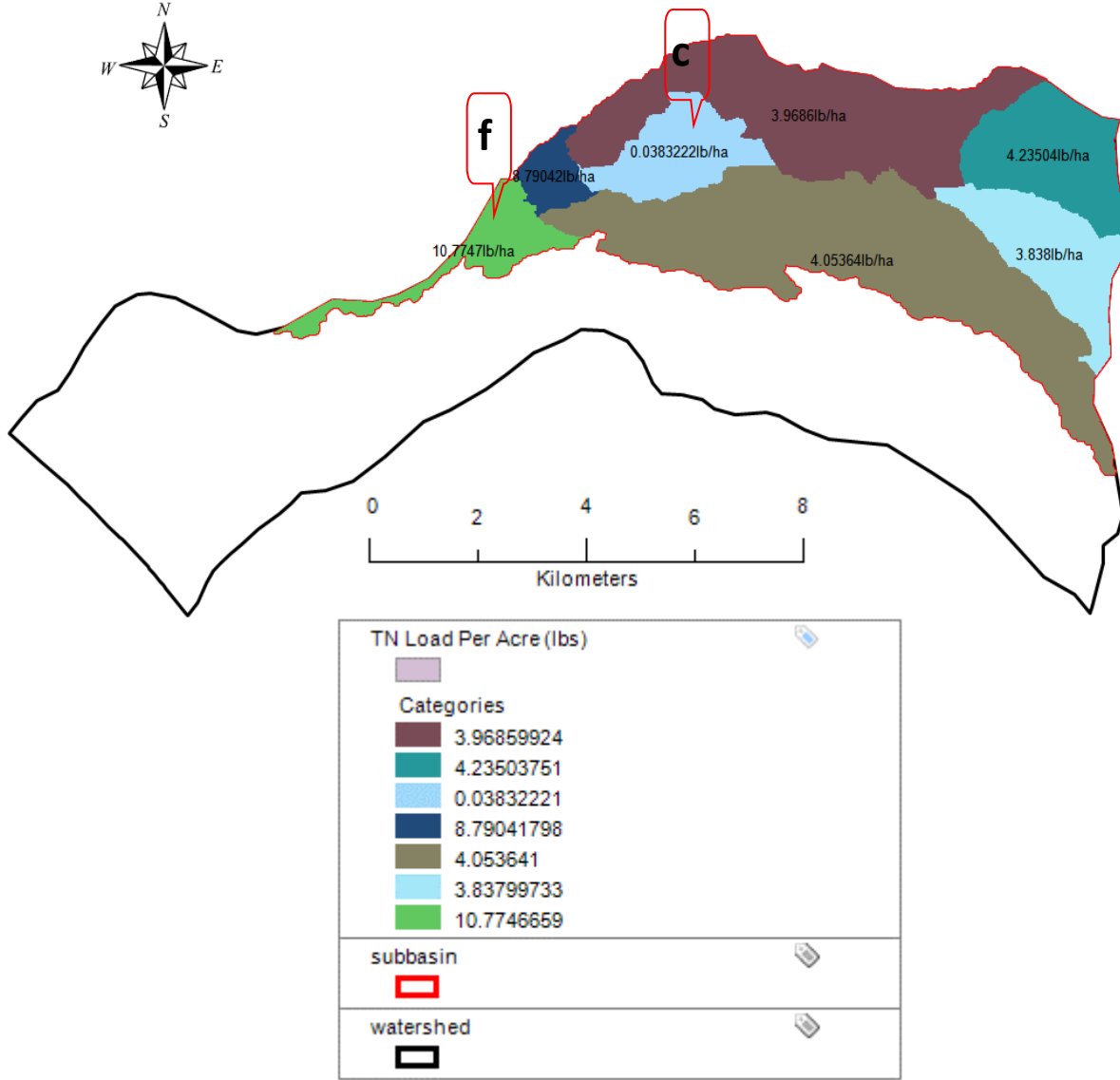
يوضح الشكل (9-4) حمولة النتروجين القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ

Export Coefficient



الشكل (9-4) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lbs) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ Export Coefficient

يوضح الشكل (4-10) حمولة النتروجين لكل هكتار من مساحة الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ Export Coefficient نلاحظ أن الحوض f يساهم بالحمولة الأكبر حيث أن معظم استخدامات الأراضي في هذا الحوض هي أراضي مزروعة زيتون وحمضيات بينما الحوض C الذي تسوده الغابات يساهم بالنسبة الأقل.



الشكل (4-10) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lbs/ha) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة بطريقة الـ Export Coefficient

4-1-2-1-4 طريقة استخدام Simple method

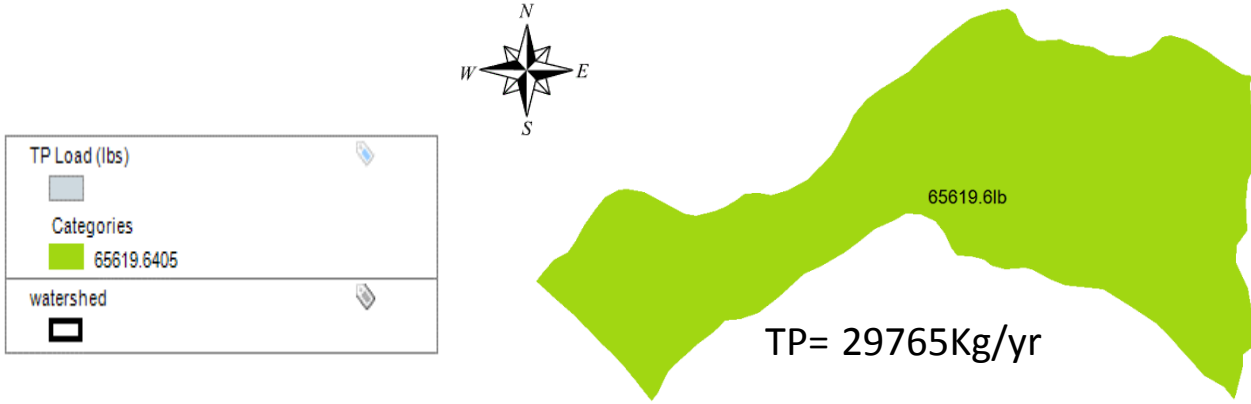
4-1-2-1-4 حساب حمولات التلوث السنوية من الحوض الساكب لنهر الصنوبر:

يتم أخذ قيم الـ EMC وقيم معامل عدم النفاذية من المراجع يبين الجدول (4-1) قيم المعاملات المطبقة في النموذج، تؤخذ كمية الهطل السنوية حوالي 1020 mm، يبين الجدول (4-5) حمولات التلوث السنوية لـ TP و TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

جدول (4-5) حمولات التلوث السنوية لـ TP و TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

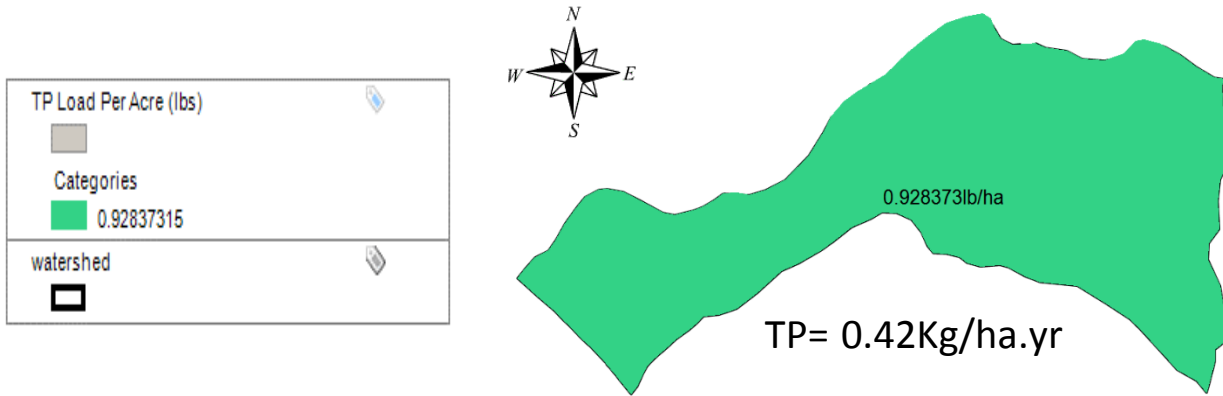
| mg/l | kg/ha.yr | Kg/yr | Lb/ha.yr | Lb/yr | |
|-------------|--------------|--------|----------|---------|-----------|
| 0.7 | 0.421 | 29765 | 0.9284 | 65619.6 | TP |
| 3.06 | 1.84 | 129997 | 4.055 | 286595 | TN |

يظهر الشكل (4-11) حمولة الفوسفور السنوية القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك باستخدام طريقة الـ Simple method



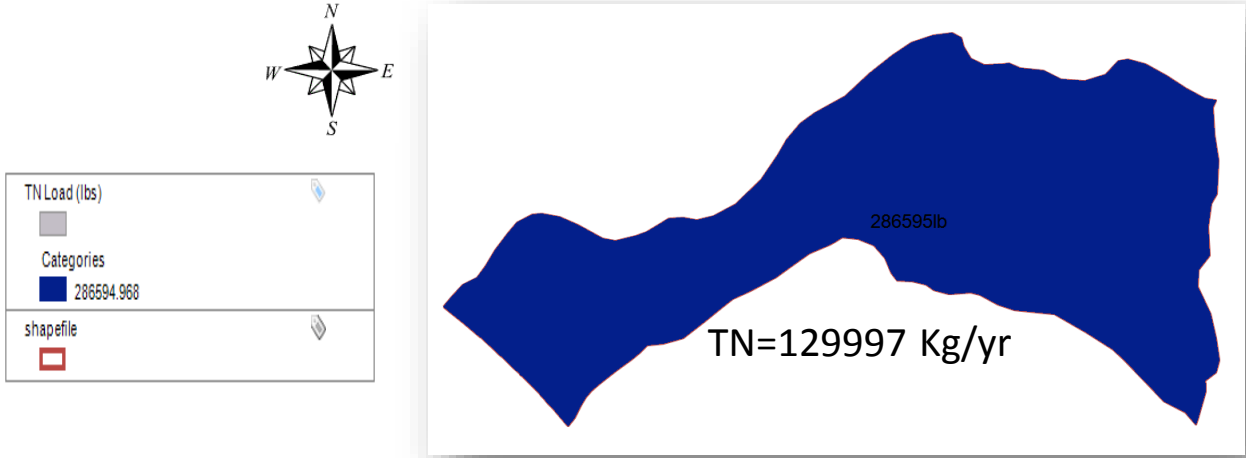
الشكل (4-11) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lbs/yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

الشكل (4-12) معدل حمولة الفوسفور لكل هكتار من مساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك باستخدام طريقة الـ Simple method



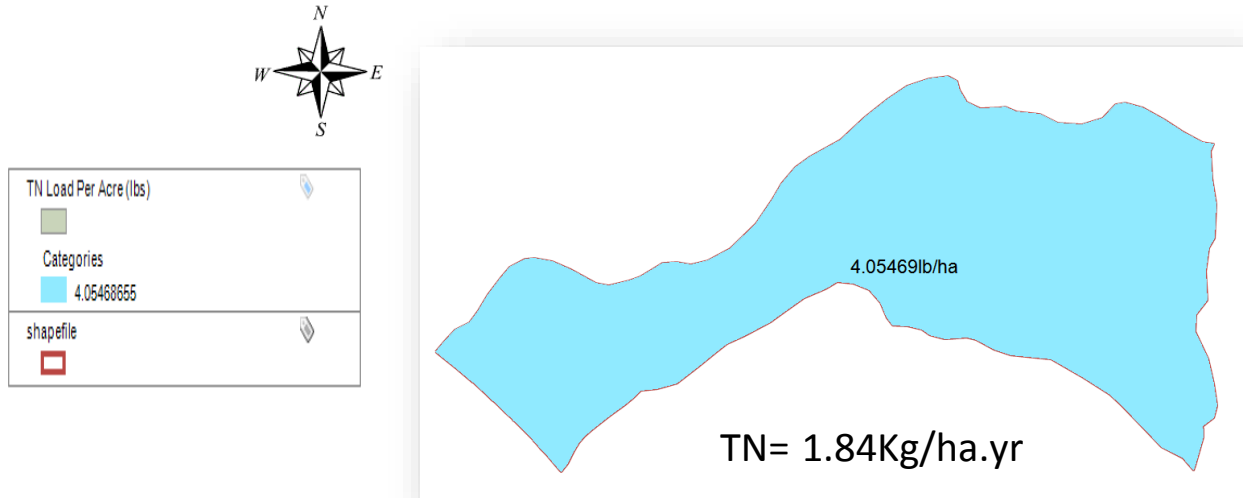
الشكل (4-12) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lb/ha.yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

يبين الشكل (4-13) حمولة النتروجين السنوية القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك باستخدام طريقة الـ Simple method



الشكل (4-13) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lbs/yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

الشكل (4-14) معدل حمولة النتروجين لكل هكتار من مساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر وذلك باستخدام طريقة الـ Simple method



الشكل (4-14) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/ha.yr) القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر بطريقة الـ Simple method

4-1-2-2 حساب حمولات التلوث السنوية لكل من TP وTN القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة:

يبين الجدول (4-6) حمولات الفوسفور السنوية القادمة من الأحواض الجزئية والواصلة إلى بحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method حيث تقدر حمولة الفوسفور السنوية الواصلة إلى البحيرة بـ 15746 kg/yr نلاحظ أن الحوض e هو المساهم الأكبر في حمولة التلوث الواصل إلى البحيرة.

جدول (4-6) حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method

| TP mg/l | TP kg/ha.yr | TP kg/yr | TP lb/ha.yr | TP lb/yr | subbasin |
|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------|
| 0.291847 | 0.517095302 | 4147.15 | 1.14 | 9142.9 | a |
| 0.124206 | 0.503487531 | 1764.973 | 1.11 | 3891.1 | b |
| 0.001111 | 0.005896701 | 15.78501 | 0.013 | 34.8 | c |
| 0.008309 | 0.135170526 | 118.0701 | 0.298 | 260.3 | d |
| 0.523285 | 0.621421547 | 7435.876 | 1.37 | 16393.3 | e |
| 0.020576 | 0.167829177 | 292.3856 | 0.37 | 644.6 | f |
| 0.138753 | 0.6123497 | 1971.675 | 1.35 | 4346.8 | g |
| | | 15745.91 | | 34713.8 | المجموع |

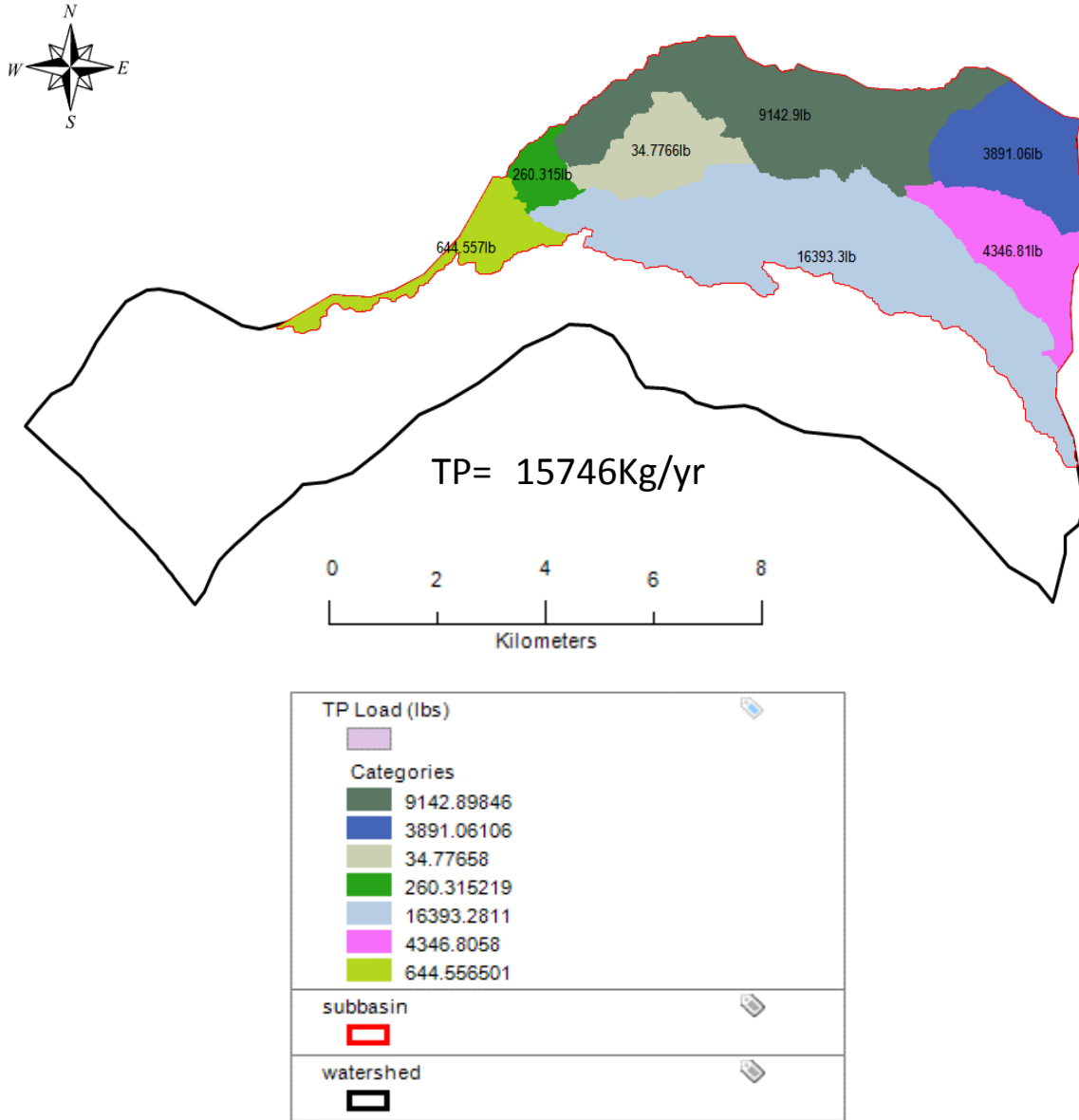
أما حمولة النتروجين السنوية القادمة من الأحواض الجزئية والواصلة إلى بحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method فهي مبينة في الجدول (4-7) وتصل قيمتها إلى 63772 kg/yr الحوض e هو المساهم الأكبر في حمولة النتروجين الواصل إلى البحيرة. جدول (4-7) يبين حمولة النتروجين القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ

Simple method

| TN mg/l | TN kg/ha.yr | TN kg/yr | TN lb/ha.yr | TN lb/yr | subbasin |
|----------|-------------|----------|-------------|-----------|----------|
| 1.174769 | 2.0865249 | 16693.47 | 4.6 | 36802.8 | a |
| 0.505262 | 2.04570159 | 7179.778 | 4.51 | 15828.7 | b |
| 0.006164 | 0.02267962 | 87.58869 | 0.05 | 193.1 | c |
| 0.043294 | 0.7076041 | 615.2073 | 1.56 | 1356.3 | d |
| 2.096123 | 2.48115026 | 29785.91 | 5.47 | 65666.7 | e |
| 0.107196 | 0.86636143 | 1523.249 | 1.91 | 3358.19 | f |
| 0.555011 | 2.46754249 | 7886.701 | 5.44 | 17387.2 | g |
| | | 63771.91 | | 140592.99 | المجموع |

يوضح الشكل (4-15) حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام

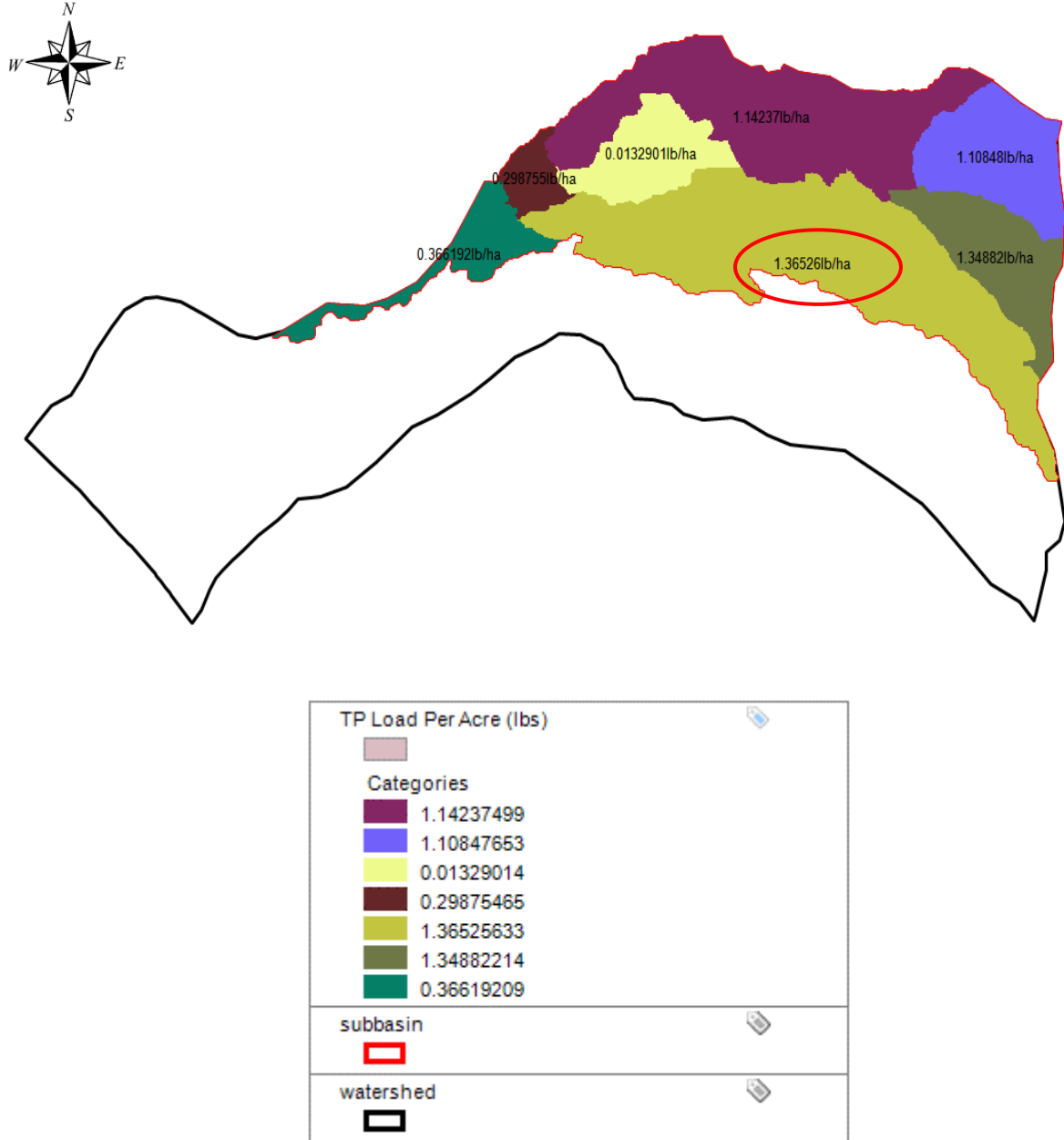
طريقة الـ Simple method



الشكل (4-15) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lbs) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ

Simple method

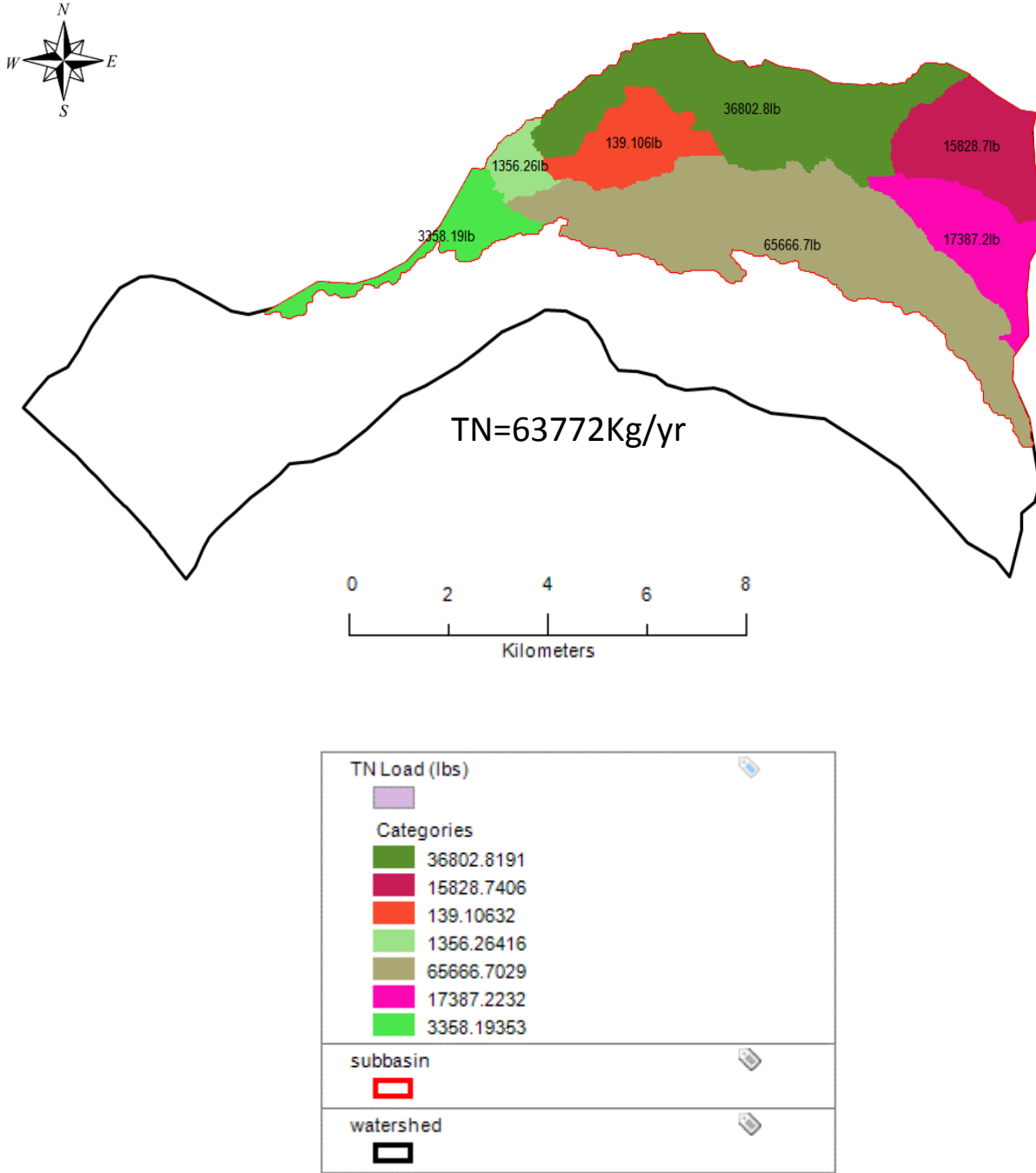
يوضح الشكل (4-16) حمولة الفوسفور لكل هكتار من مساحة الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method



الشكل (4-16) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TP (lbs/ha) بالنسبة لمساحة الحوض القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method

تتوزع حمولات النتروجين السنوية القادمة من الأحواض الجزئية لبحيرة الثورة كما في الشكل (4-17)

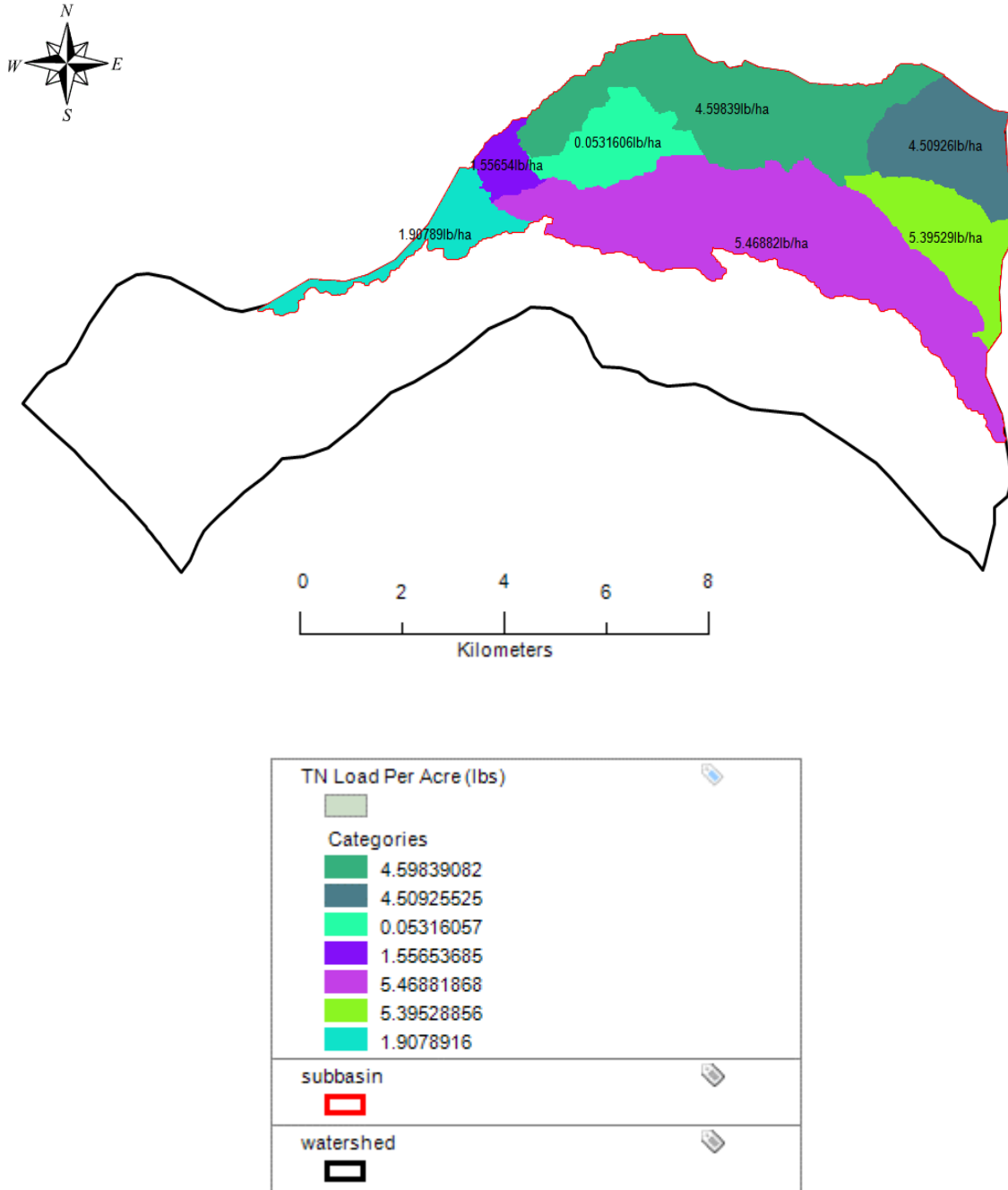
(17) هذه الحمولات محسوبة باستخدام طريقة الـ Simple method



الشكل (4-17) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lbs/yr) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة

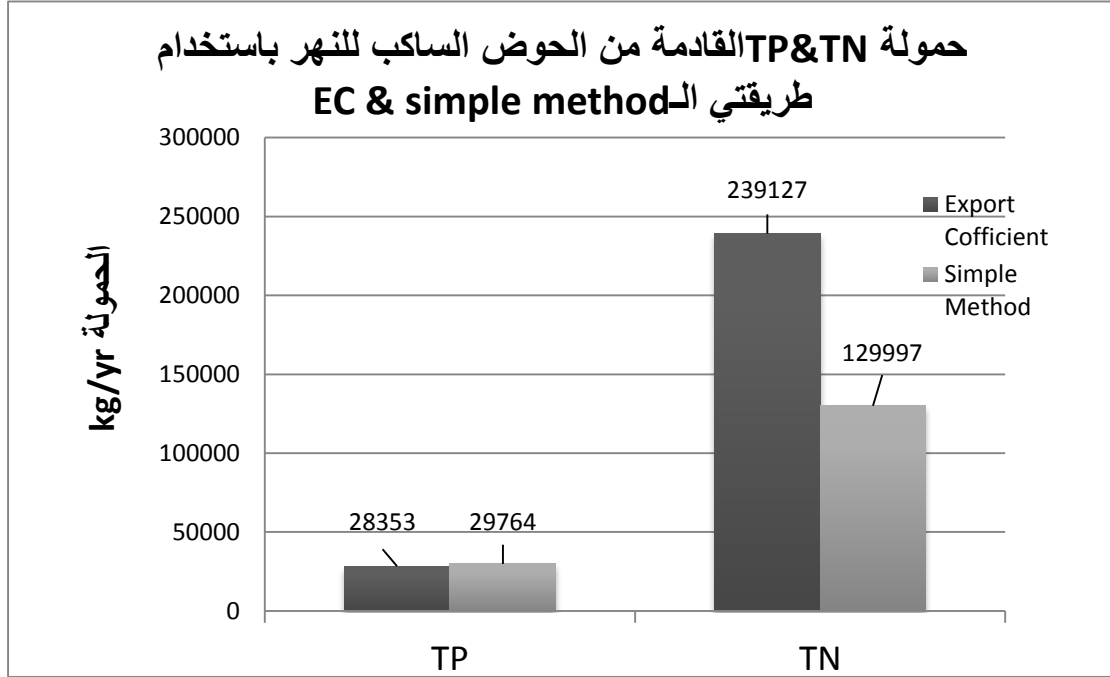
Simple method الـ

يبين الشكل (4-18) مقدار حمولة النتروجين السنوية لكل هكتار من مساحة الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method



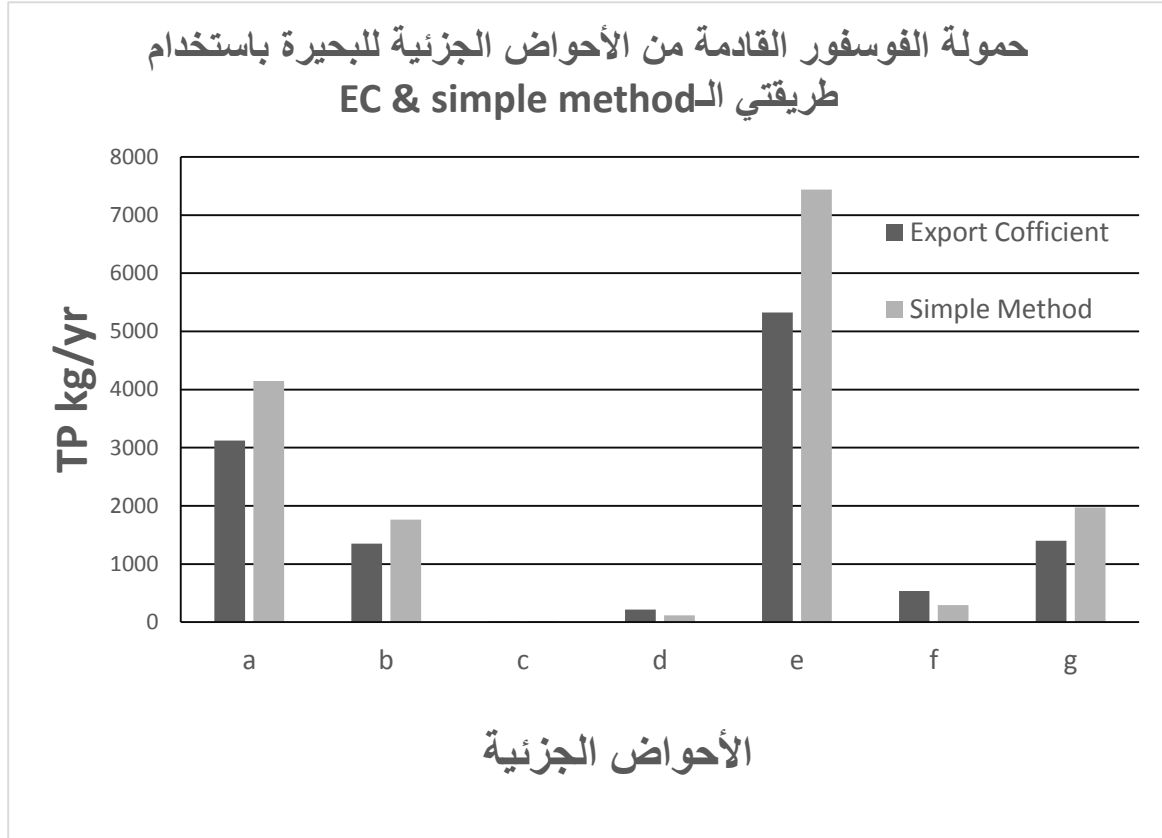
الشكل (4-18) خريطة حمولة التلوث السنوية لـ TN (lb/ha.yr) القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة باستخدام طريقة الـ Simple method

بعد حساب حمولات التلوث السنوية لكل من TP&TN القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر والحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك باستخدام طريقتي الـ EC & EMC تبين أن كلا الطريقتين أعطت قيم متقاربة لحمولة الفوسفور السنوية القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر. هناك فرق واضح بالنسبة لحمولة النتروجين السنوية المحسوبة بطريقة الـ EC والمحسوبة بطريقة الـ EMC وهذه المقارنة موضحة في الشكل (4-19)

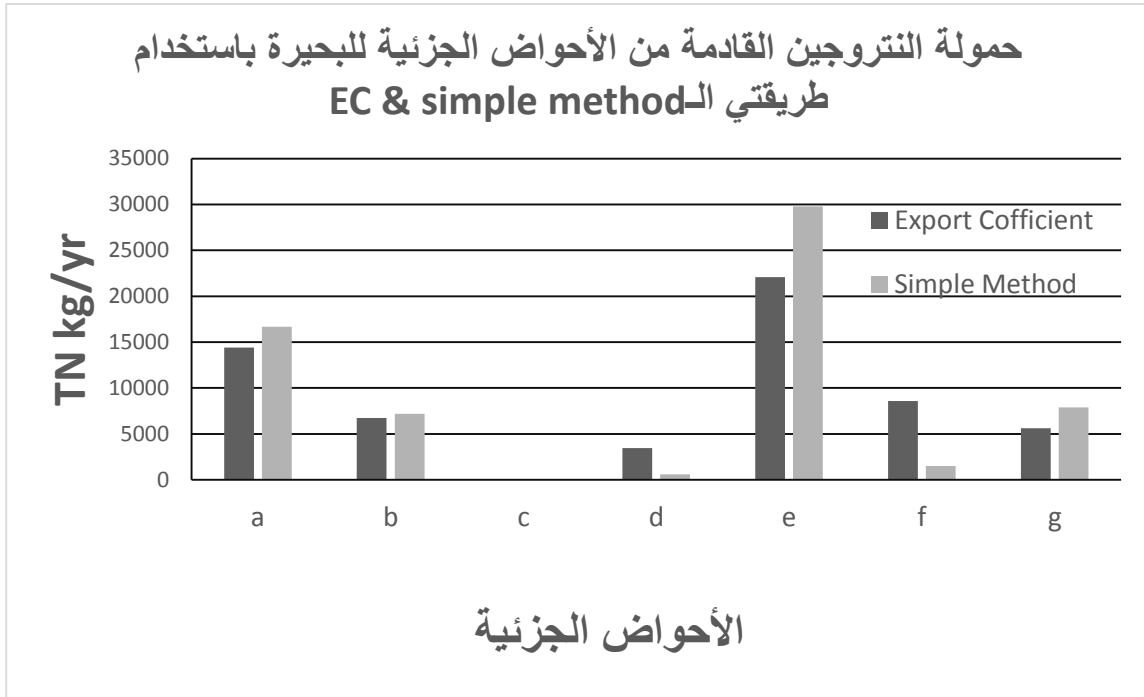


الشكل (4-19) مقارنة حمولة TP&TN القادمة من الحوض الساكب للنهر باستخدام طريقتي الـ EC & simple method

أما بالنسبة لحمولات التلوث القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة نلاحظ تباين في القيم المحسوبة باستخدام الطريقتين السابقتين يوضح الشكلين (4-20) و(4-21) مقارنة بين حمولة التلوث القادمة من الأحواض الجزئية للبحيرة باستخدام طريقتي الـ EC & Simple method، لكن في معظم الحالات أعطت طريقة الـ EMC قيم أعلى لحمولات التلوث السنوية من القيم المحسوبة بطريقة الـ EC.



الشكل (4-20) مقارنة حمولة TP القادمة من الحوض الساكب للبحيرة باستخدام طريقتي الـ EC & simple method



الشكل (4-21) مقارنة حمولة TN القادمة من الحوض الساكن للبحيرة باستخدام طريقتي الـ EC & simple method

4-2 حساب حمولات التلوث القادمة من المصادر النقطية:

تعتبر مياه الصرف الصحي التي تصب مباشرة في البحيرة أهم المصادر النقطية في الحوض الساكن ، تحمل مياه الصرف الصحي معها إلى البحيرة العديد من الملوثات منها المغذيات

TP& TN

تنتشر العديد من التجمعات السكانية والبلديات بجوار البحيرة حيث تصب هذه التجمعات مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البحيرة مباشرة في البحيرة وهذه المصببات هي:

- مصب بلدية بعثا وهي تخدم 1547 نسمة.
- مصب بلدية حبييت وهي تخدم 4750 نسمة.
- مصب بلدة الدراشية وهي تخدم 1100 نسمة.
- مصب بلدية كيمين وهي تخدم 1874 نسمة.

عدد سكان القرى التي تصب مياه الصرف الصحي التابعة لها لعام 2003 [54]

$$1547 + 4750 + 1100 + 1874 = 9271 \text{ pr}$$

وحتى عام 2015 يصبح عدد السكان 10940pr بزيادة قدرها 1.5 %

4-2-1 حساب تركيز الفوسفور:

يحسب تصريف الشخص الواحد من مياه الصرف حوالي 100 l/pr.day ومقدار ماتحتويه مياه الصرف الصحي من فوسفور يتراوح ما بين 4mg/l في المياه قليلة التلوث و 8mg/l في المياه متوسطة التلوث و 15mg/l في المياه شديدة التلوث.

في البحث أخذت القيمة 8mg/l باعتبار منطقة الدراسة في الريف ولاحتوي على كمية كبيرة من الملوثات بالتالي تكون حمولة الفوسفور للفرد الواحد في اليوم:

$$a = c * q$$

حيث c تركيز الفوسفور في مياه الصرف الصحي mg/l

q مقدار التصريف اليومي للفرد l/pr.day

$$a = 8 * 100 = 800 \text{ mg/pr.day}$$

بالتالي تصبح حمولة الفوسفور القادمة من مياه الصرف الصحي في اليوم الواحد

$$l = a * N$$

حيث l حمولة الفوسفور في مياه الصرف الصحي kg/day

N عدد السكان pr

$$l = 800 * 10^{-6} * 10940 = 8.752 \text{ kg/day} = 3193.48 \text{ kg/yr}$$

فيكون تركيز الفوسفور الواصل إلى البحيرة:

$$P_{in} = l/Q$$

حيث Q مقدار الوارد المائي للبحيرة ويتم احتسابها من جداول تخزين البحيرة وقيمتها

$$Q = 42.524 * 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$P_{in} = 3193.48 / (42.524 * 10^6) = 0.075 \text{ mg/l}$$

$$P_{in} = 0.075 \text{ mg/l}$$

4-2-2 حساب تركيز النتروجين:

يحسب تصريف الشخص الواحد من مياه الصرف حوالي 100 l/pr.day ومقدار ماتحتويه مياه الصرف الصحي من نتروجين يتراوح ما بين 20mg/l في المياه قليلة التلوث و40mg/l في المياه متوسطة التلوث و85mg/l في المياه شديدة التلوث.

في البحث أخذت القيمة 40mg/l باعتبار منطقة الدراسة في الريف ولاحتوي على كمية كبيرة من الملوثات بالتالي تكون حمولة النتروجين للفرد الواحد في اليوم:

$$a = c * q$$

حيث c تركيز النتروجين في مياه الصرف الصحي mg/l

q مقدار التصريف اليومي للفرد l/pr.day

$$a=40 * 100=4000 \text{ mg/pr.day}$$

بالتالي تصبح حمولة النتروجين القادمة من مياه الصرف الصحي في اليوم الواحد

$$l = a * N$$

حيث l حمولة النتروجين في مياه الصرف الصحي kg/day

N عدد السكان pr

$$l = 4000 * 10^{-6} * 10940 = 43.76 \text{ kg/day} = 15972.4 \text{ kg/yr}$$

فيكون تركيز النتروجين الواصل إلى البحيرة:

$$P_{in} = l/Q$$

حيث Q مقدار الوارد المائي للبحيرة ويتم احتسابها من جداول تخزين البحيرة وقيمتها

$$Q=42.524 * 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$N_{in} = 15972.4 / 42.524 * 10^6 = 0.38 \text{mg/l}$$

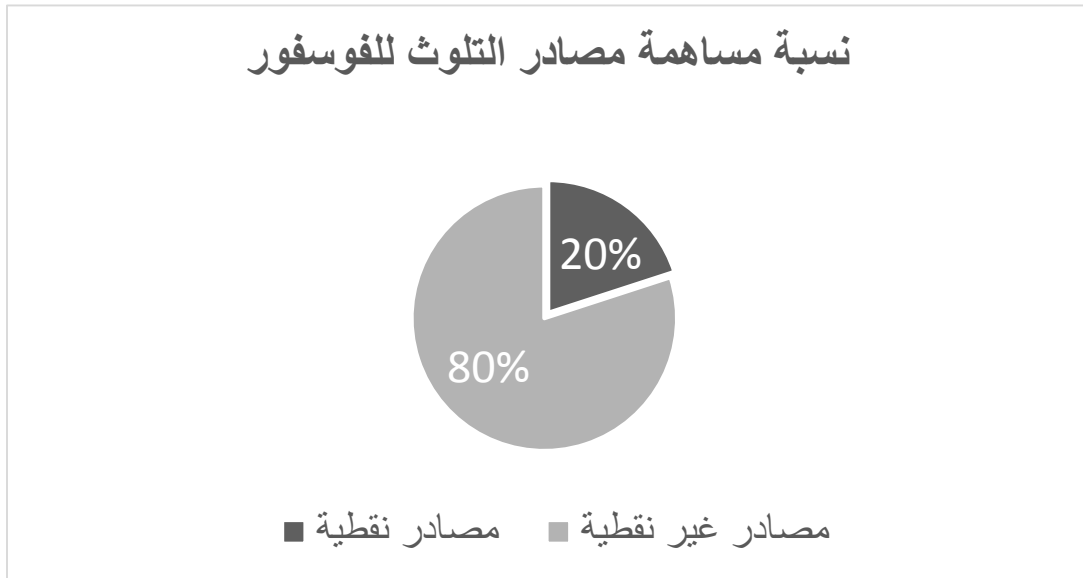
$$N_{in} = 0.38 \text{mg/l}$$

3-4 حساب نسبة مساهمة مصادر التلوث:

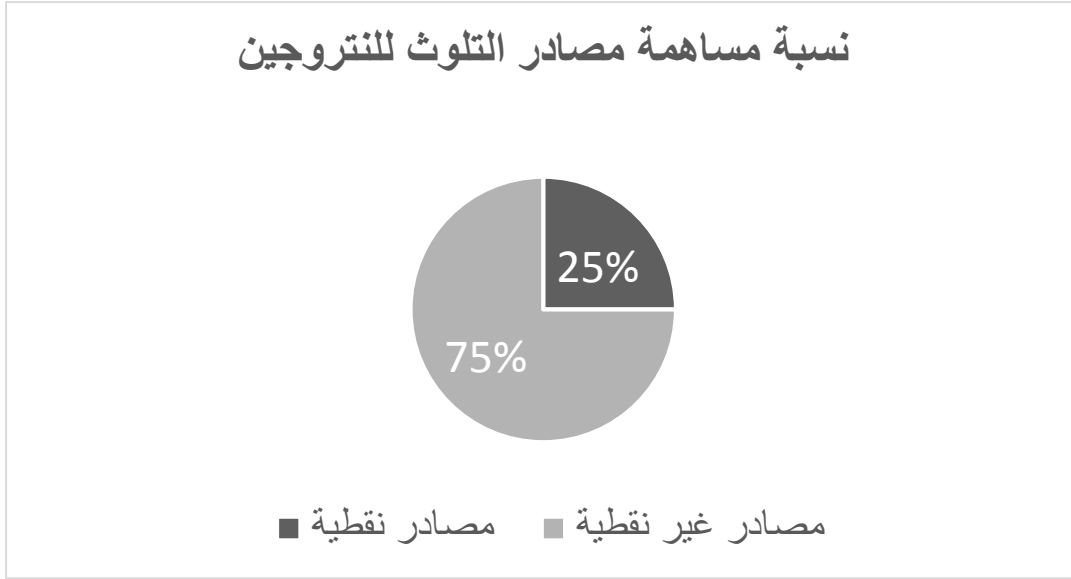
أظهرت النتائج أن النسبة العظمى من حمولة التلوث القادمة من الحوض الساكب تأتي من المصادر غير النقطية حيث تتراوح هذه النسبة لحوض البحيرة الجزئي بالنسبة للفسفور 80% يأتي من مصادر غير نقطية و20% من مصادر نقطية كما هو موضح بالشكل (4-22).

أما بالنسبة للنتروجين 75% من مصادر غير نقطية و25% من مصادر نقطية كما هو موضح بالشكل (4-23).

وهذه النسب تفسر على أن معظم أراضي الحوض الساكب هي أراض زراعية حيث أن الزراعة هي العامل المسيطر على كامل استخدامات الأراضي في غياب النشاطات الصناعية والبشرية ضمن الحوض الساكب.



الشكل (4-22) نسبة مساهمة مصادر التلوث بالفسفور ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة



الشكل (4-23) نسبة مساهمة مصادر التلوث بالنتروجين ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة

4-4 سيناريوهات التحكم بمصادر التلوث:

تؤثر الملوثات الملقاة في المصدر المائي تبعاً لكميتها ونوعيتها على مواصفات مياه المصدر ومن أجل الحفاظ على جودة المصدر المائي والحد من تلوثه يجب التحكم بمصادر هذه الملوثات عن طريق مراقبتها ووضع سيناريوهات للتحكم بكمية الملوثات القادمة منها والتي تحافظ على المستوى المطلوب من جودة هذا المصدر، في دراستنا تم وضع عدة سيناريوهات للتحكم بمصادر التلوث النقطية وغير النقطية ضمن الحوض الساكب.

4-4-1 بالنسبة لمصادر التلوث غير النقطية:

يمكن التحكم بمصادر التلوث غير النقطية والمتمثلة بالجريانات السطحية من الأراضي الزراعية واستخدامات الأراضي المختلفة عن طريق:

1- الترشيد في استهلاك الأسمدة الكيماوية المطبقة، حيث تستخدم الكمية المطلوبة دون

زيادة في كميتها في الفصل المناسب من السنة، هذا يؤدي بدوره إلى تخفيض حمولة

المغذيات التي تأتي مع الجريانات السطحية من الأراضي الزراعية.

2- زراعة الأشجار أو الشجيرات والأعشاب حول الحقول المجاورة للمصدر المائي بمسافة

محددة يمكن أن يساعد في الحد من وصول المغذيات إلى المصدر المائي، حيث تساعد

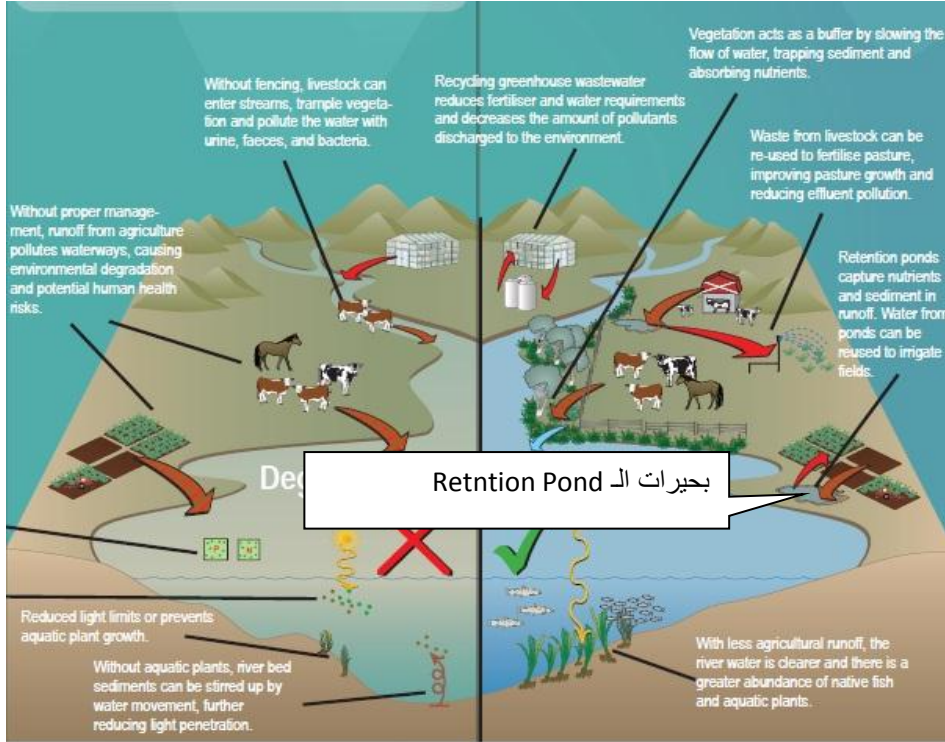
على خفض سرعة تدفق جريان المياه إلى البحيرة، تجميع الرواسب، بالإضافة إلى امتصاص وارتشاح المغذيات قبل وصولها إلى البحيرة.

3- إنشاء بحيرات احتجاز Retention Pond ضمن الحوض الساكب والتي تعمل على استقبال الجريان من الحوض الساكب قبل وصوله إلى البحيرة، هذه البحيرات تعمل على النقاط المغذيات والرواسب من الجريان السطحي، يمكن إعادة استعمال مياه هذه البحيرات في ري الحقول المجاورة.

4- تنظيم تربية الحيوانات والماشية وعملية الرعي الجائر ضمن الحوض الساكب ومعالجة النفايات والصرف الناتج عن منشآت تربية الحيوانات (المداجن - المباقر - مزارع تربية الأغنام ...) الواقعة ضمن الحوض الساكب.

4-4-2 التحكم بمصادر التلوث النقطية:

يتم التحكم بمصادر التلوث النقطية والمتمثلة بمياه الصرف الصحي التي تصب مباشرة من التجمعات السكانية ضمن مياه المصدر المائي دون معالجة لذلك يكمن الحل بوضع محطة معالجة مياه صرف صحي للتجمعات السكانية ضمن الحوض الساكب مع الأخذ بعين الاعتبار المعالجة الثلاثية المتقدمة لإزالة المغذيات (N&P) مع مراعاة عامل الترشيح في استخدام المنظفات والمواد الكيماوية التي تعتبر مصدر هام للمغذيات بالإضافة إلى دورها السلبي الذي يعيق عملية معالجة مياه الصرف الصحي. يظهر الشكل (4-24) بعض سيناريوهات التحكم بمصادر المغذيات الواصلة إلى المصدر المائي من الحوض الساكب.



الشكل (4-24) مخطط يمثل سيناريوهات التحكم حول المصدر المائي

وحددت نسبة إزالة الفوسفور عند تطبيق سيناريو Riparian buffer (زراعة الأعشاب أو الشجرات على بعد محدد من المصدر المائي) بـ (30-40) % أما بالنسبة لـ Retention Pond فقد تصل إلى 70% [18].

3-4-4 السيناريو الأول

تم تحديد نسبة تغير معدل الحمولة السنوية الكلية للفوسفور والنتروجين القادمة من الحوض الساكن لنهر السنوبر وذلك بعد تخفيض معدل التسميد المطبق على أراضي المحاصيل الزراعية بنسبة 50% عن طريق التحكم بكمية الأسمدة الزراعية المطبقة والترشيد في عملية الري.

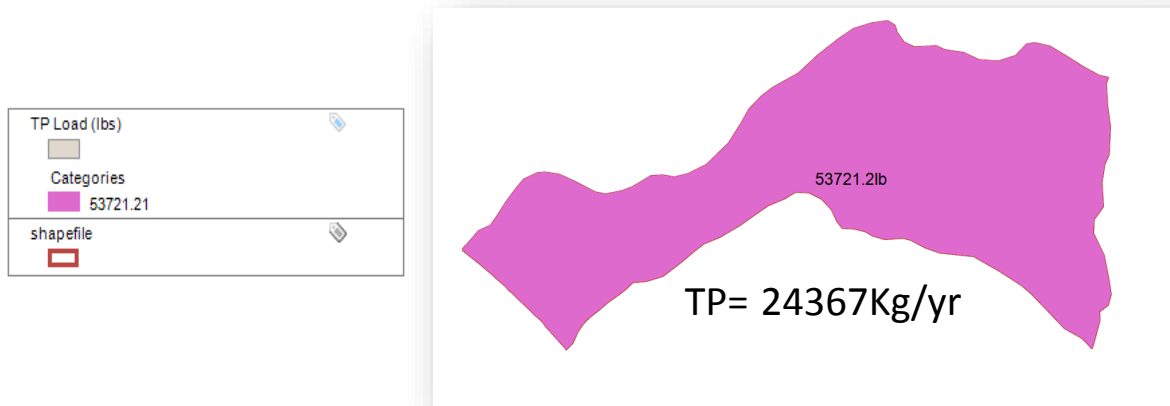
فإن معدل حمولة الفوسفور الواصل إلى البحيرة السنوية المحسوبة عن طريق الـ Pload بعد تطبيق السيناريوهات السابقة انخفضت بنسبة 14% أما حمولة النتروجين السنوية الواصلة إلى البحيرة فقد انخفضت بنسبة 35% وهي موضحة بالجدول (4-8)

الجدول (4-8) قيم معدل حمولة كل من TP & TN قبل وبعد تطبيق سيناريو التحكم

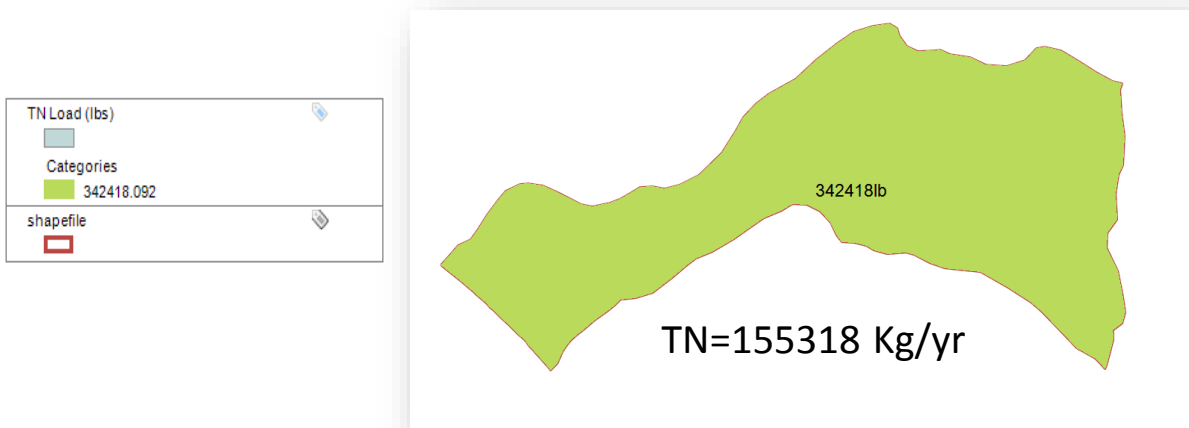
| TN kg/yr | TP kg/yr | |
|----------|----------|---------------------|
| 239127 | 28353 | قبل تطبيق السيناريو |
| 155318 | 24367 | بعد تطبيق السيناريو |
| 35 | 14 | نسبة التخفيض % |

تظهر الأشكال (4-25) خرائط التلوث التي تم الحصول عليها بعد تخفيض معدل التسميد

المطبق على الأراضي الزراعية في الحوض الساكب لنهر الصنوبر بنسبة 50%



(a)

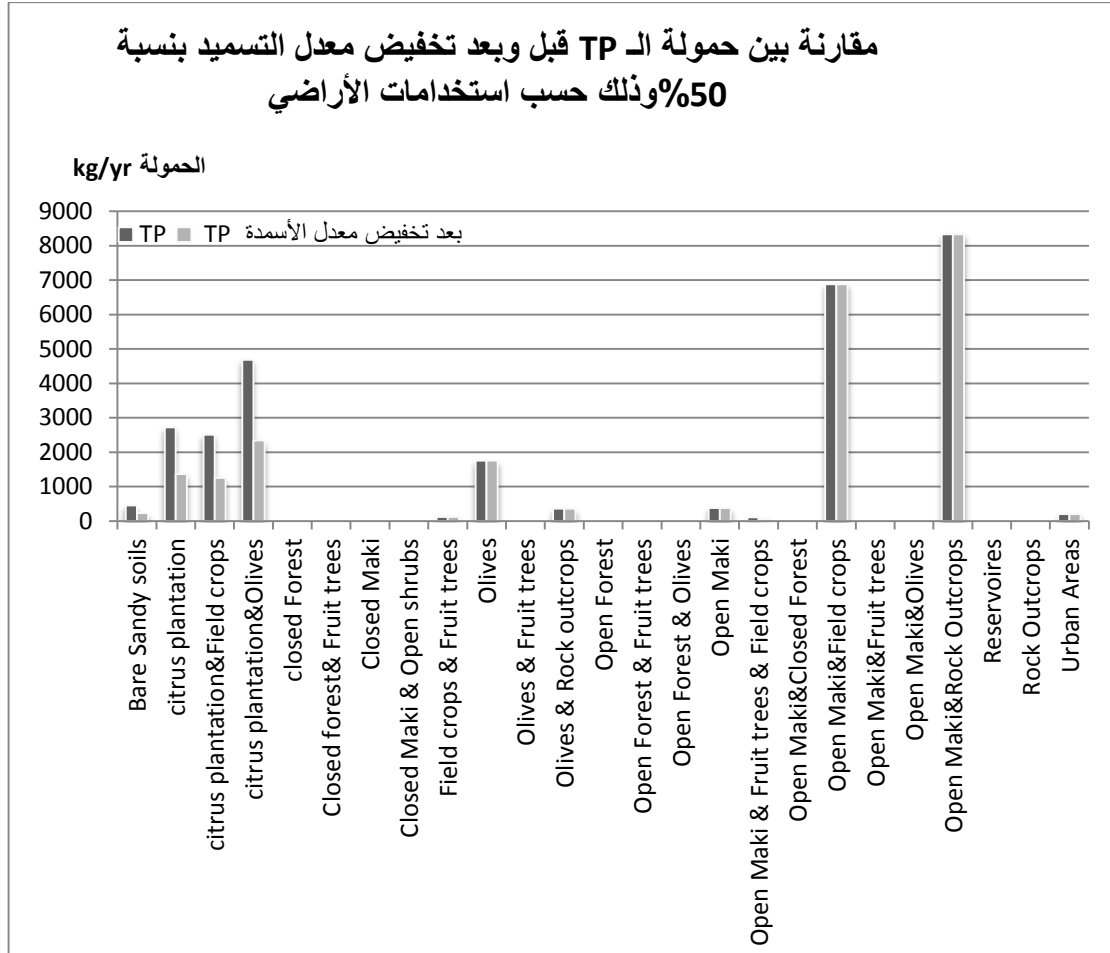


(b)

الشكل (4-25) حمولة الفوسفور والنيتروجين القادمة من الحوض الساكب للنهر بعد تخفيض معدل حمولة

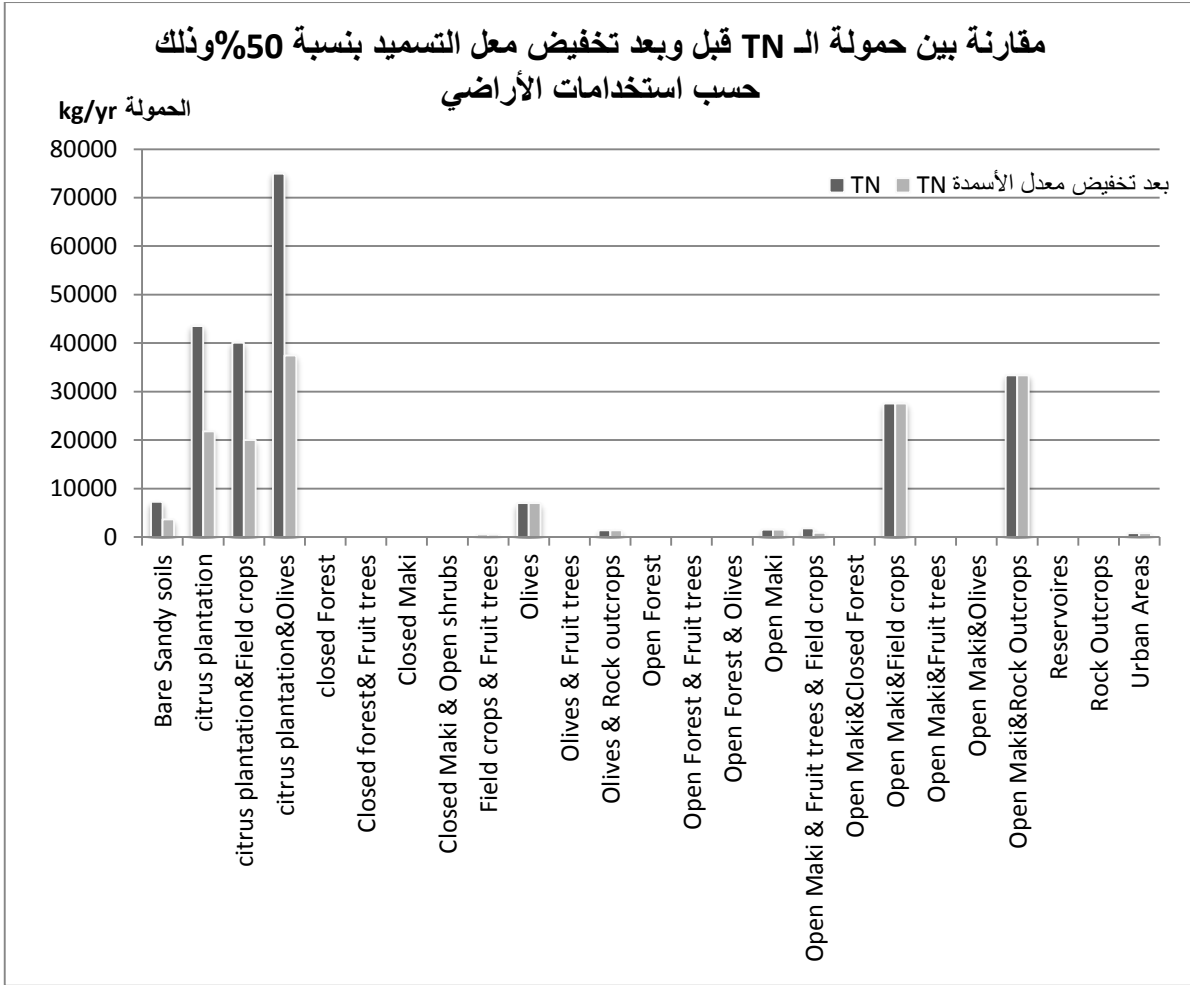
الأسمدة المطبقة بنسبة 50% TP (a) TN (b)

تم وضع مخطط لمقارنة حمولة الفوسفور قبل وبعد تخفيض معدل التسميد بنسبة 50% وذلك حسب استخدامات الأراضي كما هو موضح بالشكل (4-26) ولوحظ التغيير في مقدار الحمولة في الأراضي المزروعة بالزيتون والحمضيات.



الشكل (4-26) مقارنة بين حمولة الـ TP قبل وبعد تخفيض معدل التسميد بنسبة 50% وذلك حسب استخدامات الأراضي

كذلك الأمر بالنسبة لحمولة النتروجين حيث يبين الشكل (4-27) الفرق بين حمولات النتروجين قبل وبعد تخفيض معدل التسميد بنسبة 50% نلاحظ التغيير في الأراضي المزروعة بالزيتون والحمضيات.



الشكل (4-27) مقارنة بين حمولة الـ TN قبل وبعد تخفيض معدل التسميد بنسبة 50% وذلك حسب استخدامات الأراضي

4-4-4 تطبيق سيناريوهات التحكم على الحوض الساكب لبحيرة الثورة:

تم حساب حمولة الفوسفور الكلية السنوية للأحواض الساكبة الجزئية لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق السيناريوهات التالية:

- الأول تخفيض حمولة التسميد المطبقة على الأراضي الزراعي بنسبة 50% (TP1) حمولة الفوسفور الكلية السنوية بعد تطبيق السيناريو الأول.
- الثاني وضع نطاق حماية نباتي (شجيرات أو أعشاب) حول المصدر المائي (نسبة الإزالة 35% للفوسفور) (TP2) حمولة الفوسفور الكلية السنوية بعد تطبيق السيناريو الثاني.

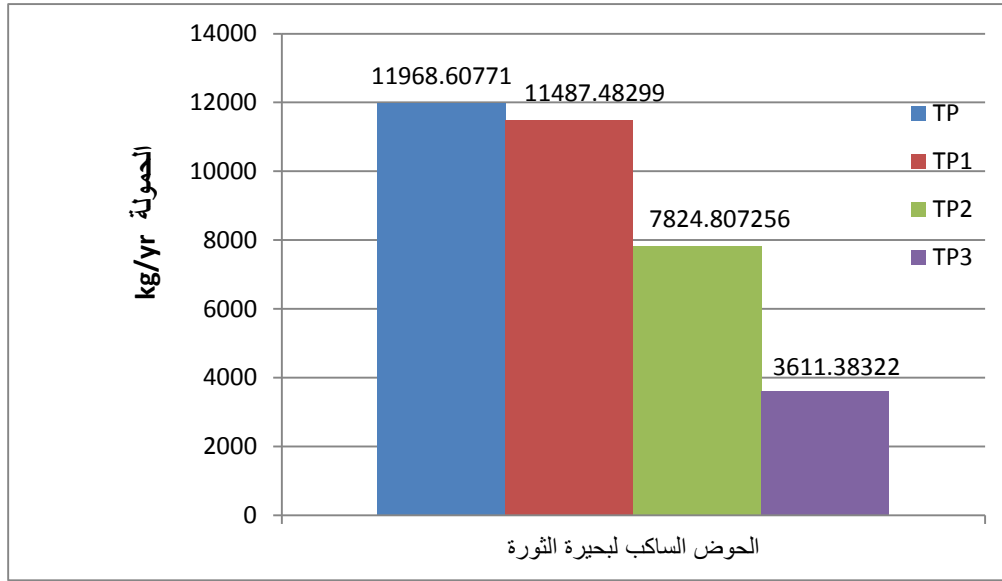
- الثالث استخدام بحيرات الاحتجاز ضمن مناطق محددة من الحوض الساكب (نسبة الإزال 70% للفوسفور) (TP3) حمولة الفوسفور الكلية السنوية بعد تطبيق السيناريو الثالث.

يظهر الجدول (4-9) قيم حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق سيناريوهات التحكم السابقة.

جدول (4-9) يبين قيم حمولة TP القادمة من مصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق سيناريوهات التحكم

| TP 3 | | TP 2 | | TP 1 | | TP | | |
|----------|--------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|
| kg/yr | lb/yr | kg/yr | lb/yr | kg/yr | lb/yr | kg/yr | lb/yr | |
| 937.0068 | 2066.1 | 2030.159 | 4476.5 | 3043.673 | 6711.3 | 3123.374 | 6887.04 | a |
| 405.5329 | 894.2 | 878.6848 | 1937.5 | 1296.145 | 2858 | 1351.819 | 2980.76 | b |
| 3.401361 | 7.5 | 7.39229 | 16.3 | 11.38322 | 25.1 | 11.36961 | 25.07 | c |
| 65.12472 | 143.6 | 141.1338 | 311.2 | 108.5261 | 239.3 | 217.102 | 478.71 | d |
| 1607.528 | 3544.6 | 3482.993 | 7680 | 5326.213 | 11744.3 | 5325.1 | 11741.8 | e |
| 164.7166 | 363.2 | 356.8707 | 786.9 | 274.5125 | 605.3 | 537.55 | 1185.3 | f |
| 428.0726 | 943.9 | 927.5737 | 2045.3 | 1427.029 | 3146.6 | 1402.3 | 3092.1 | g |
| 3611.383 | | 7824.807 | | 11487.48 | | 11969 | | |

تم مقارنة النتائج ضمن مخطط بياني كما هو موضح بالشكل (4-28) حيث لوحظ أنه بتخفيض معدل التسميد المطبق على الأراضي الزراعية في الحوض الساكب لبحيرة الثورة بنسبة 50% لم يكن هناك تغير ملموس في حمولة الفوسفور حيث كانت نسبة التخفيض منخفضة جداً مقارنة مع بقية السيناريوهات، وكانت النسبة الأكبر لإزالة الفوسفور عن طريق استخدام بحيرات الاحتجاز.



الشكل (4-28) حمولة TP القادمة من مصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة وذلك بعد تطبيق سيناريوهات التحكم

الاستنتاجات:

- معظم أراضي الحوض الساكب هي أراضي زراعية حيث تسود زراعة الزيتون والحمضيات بنسبة مساحة 30% من مساحة الحوض الساكب لنهر الصنوبر.

- معدل حمولة الـ TP & TN ضمن الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ export coefficient

$$TP=0.4 \text{ kg/ha.yr} \quad TP= 28353 \text{ kg/yr}$$

$$TN=3.4 \text{ kg/ha.yr} \quad TN= 239127 \text{ kg/yr}$$

- معدل حمولة الـ TP & TN ضمن الحوض الساكب للبحيرة باستخدام طريقة الـ export coefficient

$$TP=11970 \text{ kg/yr}$$

$$TN= 60960 \text{ kg/yr}$$

- معدل حمولة الـ TP & TN ضمن الحوض الساكب لنهر الصنوبر باستخدام طريقة الـ Simple method

$$TP=0.44 \text{ kg/ha.yr} \quad TP=29764 \text{ Kg/yr}$$

$$TN=1.84 \text{ kg/ha.yr} \quad TN= 129997 \text{ kg/yr}$$

- معدل حمولة الـ TP & TN ضمن الحوض الساكب للبحيرة باستخدام طريقة الـ Simple method

$$TP=15746 \text{ Kg/yr}$$

$$TN=63772 \text{ Kg/yr}$$

- نسبة مساهمة المحاصيل الحقلية out crop في حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر 30% من حمولة الفوسفور الكلية وهو المساهم الأكبر في استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكب.
- نسبة مساهمة أراضي الزيتون والليمون في حمولة النتروجين القادمة من الحوض الساكب لنهر الصنوبر 33% من حمولة النتروجين الكلية وهو المساهم الأكبر في استخدامات الأراضي ضمن الحوض الساكب.
- نسبة مساهمة مصادر التلوث غير النقطية ضمن الحوض الساكب لبحيرة الثورة 80% TP و 75% TN
- انخفضت حمولة الفوسفور القادمة من الحوض الساكب للنهر 14% عند تخفيض معدل التسميد المطبق على الأراضي الزراعية بنسبة 50% وعند نفس السيناريو انخفضت حمولة النتروجين ضمن الحوض الساكب للنهر 35% أما نسبة التخفيض لحمولات التلوث القادمة من الحوض الساكب للبحيرة تكاد تكون معدومة.
- السيناريو الأمثل للتحكم بمصادر التلوث غير النقطية هو استخدام بحيرات الاحتجاز.

التوصيات:

- دراسة تحديد قيم الـ EC والـ EMC حسب استخدامات الأراضي المختلفة.
- إجراء عملية معايرة وتحقيق للبرنامج من خلال القياسات الحقلية.
- استخدام نماذج أخرى تحاكي حمولات التلوث اليومية والفصلية.
- حساب حمولات التلوث الأعظمية المسموحة TMDLS
- تطبيق سيناريوهات أخرى في مجال الـ BMPs للتحكم بمصادر التلوث غير النقطي ضمن الحوض الساكب.

المراجع: References

- 1- Mwanuzi, F. G; Muyodi, F.J, Abuodha I.O.Z; Hecky, R.E 2005- ***LAKE VICTORIA Environment mamgement project (LVEMP)***. Water quality and ecosystem status.
- 2-Davis; Mackenzie, L; David, A; Cornwell .1998 –***Introduction to Environmental Engineering***.
- 3-شحاتة ، حسن – ***البيئة والتلوث والمواجهة*** –دراسة تحليلية.
- 4- Setyorinin, D; Prihatini T; Kurnia, U. 1998- ***Pollution of soil by agriculture and industrial waste***.
- 5- Pollack, L; Moy R ; Glance, D.2014- ***Lake Erie Ecosystem Priority***.A Balanced Diet for lake Erie reducing phosphours loadings and harmful Alaga Blooms .Draft summary Report.
- 6-Naser, A; Bruen, M; Jordan, PH .; Moles, R; Kiely, G.; Byrne, P. 2006- ***A comparison of SWAT , HSPF and SHETRAN/GOPC for phosphorus export from three c-atchments in Ireland*** . Water research 41 .p 1056 – 1073
- 7-Schauser, I; Chorus, I.2009- ***Water and phosphorus mass balance of Lake Tegel and Schlachtensee – A modeling approach***. Water research 43 .p 1788 – 1800
- 8- Lewis, G; Auer, M; Xiang, X; Penn, M. 2007- ***Modeling phosphorus flux in the sediments of Onondaga Lake: Insights on the timing of lake response and recovery***. Ecological modeling 209 .p121– 135
- 9- Jansea, J; Schefferb, M; Lijklemab, L; Van Lierea, L; Slootc ,J; Mooijd W.2009- ***Estimating the critical phosphorus loading of shallow lakes with the ecosystem model PCLake: Sensitivity, calibration and uncertainty***. Ecological Modeling 221 .p 654–665

10-Maeda, sh; Kawachi, T; Unami, K; Taken, chi J; Ichion, E.2010- ***Controlling waste loads from point and nonpoint sources by GIS aided Epsilon Robust Optimization model***. Hydro-Environmental research4 p: 27-36

11-Kang, M.S; Park, S.W;Lee, J.J; Yook H .2009- ***Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields***. Agriculture water management 79 .p 654–665

12-Azzellino, A; Salvetti, R; Vismara, R; Bohomo, L .2006- ***Combined use of the EPA –QUAL2E simulation model and factor analysis to assess source apportionment of point and nonpoint loads to surface waters***. Science of the total environment 371 .p 214–222

13-Salvetti, R; Acutis, M; Azzellino, A; Carpani, M; Giupponi, C; Parati, P; Vale, M; Vismara ,R .2008- ***Modelling the point and non-point nitrogen loads to the venic lagoon(Italy): the application of water quality models to the Deso-Zero***. Desalination 226 .p 81–89

14-Lam, Q.D; Schmalz, B.W; Fohrer, N.2010- ***Applying Modelling point and diffuse source pollution of nitrate in rural low land catchment using SWAT model*** . Agriculture water management 97 .p 317–325

15-Kuo, J.T. 1994- ***Water Quality Simulation of Te-Chi Reservoir using two – dimensional Models***. Water science tech 2 .p 63–72

16- Yuan, Z; Ramaswami, B; Casaletto, D; Falke, S; Angenent, L; Giammar, D.2007- ***Evaluation of chemical indicators for tracking and apportionment of phosphorus sources to Table Rock Lake In Southwest Missouri, USA***. Water research 41 .p 1525 – 1533

17-Dahl, M; Wilson, D; Hakanson, L.2005 - *A combined suspended particle and phosphorus water quality model: Application to Lake Vänern* . Ecological Modeling 190 .p 55–71

18-Hsieh, C; Yang, W.2007- *Optimal non-point source pollution control strategies for a reservoir watershed in Taiwan*. Environmental Management 85 .p 908–917

19-Zang, W.S; Wang, X.Y; Li, X.X; Ren, W.P; Li, J.H. 2012- *Diffuse export of nutrients under different land uses in the irrigation area of lower Beiyunhe River (China)* . Procedia environmental science 13 .p 1363–1372

20-Bulut, E; Aksoy, A.2007- *Impact of fertilizer usage on phosphorus loads to Lake Uluabat*. Desalination 226 .p 289–297

21-Huang, Z; Xue, B; Pang Y.2009- *Simulation on stream flow and nutrient loading in Gucheng lake low Yantzi River based on SWAT model*. Quaternary international 208 .p 109–115

22-Sivertun, A; Prange, L.2003- *Non point source critical area analysis in the Gisselo watershed using GIS*. Environmental Modelling & software 18 .p 887–898

23 – رحمة ، فادي .إدارة الموارد المائية (GIS) حالة دراسة حوض الساحل السوري. المؤتمر الدولي للموارد المائية والبيئة الجافة 2004

24- Strager, M; Fletcher, J; Strager, J; Yuill, C; Eli, R; Petty, J; Lamont, S. 2010 - *Watershed analysis with GIS: The watershed characterization and modeling system software application* . Computers & Geosciences 36. P 970–976

25-Faveretto, A. 1998- *Environment indicators in controlling river water Quality: how to interpret the result of monitoring in Northern Italy with GIS*. Geographical and Historical science

26- Goodall, J. 2003- *water Quality modeling in GIS center for research in water Resources*, p 471-512.

27- تقرير مناخي هيدرولوجي لسد الثورة –مديرية الموارد المائية 2010(تقارير)

28- أرشيف مديرية الموارد المائية في اللاذقية (تقارير)

29-Thawra irrigation Project of the Snober river catchment basin. Technical & Economic report with general scheme .volum three; Geology &Hydrogeology

30-نصير، سمير. *موسوعة الزيتون العلمية " شجرة الزيتون ثورة الحاضر والمستقبل"* - 2007

31-سلمان، هناء. عوض، عادل. قواف، رندى 2011 *تصنيف جودة بحيرة سد الثورة انطلاقاً من ظاهرة التشبع الغذائي*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية-سلسلة العلوم الهندسية المجلد 33 العدد أ ص: 191-204

32- Dueker, K. J.1979-*land resource information system*: a review of fifteen years' experience .Geo-processing 1:105-28

33-Smith, T.R; Menons, S; Starr, J.L; Estes, J.E .1987-*Requierments and principles for implementation and construction of large-scale geographic information system*. International Journal of Geographical Information system1:p13-31

34-Parker, H.D.1988- *The unique qualities of a geographic information system*:a commentary photographic information system photogrammetric engineering and remote sensing 54.

35-Devine, H.A; Field, R.C.1989-*The gist of GIS* .Journal of forestry:p 17-22

36-Cowen, D.J.1988-*GIS versus CAD versus DBMS what are the differences?* Photogrammetric engineering and remote sensing 54.

37-Burrough, P.A.1986-Principles of geographic information systems for land resources Assessment . Clarendon Oxford

38- Young, R.C; Onstand, C.A; Bosch, D.D; Anderson W.P. 1986 – ***Agriculture Nonpoint Source Pollution Model***. A watershed analysis tool .agriculture research service department of agriculture Morris.

39- VonEuw, E.L; Dickinson, W.T; Rudra, R.P. 1989 – ***Comparasion of Nonpoint source Pollution models*** .Proceedings of the 1989 International summer meeting of the American society of agriculture engineers and the Canadian society of agriculture engineers.

40-<http://www.epa.gov/ost/BASIN><access 2015>

41-Knisel, W. 1980 – ***CREAM Afield scale Model for chemicals, Run off, and erosion from agriculture management system***. United state Department of agriculture .conservation research report NO26.

42- Leonard, R.A.S; Knisel, W; Stil, D.A. 1987 – ***Ground water Loading Effect Agriculture Management System*** . Transactions of the American society of agriculture engineers.

43- Johanson, R.C; Imhoff, J.L; Kittle, Jr; Yuill, C; Donigan.1981 – ***Hydrologic Simulation Program-FORTRUN*** . Use manual for release 8.00

44- Environmental Protection Agency (EPA) (1995) .QUAL2E windows interface user`s manual.

45- Kim, K; Ventura, S.1993 – ***large scale modelling of urban nonpoint source pollution using geographic information system***. Environmental management 39. p 157–170

46- Abbot, J.1977 – ***Guidelines for calibration and application of storm***. Training document NO8.Hydrologic Engineering center.

47- Arnold, J.G; Engel, B.A; Srinivasan, R.1993- *Acontinuous Time Grid cell watershed model*. Proceeding of the application of advanced in information technologies .Effective Management of natural resources conference American society of agriculture engineers.

48-Huber, W.C.1993 - *Contaminant transport in surface water*.

49- Environmental Protection Agency (EPA) (1993) .*The water Quality Analysis simulation Program (WASP)* .part A Model Documentation.

50-Walker, J.F; Pickard, S .A; Sonzogni, W.C .1989- *Spread sheet watershed modeling for nonpoint source pollution management in Wisconsin Basin*. American water resources association 25 .p 139–147

51-Badar, B; Romshoo, A.S.2008- *Non Assessing the pollution load of Dal lake Using Geospatial tools*. The 12th world lake conference .p 668–679

52- Environmental Protection Agency (EPA) (2001) .*PLOAD version.An Arcview GIS TOOL To Calculate nonpoint sources of pollution in watershed and storm water project* .user`s manual. P1-22.

53-Harper, H.H .1998-*stormwater chemistry and water quality*. p 1-19.

54-Novotny, Y; Olem H. 1997- *Identification and Management of diffuse pollutant*. p 1054.

55-م. ديب ابراهيم. 2003-مصادر المياه في الساحل السوري وطرق حمايتها-المؤتمر الإقليمي الأول حول التقنيات الملائمة لمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها.

Abstract

The water quality in Al Thawra Lake was getting worst recently because of the increscent of the concentration of nutrients, which reached the lake from point and nonpoint sources. The Geographic Information System GIS was widely used in the last decades in evaluating quality of water depending on models operates within GIS one of these models is The BASIN software (Best Assessment Science Integrating Point and Nonpoint sources) which used in this research .The Pload model(Pollution load) which is one of the BASIN models was used to estimate the pollution loads. The Pload was run by using satellite image, Digital Elevation Model (DEM30), land use map, and export coefficient values. The result showed that the total annual pollution loads of TP&TN are TP=11970 kg/yr ,TN=60960 kg/yr that came out of the watershed of the lake, Open maki and rock out crops are the dominate contributors to TP load in the watershed for about 30 %of total TP load, while Olives and citruses are the dominate contributor to TN load in the watershed for about 33 %of total TN load, the model results also indicated that the nonpoint sources are the main contributor to TP&TN loads in the watershed for about 80%of the total TP loads while only 20% from point sources, and for about 75%of the total TN loads from nonpoint sources while only 25% from nonpoint sources

Key words: Pollution load, Nonpoint sources, Land uses, Nutrient, TP, TN, GIS, BASIN, Al Thawra Lake

Syrian Arab Republic

Tishreen University

Faculty Civil Engineering

Environmental Engineering



Controlling the Point and Non-point Sources Of Pollution in Al-Thawra Lake Using GIS

**Thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirement for the
degree of master of sciences in Environmental Engineering Department at the
Faculty of Civil Engineering**

BY:

Khuzama Ismail

Supervisors:

Dr. Hana Salman

2015

