المؤتمر العلمي للموارد المائية والأمن المائي في ليبيا
15-17 مايو 2023 جامعة طرابلس
شهادة شكر وتقدير
السيد : حمزة جمعة صالح المنوار
يسرنا أن نتقدم إليكم بأسمى عبارات الشكر والتقدير لمشاركتكم المتميزة بعنوان
الأمن المائي في ليبيا ودور مشروع النهر الصناعي في
تحقيق التنمية المستدامة .
ضمن الفعاليات العلمية بالمؤتمر العلمي للموارد المائية والأمن المائي في ليبيا بجامعة طرابلس
خلال الفترة من 15- 17 مايو 2023
د. سالم محمد رشداش
رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر
حررت بطرابلس : 17 مايو 2023

## المؤتمر العلمي للموارد المائية والأمن المائي في ليبيا

### 15-17 مايو 2023 ، جامعة طرابلس

**الموافق**: 2023/05/03

**السيد / حمزة جمعة صالح النوال**

بعد التحية ،،،

تتشرف اللجنة العلمية لمؤتمر **"الموارد المائية والأمن المائي في ليبيا"** الذي تُنظمه جامعة طرابلس خلال الفترة 15-17 مايو 2023 بمدينة طرابلس، بدعوتكم لحضور فعاليات هذا المؤتمر لعرض ورقتكم العلمية التي تم قبول مستخلصها ضمن المستخلصات المقدمة، والتي تحمل عنوان:

**" الأمن المائي في ليبيا ودور النهر الصناعي في تحقيق التنمية المستدامة "**

حيث سيتبادل جميع المشاركين في هذا الحدث العلمي الهام الأفكار والخبرات الأكاديمية والعملية والتعرف على آخر المستجدات والتقنيات في مجال المياه والأمن المائي من خلال الورقات العلمية المقدمة.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

والسلام عليكم

**د. سالم محمد الرشراش**

**رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر**

صورة :

للملف

**محور/واقع المنشأة والحفاظ عليها (مشروع النهر الصناعي)**

# ورقة البحث بعنوان / الأمن المائي في ليبيا ودور مشروع النهر الصناعي في تحقيق التنمية المستدامة (كود المشاركة الورقة البحثية: WMG30)

**مقدمة من/ م. حمزة جمعة صالح النوال**

**بكالوريوس هندسة مدنية– جامعة بنغازي**

**اخصائي اعمال هندسة مدنية مشروع النهر الصناعي**

**هاتف: 218917518175+، بريد مصور: halnwal@yahoo.com**

## الملخص

الطلب المتزايد على المياه النقية بسبب التغيير الملحوظ في زيادة عدد السكان خاصة في الخمسين سنة الأخيرة، وبوجود موارد محدودة وأحياناً غير متجددة، والى التوجه الكبير الى الزراعة والصناعة، أدي الى ارتفاع استهلاك مخزون المياه لعديد من دول العالم، نتج عنه استنزاف الموارد المائية السطحية بمعدلات كبيرة عن المياه الجوفية لسهولة الحصول عليها والتي لا تحتاج الى تقنيات وامكانيات مالية عالية. ان الحاجة الملحة لتوفير المياه الصالحة لشرب ذات جودة وبتكلفة مناسبة لدولة بمثل ليبيا مدنها موزعه على رقعة كبيرة، وصعوبة الحصول على مياه سطحية برغم ان ليبيا تملك تقريبا 2000 كيلومتر على البحر لا يستفاد منها إلا القليل بسبب التكاليف الباهظة للتقنيات المستخدمة لإنتاج كميات كبيرة صالحة للاستخدام. هذا ادى الى تنفيذ مشروع النهر الصناعي، وهو مشروع منفذ في العديد من دول العالم مثل الولايات المتحدة الامريكية واليابان وأستراليا، وهو يعتبر لليبيا من اهم المشاريع الاستراتيجية الموجودة، والذي تم أنشاءه بأموال الليبيين. حيث عمل المشروع على نقل المياه من الجنوب تواجد المياه الجوفية بوفرة والتي لا يوجد عليها نزاع كما اغلب النزاعات المائية العالمية الى مناطق الشمال الذي يتواجد فيه غالبية سكان ليبيا، ولتنفيذ ونجاح مثل هذا المشروع يتطلب مجموعة من الخطط والاجراءات والتدابير والتقنيات اللازمة لضمان وصول المياه الصالحة لشرب وضمان الامن المائي واستمرار عمليات الامداد دون انقطاع وتحقيق التنمية المستدامة، برغم الصعوبات والمخاطر والتهديدات التي تواجه المشروع وليبيا.

## المقدمة

ان جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي هو أحد الأجهزة التابعة للدولة الليبية من سنة 1984م ،وهو يعد اكبر مشروع إنمائي في ليبيا يختص في إيصال الماء بشبكة متصلة بأنابيب خرسانية سابقة الاجهاد –يستخدم هذا النوع من الانابيب من بدايات القرن السابق الى هذا

الوقت– من حقول الآبار بعمق الصحراء إلى المدن والمناطق الساحلية الليبية، ويعتبر جهاز وإدارة النهر الصناعي المسئول الرئيسي على الأمن المائي في ليبيا و المصدر الأساسي لتغذية ليبيا بالمياه النقية بنسبة تصل الى 70% ، ومن المعلوم ان ليبيا تحتوي على كميات من المياه الجوفية افضل من بعض الدول المجاورة وهو مصدر موجود في الصحراء الليبية ولا يوجد عليه اي نزاع مع دولة أخرى وهذا الامر تعاني منه كثيرً من دول العالم تلجأ الى فض نزاعات وتحكيم دولي حول الموارد المائية. تم اكتشاف المياه قبل تنفيذ هذا المشروع بإجراء عدد من عمليات البحث عن المياه وقد اكدت وكالة ناسا لعلوم الفضاء والبروفسور فاروق الباز هذه الاستكشافات، وكذلك بما جاء في تقرير احدا أشهر الوكالات الامريكية العالمية حول ما قام به المشروع من توفير الاحتياجات اعتمادا على المياه الجوفية الموجودة في الجنوب، وما يمتلكه من قاعدة بيانات ضخمة خاصة بالمياه. وبالرغم من تجاوز المشروع نصف عمره الافتراضي حسب الخطة الاستراتيجية الموضوعة عند تأسيسه، وما تعرض له من اخفاقات اكثرها خارج السيطرة بسبب عمليات التخريب والنهب، واهمال الحكومات المتعاقبة مما تسبب في انخفاض معدلات ضخ المياه وعدم استكمال المشاريع، بالإضافة الى ضعف المردود المالي لتقديم هذه الخدمة في ليبيا مقارنة مع دول العالم التي تدفع الكثير من اجل الحصول على هذه الخدمة خاصة في الدول المصنفة بندرة المياه، الا ان دور المشروع في نقل المياه لم يتوقف عن تغطية احتياجات المدن والقرى الليبية، وهذا النجاح لم يأتي بمجرد الصدفة فقد اعتمد المشروع على عدد من الاستراتيجيات والخطط والتدابير والإجراءات والتقنيات التي كانت ضامن لحماية الامن المائي لتحقيق التنمية المستدامة في ليبيا، وهذا ما ترتكز عليه الورقة البحثية.

## 1 مشكلة الدراسة

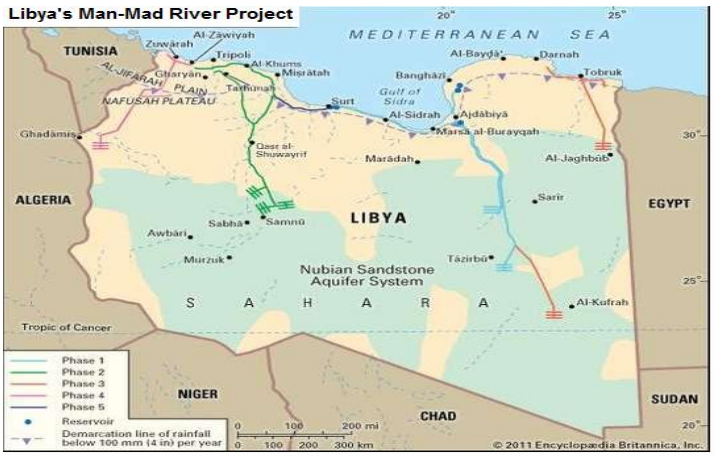
بما ان ليبيا مصنفة من الدول ذات الندرة المائية بالنسبة للمياه السطحية حسب تقارير الأمم المتحدة والمنظمات المعنية بالمياه، الأمر الذي يتطلب الى الحفاظ على الامداد المائي الحالي والذي مصدره المياه الجوفية الصالحة للاستخدام البشري، والتي يتراوح عمقها الى أكثر من 100 متر تحت سطح الأرض والمتركزة في الجنوب الليبي، والذي يعتبر مشروع النهر الصناعي هو المصدر الوحيد على هذه الإمدادات الاستراتيجية بما يملكه من بنية تحتية استراتيجية تجعله مسؤول عن الامن المائي الليبي. وبالإضافة لعدم وجود مصادر او بنية تحتية للإمداد المائي في ليبيا يمكنها من انتاج الكميات السنوية التي يمدها مشروع النهر الصناعي حتى في الخمس سنوات القادمة بناء على المعطيات الحالية.

من خلال ذلك نهدف في هذه الورقة البحثية الى التأكيد على ان مشروع النهر الصناعي هو البنية التحتية الأساسية لليبيا الخاصة بالمياه الصالحة للاستخدام البشري، واثبات انه لا يوجد بديل ملموس له حتى في المستقبل القريب مقارنة بما يوجد من بنية تحتية ومصادر مائية نقية متاحة، والتي نتطلع في هذه الورقة الى الحفاظ على هذا المورد وتطويره ويكون أساس في تكامل الموارد المائية بليبيا كما جاء في التوصيات.

حيث استندنا في هذه الورقة على الخطط والإجراءات والتقارير والبيانات التي اعتمد عليها في مشروع النهر الصناعي لضمان استمرار الامداد المائي، واعتمدا ايضاً على استخدام وصف مجموعة من البيانات وتنظيمها وتصنيفها وتلخيصها وعرضها بطريقة واضحة في صورة جداول وأشكال بيانية، وحساب المقاييس الإحصائية المختلفة، بالإضافة الى المؤشرات والنتائج لبعض الأوراق البحثية الخاصة بمشروع النهر الصناعي، والأبحاث والدراسات العالمية المرتبطة بذلك.

**كلمات مفتاحية: الامن المائي–المخاطر– التطلعات–التنمية المستدامة–مشروع النهر الصناعي.**

## 2 المنهجية المتبعة لتحقيق الامداد المائي وحماية الامن المائي في ليبيا




صورة رقم (1) توضح اماكن تواجد المياه الجوفية في ليبيا

- (Britannica Online Encyclopedia) مرجع الصورة الموسوعة البريطانية.

مشروع النهر الصناعي كما موضح في المرفق رقم (1) اتبع مجموعة من الاجراءات لتحقيق الامداد المائي والتي تتضمن خطط وبرامج استراتيجية ومن هذه الاجراءات العمل على جودة المنتج وحماية ورقابة المنظومة والتحكم في عمليات التشغيل وتدفق المياه باحترافية عالية، مع كل هذه الاجراءات والتدابير إلا ان مشروع النهر الصناعي تعرض الى الكثير من المخاطر ولإخفاقات لعدة اسباب الى وقتنا الحالى إلا انه لازال مستمر في تغطية اغلب احتياجات ليبيا للمياه ولا يوجد بدائل واقعية له الى الان. للعلم ان اغلب البيانات والمعلومات هذه الورقة البحثية تخص بمنظومة السرير سرت/تازربو بنغازي.

اخذ في الاعتبار التالي:

- السعة التخزينية للخزانات التي تم انشاءها بالمناطق الساحلية:

| الخزان الرئيسي (Reservoir) | سعة التخزين (Storage Capacity) |
|---|---|
| خزان اجدابيا | 4,000,000 م^3 |
| خزان عمر المختار | 4,700,000 م^3 |
| خزان عمر المختار الكبير | 24,000,000 م^3 |
| خزان القرضابية | 6,800,000 م^3 |
| خزان القرضابية الكبير | 15,400,000 م^3 |
| **السعة الاجمالية** | **45,900,000 م^3** |

جدول رقم (1) يوضح سعة الخزانات الرئيسية لمشروع النهر الصناعي

- خطوط الامداد بالمشروع وانخفاض كميات التدفق اليومي بسبب عدم استقرار البلاد:

| رقم | المنظومة | طول المنظومة بالكيلومتر | كمية المياه المنتجة م^3/ اليوم | |
|---|---|---|---|---|
| | | | التصميمي | الحالي |
| 1 | منظومة السرير سرت/تازربو بنغازي | 1,600 | 2,000,000 | 850,000 |
| 2 | منظومة الحساونة سهل جفارة | 1,277 | 2,500,000 | 1,000,000 |
| 3 | وصلة القرضابية سدادة | 190 | 950,000 | 15,000 |
| 4 | منظومة غدامس زوارة الزاوية | 621 | 249,000 | 5,000 |
| 5 | منظومة الجغبوب طبرق(لم تنفذ) | --- | --- | --- |
| 6 | منظومة الكفرة تازربو | نسبة الإنجاز 70% | --- | --- |
| | اجمالي | 3,688 | 4,729,000 | 1,870.000 |

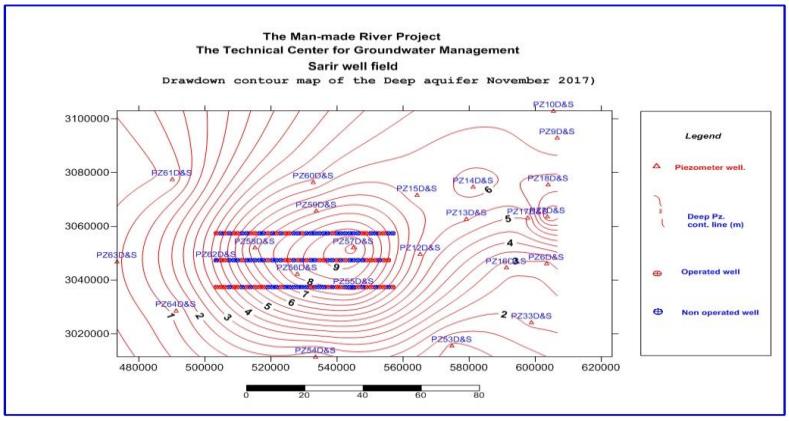
جدول رقم (2) يوضح انخفاض التدفق نتيجة اعمال التخريب والنهب لمنظومات المشروع

ومن هذه الإجراءات التالي:

## 1.2 استكشاف ومراقبة المياه الجوفية

يقدر مخزون ليبيا من المياه (99,000 كم^3) بمساحة (1,705,400 كم^2) استنادا على دراسات منظمات دولية، حيث يمتلك مشروع النهر الصناعي على مركز المكامن الجوفية الذي يشرف على عمليات استكشاف و مراقبة حقول الابار المتركزة في عدة مناطق الجنوب وكذلك عمليات الضخ والتشغيل لصالح احدى منظومات نقل المياه اعتماداً على الخطة التشغيلية للمشروع، وتحديد أي تغيرات جيوتقنية لطبقات التربة ومخزون المياه الاستراتيجي، للعلم ان أقصى عمق للإبار في مشروع النهر الصناعي هو ( 700م) حيث اثبت ان المياه الجوفية توجد في أعماق بعد (2000 م) تواجد المكمن النفطي.

الشكل المرفق رقم (2) خريطة كنتورية لأحد الحقول توضح عدد الابار ومركز سحب المياه وكذلك ابار المراقبة:




صورة رقم (2) خريطة كنتورية لأحد الحقول توضح عدد الابار المراقبة والانتاج ومركز سحب المياه

معدل تدفق المياه من الأحواض الجوفية لمدة تصل الى 34 سنة وبمعدل استهلاك تصميم يصل 350 لتر/يوم لشخص الواحد لعدد سكان ليبيا الذي تجاوز (7,000,000 نسمة) حتى 2023، اخذ في الاعتبار المياه المفقودة والمهدرة، تعتبر كميات مرضية الى حد كبير. الجدول التالي توضح كيات التدفق:

| رقم | مصدر المياه | اجمالي مساحة الابار (11,927) كيلومتر مربع<br>عدد الابار | بداية التشغيل | تقدير المياه المسحوبة بالمتر المكعب حتى سنة 2017 | تقدير المياه المسحوبة بالمتر المكعب حتى سنة 2022 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ابار السرير | 159 | 1993 | 5,031,576,550 | 6,308,108,885 |
| 2 | ابار تازربو | 108 | 2004 | | |
| 3 | ابار الحساونة | 476 | 1996 | 3,000,000,000 | 6,917,828,618 |
| 4 | ابار غدامس | 106 | 2012 | 9,000,000 | 13,000,000 |
| 5 | ابار الكفرة (لم تنفذ) | 300 | ---- | ---- | ---- |
| | | 1,149 | | | 13,268,937,470 |

جدول رقم (3) كمية المياه المتدفقة من الأحواض في ليبيا بناء على الإنتاج اليومي للإبار

– جميع البيانات الخاصة بالمياه الجوفيه موجودة لدا مركز المكامن الجوفيه في مشروع النهر الصناعي.

## 2.2 جودة المياه

لتحقيق جود المياه قبل وصولها للمستهلك فأنها تمر بعدة اختبارات ومعالجات وتطبيق المعايير الخاصة بمنظمة الصحة العالمية (WHO)، من مرحلة استخراج مياه الآبار لتخزين الى مرحلة وصول المياه الى الشبكة النهائية، وفي الجدول رقم (5،4) يوضح نتائج متوسط الاختبارات البيولوجية والكيميائية لسنة

2017 لمنظومة المرحلة الأولى والتي عند مقارنتها مع نفس النتائج لمجموعة سنوات عشوائية (2004،2006،2008،2016) كانت النتائج متقاربة.

صورة رقم (3) توضح التقنية المستخدمة لمعالجة المياه الجوفية بعد سحبها من ابار تازربو

## 2. 2. 1 الاختبارات البيولوجية

| القياس | القيم الاسترشادية WHO | خزان اجدابيا | | الخطوط الرئيسية | | | | خزان الطلحية | | فتحات التغذية | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | خزان اجدابيا الرئيسي | | تازربو/اجدابيا | | السرير/ اجدابيا | | دخول الطلحية | | نهاية خط التغذية NOD3 | | نهاية خط التغذية NOD4 | |
| | | اقل قيمة | اعلى قيمة | اقل قيمة | اعلى قيمة | اقل قيمة | اعلى قيمة | اقل قيمة | اعلى قيمة | اقل قيمة | اعلى قيمة | اقل قيمة | اعلى قيمة |
| العدد الكلي للبكتيريا: (لكل 1 مل) T.C | 500 Colony | 0 | >300 | 3 | 3 | 0 | 30 | 0 | >300 | 0 | 167 | 0 | 30 |
| العدد الكلي للبكتيريا الفولونية: (لكل 100 مل) T.C. F | Zero | 2 | 5794 | <2 | 23 | 0 | 25 | <2 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| العدد الكلي للبكتيريا المقاومة للحرارة: (لكل 100 مل) F.C. F | Zero | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 24.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ايشيريشياكولاي (لكل 100 مل)44م E. Coil | Zero | +ve | +ve | -ve | -ve | +ve | +ve | +ve | +ve | -ve | -ve | -ve | -ve |
| بكتريا ستريتوكوكس الغائطة (لكل 100 مل) Streptocous Feacales | Zero | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

جدول رقم (4) يوضح الاختبارات البيولوجية لسنة 2017

## 2. 2. 2 الاختبارات الكيميائية

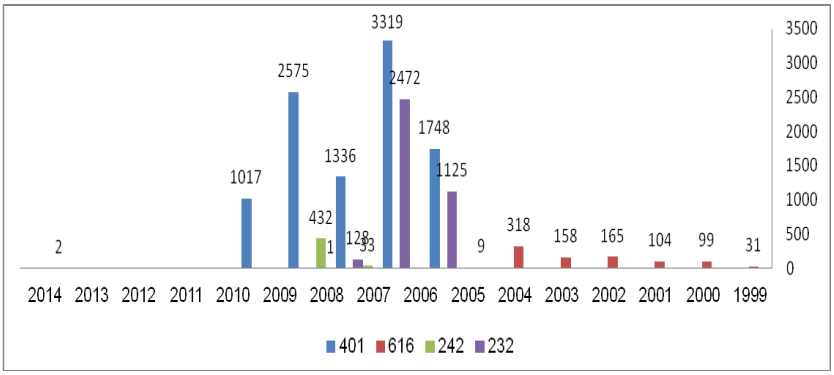
| القياس | WHO Guidelines القيم الاسترشادية | خزان اجدابيا | | الخطوط الرئيسية | | خزان الطلحية | فتحات التغذية | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الخزان الرئيسي | خروج المياه | تازربو/اجدابيا | السرير/اجدابيا | مياه خزان الطلحية | نهاية خط التغذية NOD3 | نهاية خط التغذية NOD4 |
| درجة الحرارة(م) | 8.5-6.5 | 23.7 | 25.5 | 23 | 22.9 | 24 | 24 | 25 |
| الرقم الهيدروجيني (PH) | - | 7.98 | 8.1 | 8.00 | 7.76 | 7.99 | 8.01 | 7.94 |
| الإيصالية الكهربائية (EC) | MS/cm | 1045 | 1005 | 541 | 1336 | 1016 | 1012 | 1010 |
| الأملاح الكلية الذائبة (TDS) | 1200mg/l | 679 | 653 | 352 | 934 | 661 | 658 | 659 |
| عسر الكالسيوم (Ca-HARD) | - | 106 | 106 | 97 | 140 | 111 | 109 | 111 |
| العسر الكلي (T-HARD) | 500mg/l | 206 | 184 | 172 | 260 | 150 | 195 | 182 |
| القلوية الكلية (T-ALK) | - | 175 | 174 | 144 | 199 | 172 | 171 | 172 |
| الكلوريدات (Cl) | 250mg/l | 137 | 129 | 47 | 138 | 124 | 122 | 137 |
| الكبريتات (SO4) | 250mg/l | 131 | 129 | 47 | 138 | 124 | 122 | 137 |
| النترات (NO3) | 50mg/l | 7.96 | 7.20 | 4.4 | 11.1 | 7.8 | 7.7 | 7.9 |
| الصوديوم (NA) | 200mg/l | 133 | 135 | 50 | 214 | 135 | 134 | - |
| البوتاسيوم (K) | - | 18.4 | 17.9 | 23.3 | 12.5 | 17.2 | 18.1 | - |

جدول رقم (5) يوضح الاختبارات الكيميائية لسنة 2017

– جميع التقارير الخاصة بجودة المياه موجودة لدا منظومة البيانات الخاصة بوحدات المعالجة والاختبارات بمشروع النهر الصناعي.

## 3.2 تطبيق معايير الجودة واجراءات عدم المطابقة لمشاريع تصنيع انابيبPCCP

ان مشروع النهر الصناعي بمؤسساته الرقابية والتنفيذية يعمل على تطبيق المعايير الدولية على المنتج المستهدف وكذلك التحكم في جميع عمليات الانتاج او المراقبة للحصول على الجودة المطلوبة وتعتبر تقارير عدم المطابقة احدى الاجراءات الضامنة لتطبيق المعايير والمواصفات الدولية حيث تم تصنيع عدد 439,000 أنبوب PCCP ، وبلغ عدد انابيب منظومة (غدامس–الزوارة–الزاوية) تقريبا 54,000 أنبوب عقد 606 و اصدار فيه ما يقارب 8,000 (تقرير عدم مطابقة) لمجموعة من السنوات من تصنيع او تركيب في الخط على الانابيب، والعمل على تحسين قدرات الكثير منها لتكون مؤهله للاستخدام و رفض واعدام جزء اخر من الانابيب (لعدم مطابقتها للمواصفات)، كما موضح :




الشكل البياني رقم (1) لعدد من تقارير عدم المطابقة لبعض العقود تصنيع الانابيب

- مرجع ورقة بحثية بخصوص اصلاحات انابيب PCCP باستخدام (Gunnite method) لتأكيد على جودة التصنيع.

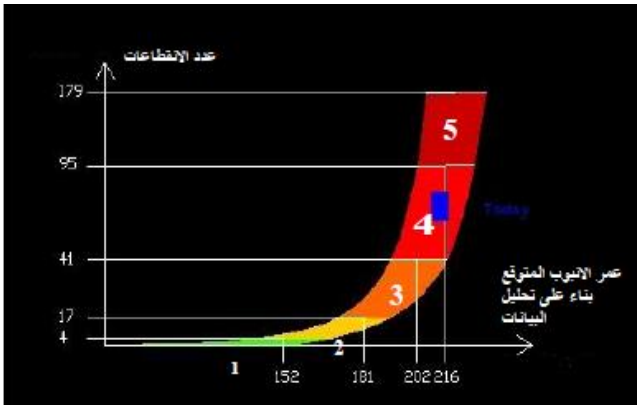
– تقارير عدم المطابقة مشاريع التصنيع موجودة في قاعدة البيانات للأداة العامة للتخطيط والمتابعة والجودة.

## 4 .2 المراقبة الصوتية ومنظومة ادارة المخاطر للأنابيب (PRMS)

نظام المراقبة الصوتية من اهم الانظمة التي تستخدم في المشروع لحماية انابيب PCCP ذات ضغط تصميمي يصل من (6بار) الى (25بار) لمنظومات الامداد من الانهيار السريع بسبب

تراكم الانقطاع في سلك التسليح، يتم رصد الانقطاعات اولا بواسطة هذه العملية، ثم تجمع البيانات وتدخل في منظومة ادارة المخاطر (PRMS)لتصنف الانابيب وتحدد درجة الحروجية.

بتالي تدعم القرارات حول الانابيب المتضررة قبل استياء حالته، كما في شكل رقم (2):

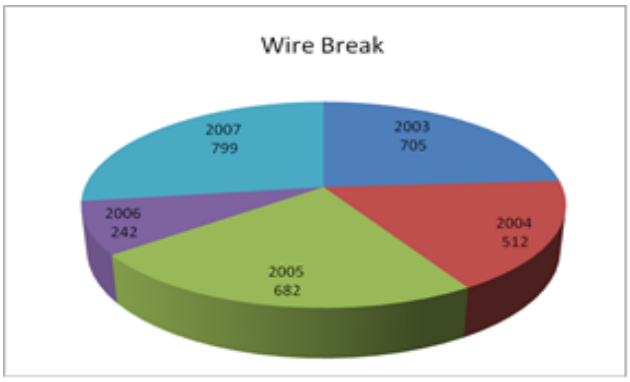



الشكل رقم (2) يوضح التمثيلات البيانية للفئات الخمس لتحديد درجة التدهور

صورة رقم (4) يوضح محتويات PCCP موضع سلك

| الفئة | الفاعلية (Activity) | درجة التصنيف (Color code) |
|---|---|---|
| 1 | لا يوجد فشل، بداية التآكل | أخضر |
| 2 | وجود انقطاعات أولية في السلك مسبق الاجهاد مع تلف في طبقة الملاط الاسمنتي | البرتقالي |
| 3 | وجود انقطاعات كثيرة وتلف أكبر في طبقة الملاط الاسمنتي | برتقالي قاتم |
| 4 | بداية تشقق الجزء الخارجي للأنبوب | أحمر فاتح |
| 5 | وصول الأسطوانة الحديدية الى نقطة الخضوع، ارتفاع مخاطر فشل الانبوب | احمر غامق |

الجدول رقم (6) يوضح درجة درجة التدهور للأنابيب

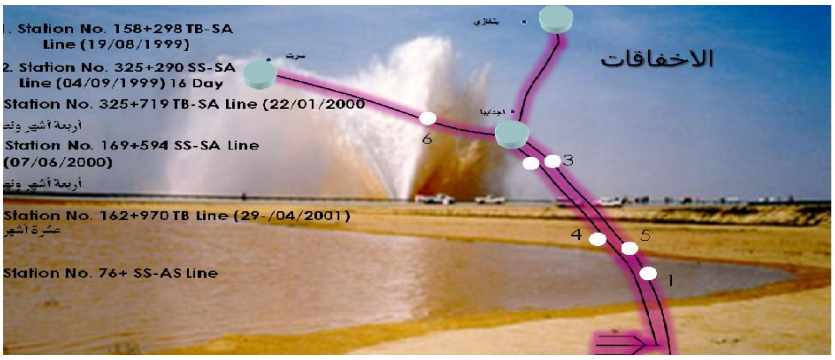



الشكل البياني رقم (3) يوضح عدد الانقطاعات فيPCCP التي رصدت مجمو السنوات

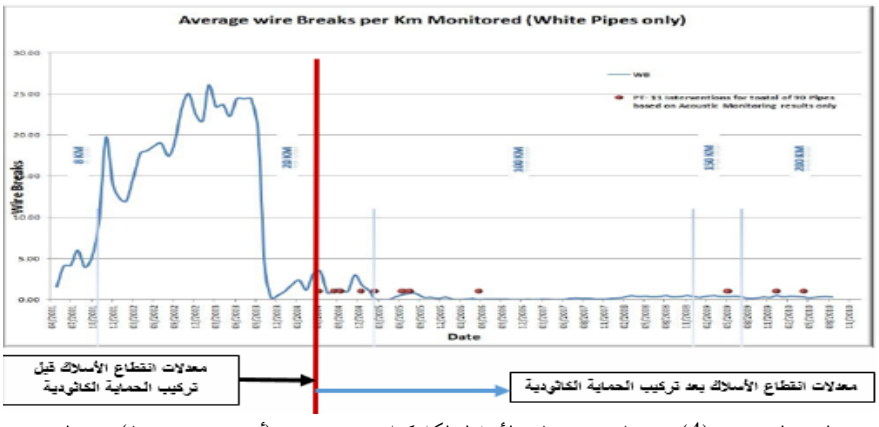
- جميع المعلومات التفصيلية عن الانقطاع في اسلاك التسليح موجودة في منظومة البيانات لقسم المراقبة الصوتية التابع لإدارة التخطيط والمتابعة.

## 5. 2 الحماية من التآكل لأنابيب PCCP

بسبب اعتماد منظومة النهر أحياناً على خطوط فردية في نقل المياه والتي تحتاج الى الكثير من العناية، ايضاً نتيجة لحدوث بعض الاخفاقات في منظومة نقل المياه كما في صورة (5)، تم اللجوء الى الحماية المهبطيه لحماية الأسلاك الحديدية للأنبوب من التآكل، وهي عملية يستخدم فيها انود مضحي وهو الزنك للتقليل من تدهور حالة السلك وحدوث الانقطاعات التي تؤدي الى انهيار الانبوب، ولتحقق من جودة هذا النظام يجرى اختبار ما يعرف بالتيارات الدوامة بين الكاثود والانود لضمان حماية الانابيب الخراسانية مسبقة الإجهاد.




صورة رقم (5) موضح عدد الإخفاقات التي حدثت في منظومة نقل المياه المرحلة الاولي




الرسم البياني رقم (4) متوسط عدد انقطاع الأسلاك لكل كيلومتر تتم مراقبته (أنابيب بيضاء فقط) مدة المراقبة من 2001 الى 2010

- المرجع ورقة بحثية بخصوص الحماية المهبطيه وقدرتها على الحماية من التآكل واستخدام نتائج المراقبة الصوتية، سنة 2011 م.
- المعلومات التفصيلية عن الحماية المهبطيه موجودة في منظومة مركز الحماية من التآكل.

## 2. 6 طلاء الانابيب الخرسانية مسبقة الاجهاد(PCCP)

اثبت انها لها دور فعال في حماية الانابيب مسبقة الاجهاد PCCP عن الانابيب الاخرة التي لا تحتوي على هذه الطبقة اما اثناء التخزين والنقل او بعد التشغيل في خطوط امداد المياه لحماية الطبقة الاسمنتية المحيطة بأسلاك حديد التسليح من الخارج، وهي احدى خطوات تصنيع الانابيب الخرسانية مسبقة الاجهاد وتأتي في المرحلة الاخيرة بعد وضع الطبقة الاسمنتية الحامية لسلك التسليح وتتكون من طبقتين اولاً طبقة عازلة سوداء والثانية طلاء ابيض.

صورة رقم (6) توضح طبقات الحماية للأنبوب بطبقة سوداء وطبقة بيضاء

**مقارنة نتائج الاختبار مادة (COAL TAR EPOXY COATING) المستخدمة مع نتائج نفس المادة قبل 15 عاما وكانت مطابقة**

| اختبارات التأهيل تم اجرائها على انابيب PCCP | نتائج الاختبار بعد 15 سنة من الاستخدام ما بين (1994 الى 2008) |
|---|---|
| ▪ طبقة الغلاف جافة.<br>▪ نفاذية بخار الرطوبة (طبقاً للمواصفة EN ISO 7783-2)<br>▪ انتشار الأكسجين (حسب المواصفة ASTM 6539).<br>▪ انتشار أيونات الكلوريد ونفاذية أيونات الكلوريد، (طبقاً للمواصفة ASTM C1202).<br>▪ الاستمرارية الكهربائية (طبقاً للمعيار EN 1081).<br>▪ الصلابة (حسب DIN 53505 Shore A + D).<br>▪ الالتصاق بطبقة الملاط (طبقاً للمواصفة EN 1542)<br>▪ مقاومة الصدمات (طبقاً للمواصفة EN 6272)<br>▪ مقاومة القلويات، التخزين في 10٪ هيدروكسيد الصوديوم (طبقاً للمواصفة EN 2812).<br>▪ مقاومة هجوم الحمض (الخليك) (طبقاً للمواصفة EN 2812). | ✓ مرونة ومقاومة للتآكل عالية.<br>✓ مقاوم لنفاذية الماء والكبريتات والكلوريد.<br>✓ غير موصل للكهرباء.<br>✓ الغمر في الماء حتى 2000 ساعة لم تؤثر على خصائص الطلاء.<br>✓ حتى بعد الخدمة لمدة خمسة عشر عاما، فإن هذا الطلاء:<br>• يتمتع هذه الطلاء بمقاومة جيدة لانتقال بخار الرطوبة وانتشار الأكسجين.<br>• ظلت النسبة المئوية لمحتوى الكبريتات القابلة للذوبان في الأحماض مقبولة.<br>• لم يكن هناك دليل على وجود الكلوريد في الطلاء. |

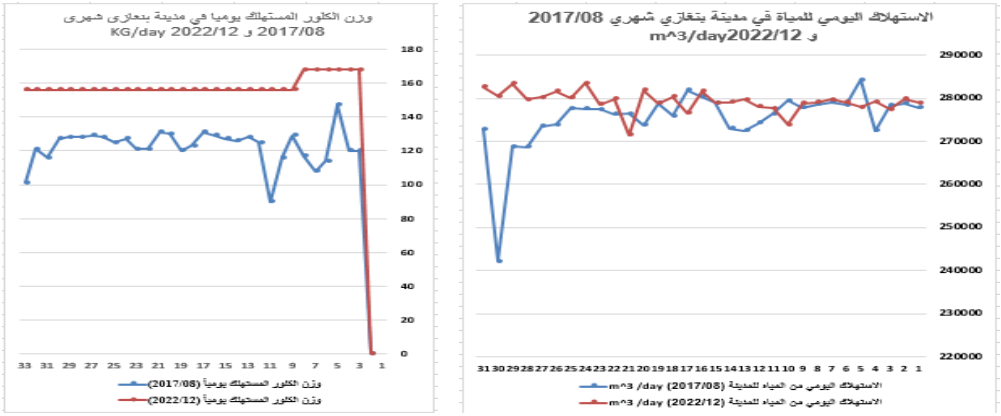
جدول رقم (6) يوضح نتائج الاختبار بعد 15 سنة من الاستخدام وكانت مطابقة للمواصفات

- المرجع ورقة بحثية بخصوص تقييم اداء طلاء أنابيب PCCP بمادة الأيبوكسي، سنة 2009م.
- المعلومات عن أداء طلاء الايبوكسي موجودة في منظومة البيانات إدارة التخطيط والمتابعة.

## 7.2 التشغيل والصيانة لمنظومات نقل المياه بواسطة انابيب PCCP

### 1.7.2 عمليات التشغيل

تتحكم في سريان نقل المياه بواسطة انابيب PCCP التي يصل قطرها الى 4 متر وطول المسار يصل الى اكثر من 500 كم مما يعرض الانابيب الى المخاطر كبيرة، وجود فرق عمل التشغيل والصيانة من مهندسين و فنيين في جميع المجالات ذات الاختصاص التي تعمل على تقليل حدوث هذه المخاطر والتحكم بهذه الضغوط الكبيرة، التي منها (المطرقة المائية) والتي تحدث اثناء عمليات الامداد المائي بسبب التغيير في الضغوطات والاهتزازات الكبير الناتج من هذه العملية باستخدام المثبطات (خزانات الضغط pressure vessels) وغرف (Air Valves).ومن المعلوم ان معدل الاستهلاك التصميمي (350 لتر/يومي/لشخص الواحد) وهو الداخل الى شبكة المياه قبل الاستهلاك، اخذين في الاعتبار المياه المفقودة و المهدورة فأن المنحني التالي رقم (4،5) يوضح كميات استهلاك المياه وكميات الكلور المضافة لغرض معالجة المياه لمدينة بنغازي وهي ثاني اكبر مدينة في ليبيا:




الشكل البياني رقم (5،6) يوضح كمية استهلاك المياه لليوم الواحد وكميات الكلور المضافة بمدينة بنغازي ثاني أكبر مدينة في ليبيا شهري أغسطس 2017م وشهر ديسمبر 2022م

- المعلومات التي تخص معدل استهلاك المياه اليومي وكميات الكلور المضافة موجودة عند منظومة بيانات الادارة العامة لتشغيل والصيانة.

## 2.7.2 عمليات الصيانة الوقائية وإدارة الإخفاقات لمنظومات نقل المياه

واجهة مشروع النهر الصناعي اثناء نقل المياه مجموعة من التحديات التي كانت تسبب حدوث الإخفاقات والمخاطر في عمليات الامداد المائي حيث كانت عمليات الإصلاحات اما صيانة داخلية (تغليف داخلي) او صيانة خارجية (استبدال الانبوب او الشد الاحق) اعتمادا على حجم الضرر كما موضح:

صورة رقم (7) تدعيم داخلية (اعمال التبطين)

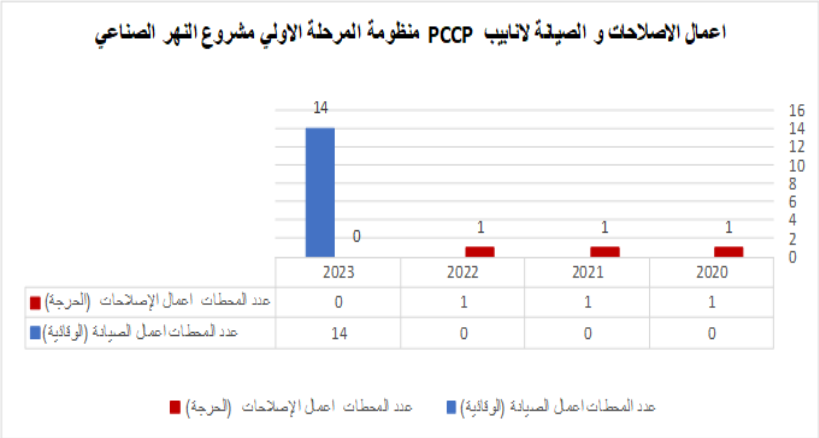
صورة رقم (8) تدعيم خارجية (اعمال الشد الاحق)

صورة رقم (9) تدعيم خارجية (تغليف بالخرسانة المسلحة) (Concrete Encasement)

صورة رقم (10) تدعيم خارجية (اعمال استبدال الانبوب بقع خاصة)

- المرجع ورقة بحثية بخصوص اعمال الشد الاحق ودعم انابيب PCCP، سنة 2006 م.

كما موضح في الشكل البياني رقم (6) عدد التدخلات الحرجة والتدخلات الوقائية من سنة (2020 الى 2023) وهي كتالي:

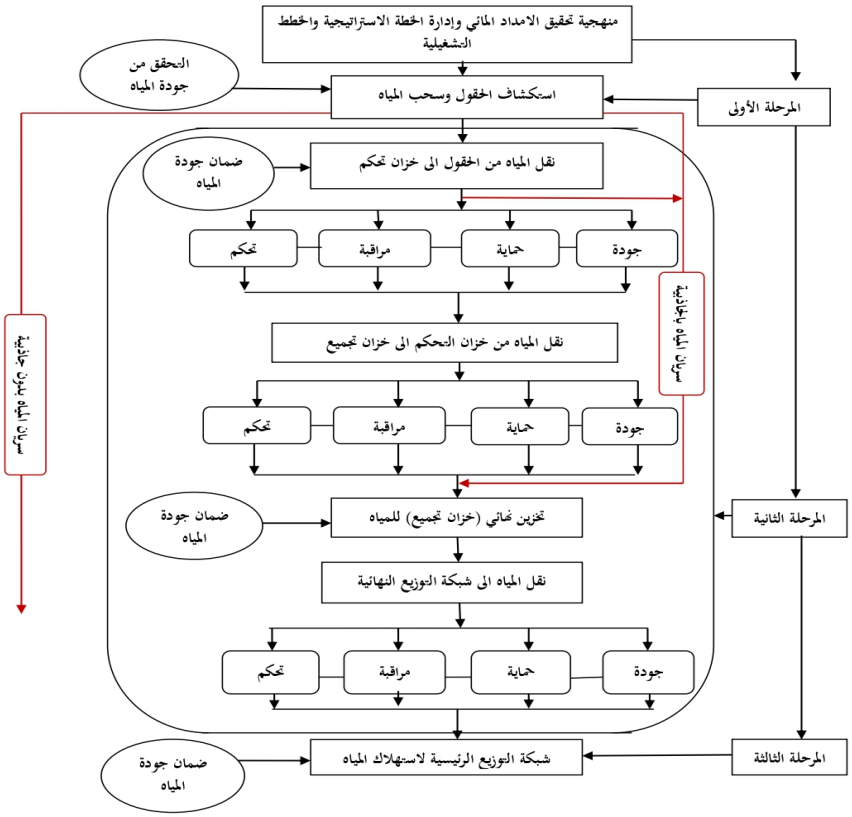



الشكل البياني رقم (7) يوضح اعمال الإصلاحات والصيانة لأنابيب PCCP منظومة المرحلة الاولي مشروع النهر الصناعي من (2020 الى 2023)

- المعلومات التي تخص اعمال الإصلاحات موجودة في إدارة العامة التخطيط والمتابعة والجودة.
- المعلومات التي تخص اعمال الإصلاحات موجودة في الادارة العامة منظومة المرحلة الاولي.

## 2. 8 منهجية تحقيق الامداد المائي وإدارة الخطة الاستراتيجية والتشغيلية

في الشكل رقم (1) يوضح كيفية إدارة الخطة الاستراتيجية لمنظومة الامداد المائي بنظامين الأول يعتمد على الجاذبية الأرضية والأخر يعتمد على ضخ المياه بالمضخات، حيث يمر الامداد بثلاث مراحل رئيسية لإدارة الخطة الاستراتيجية بواسطة انابيب PCCP، وكيفية الاعتماد على خمس خطط تشغيلية رئيسية، وهي موضحة كالتالي:




شكل رقم (1) يوضح كيفية تحقيق الامداد المائي وإدارة الخطة الاستراتيجية والمنهجية المتبعة

## 3 الخلاصة:

قدمت هذه الورقة البحثية نظرة عامة على كيفية الحفاظ على الامن المائي في ليبيا اعتماداً على الرؤية الاستراتيجية لمشروع النهر الصناعي الذي يعتبر صمام امان ليبيا في استمرار الامداد المائي وتحقيق التنمية المستدامة، وبحثت ايضا علي المخاطر والتحديات التي واجهت المشروع وكيفية مواجهتها، وذلك لإيصال المياه النقية بوجود ظروف بيئية صعبة وشح المياه، وكذلك دور انابيب PCCP في عمليات الامداد المائي، وقد تطرقت ايضاً هذه الورقة البحثية الى بعض التطلعات التي نأمل تطبيقها للاستمرار في المستوى الذي حققه المشروع ورفع من قدرة وكفاءة منظومات نقل وتخزين المياه.

ان الحاجة الملحة والضرورة اللازمة لحماية الامن المائي في ليبيا يحتاج لتكامل جميع الأطراف المعنية بالمياه، وتذليل الصعوبات والتغلب على العقبات والاستفادة المثلة للموارد والامكانيات المتاحة، لتخفيف معاناة المواطنين بسبب الأزمات والظروف الحالية الصعبة.

وقد توصلت الدراسة الى ان ندرة المياه في كثير من مناطق العالم و التلوث البيئي بأسباب طبيعية او غير طبيعية وارتفاع الطلب وتغير المناخ والمشاكل المالية والاقتصادية والتقنية هي اكبر التحديات لدول العالم ،حيث ان ليبيا قد تجاوزت دول كثيرة في العالم في انجاز بنية تحتية تتمثل في مشروع النهر الصناعي ،الذي يعتبر من اهم المشاريع الاستراتيجية في ليبيا وهو المسئول على الأمن المائي، والذى ما تحقق إلا بفضل اتباع استراتيجيات وخطط عمليه كان لها الدور الابرز لهذا الانجاز الذي عمل على نقل المياه من الجنوب اماكن تواجد المياه الجوفية بوفرة الى الشمال الذي يتواجد فيه غالبية سكان ليبيا وتقل فيه المياه الصالحة لشرب ،إلا ان هذه البنية التحتية تحتاج الى المزيد من العناية و الرعاية للمحافظة على هذا المستوى وتحسين منظومة نقل وتخزين المياه ورفع من كفاءتها، لاستمرار هذا المورد الرئيسي للمياه في ليبيا حتي تكامل الموارد المائية و تحقيق التنمية المستدامة.

## 4 التوصيات (التطلـعات):

العاملين في مشروع النهر الصناعي يعملون دائما على تحسين وتطوير منظومة النهر الصناعي و البحث الدائم عن الية لتكامل الموارد المائية في ليبيا، بحيث تكون المنظومة مواكبة للتطور والتغيير الدائم والسريع للعالم من حيث ظهور تقنيات جديدة لرفع من

كفاءتها والعمل على اطالة عمر المشروع وتكامله مع باقي الموارد المائية واستمرار نجاحه لأنه يعتبر مشروعاً استراتيجيا واجب حمايته، ومن اهم التدابير التي نتطلع الى تطبيقها على منظومات نقل المياه لضمان الامن المائي و الوصول الى الحوكمة البيئية احد اذرع التنمية المستدامة لتلبية احتياجات الحاضر وتحافظ على حق الاجيال القادمة، منها التالي:

**1.4 التحول الرقمي للحوكمة البيئية:** نظرا لكبر حجم مشروع النهر وتعدد مراحل الامداد المائي من الإنتاج ،النقل ،التخزين ،الاستهلاك والى تعدد المنظومات، فأن علم نظم المعلومات الجغرافية بأماكنه تقديم الإضافة الى مشروع النهر الصناعي وخاصة في إدارة الخطة الاستراتيجية والخطط التشغيلية والعمليات المتعددة للمشروع، لقدرته على التحكم ومراقبة العمليات والموارد والإنشاءات واظهار البيانات والمعلومات بالشكل المناسب، الذي يعمل على سرعة اتخاذ القرارات وضبط المشاريع خاصة الاستراتيجية، وعمل قفزة كبيرة الى الامام في تطبيق التكنولوجية الرقمية و التحول الرقمي للوصول الى الحوكمة البيئية احدى اذرع التنمية المستدامة، وردم الهوة مع الدول المتقدمة.

**2.4 التحليل الطيفي للموجات السطحية (SASW):** احدى اهم تقنيات الاختبارات الغير هدامة للكشف على العناصر وتحديد خصائص كل انبوب وحالته النهائية، وكذلك الكشف على الخزانات الخرسانية والسدود الترابية وطبقات التربة وتحديد أي عيوب او تدهور بها، حيث يتم ربطة بمنظومة انترنت الأشياء واجراء عمليات تجميع البيانات وتحليلها للحصول على المعلومات المطلوبة.

**3.4 الطاقة المتجددة والتكامل مع الشركة العامة للكهرباء:** نظرا لاستهلاك مشروع النهر الصناعي لكميات كبيرة من الطاقة مقارنة بما تنتجه ليبيا للكهرباء، لذلك عند توفير طاقة بديلة بمثل منظومة الطاقة الشمسية ستوفر الكثير على دولة ليبيا، حيث نأمل اجراء نموذج مصغر لذلك بتعاون مع الشركة العامة للكهرباء التي أطلقت خطة استراتيجية لمدة 10 سنوات لرفع القدرة الإنتاجية الى 21,000 ميجاوات/اليوم.

**4.4 منظومة عمليات المراجعات الفنية (TRPS) في خطة التكامل الاستراتيجية للموارد المائية:** هو اجراء لضمان جودة جميع مراحل المشروع والعمليات الخاصة لـ(Management Area) للمشروع وذلك بمتابعتها ومراقبتها بشكل مستمر وتحديد اى خلل في النظام قبل حدوث اخطاء تراكمية بواسطة فرق عمل هندسية وفنية.

**5.4 تصنيع أنابيب من البلاستيك المقوى بألياف زجاجية:** تعتبر من الانابيب ذات جودة عالية مقارنة بأسعارها وقدرتها على التحمل وسهولة نقلها...الخ ، ومن المعلوم ان مصنع البريقة في ليبيا قد تعرض الى الاضرار بعد الحرب الاخيرة، إلا ان جزء من مرافق هذا المصنع لازالت بحالة مناسبة يمكن الاستفادة منها ،كذلك يوجد مصنع اخر في مدينة السرير ينتج انابيب (PCCP) ويغطي حاجة ليبيا لهذا النوع من الانابيب في الفترة القادمة ،لهذا يمكن انتاج انابيب (GFRP) للاستفادة منها كخطوط ثانوية للخط الرئيسي لمنظومات النهر الصناعي او في شبكات المياه و الصرف الصحي، ،للعلم هذا النوع من الانابيب مستخدم في مشروع النهر الصناعي ولكن تم استيراده من الخارج. كذلك يمكن استخدام هذا المكون في تدعيم الانابيب الخرسانية بدل مادة الحديد ذات التكلفة العالية ولكن يحتاج هذا التصور الى تجارب وتطبيق عملي.

**6.4 معالجة مياه النهر الصناعي واعادة تدويرها باستخدام تقنية التناضح العكسي (الغشاء):** من التقنيات المهمة التي يجب تطبيقها على المياه المستهلكة من مشروع النهر الصناعي، بتالي تمكننا من الحفاظ على البيئة وحماية المخزون المائي والعمل وخلق مصادر جديدة للمياه بتالي يتحقق تكامل للموارد المائية والاستفادة الكاملة من المياه المهدرة في الزراعة والصناعة او بحقنها في احواض صناعية او طبيعية في الارض. مع العمل على الاستفادة من هذه التقنيات في تحلية مياه البحر والتنويع مصادر المياه.

**7.4 اجراء الاتفاقيات وتبادل المعرفة:** الانفتاح على المؤسسات الدولية التى لها خبرة في البرامج المائية الاستراتيجية وتبادل المعرفة والاستفادة من قاعدة البيانات الضخمة لدا مشروع النهر الصناعي لاستخدامها في تطوير مشاريع البنية التحتية.

## 5 المراجع:


**1.5** دراسة بحثية (د. فاروق الباز) حول رحلة إلى الجلف الكبير والعوينات، جنوب غرب مصر سنة 1978.

**2.5** الموسوعة البريطانية تعني بالمياه (Britannica Online Encyclopedia).

**3.5** تقرير وكالة الاستخبارات الامريكية بخصوص مشروع النهر الصناعي وقدرته على توفير المياه سنة 2011م.

**4.5** تقرير وكالة NASAالذي يثبت وجود المياه الجوفية بوفرة في ليبيا منذ 40000 سنة، مقدم سنة 2017.

**5.5** تقارير وكالة NASA لعلوم الفضاء حول المياه في ليبيا وافريقيا 2008 م ,2015 م.

**6.5** تقدير أولي لعمق المياه الجوفية في جميع أنحاء أفريقيا، المسح الجيولوجي البريطاني، برنامج علوم المياه الجوفية، تقرير مفتوح / 067/11، سنة 2011.

**7.5** ورقة بحثية بخصوص اصلاحات انابيب PCCP باستخدام (Gunnite method) لتأكيد على جودة الانابيب المصنعة، لصالح MMRP، سنة 2014. اعداد: م. حسن النخاط ،م. حمزة النوال م. عادل حمدان , م. هيثم سوالم.

**8.5** ورقة بحثية بخصوص الحماية الكاثودية وقدرتها على حماية اسلاك الحديد من التآكل واستخدام نتائج المراقبة الصوتية، لصالح MMRP، سنة 2011م. اعداد: م. عمر عصمان، م. ناصر بوبطينة ، م. عادل لنقي.

**9.5** ورقة بحثية بخصوص تقييم اداء طلاء COARING TAR)) للأنابيب PCCP، لصالح MMRP، سنة 2009 م. اعداد: م. سعد عرفان , م. سالم الكوم.

**10.5** ورقة بحثية بخصوص الاصلاحات للأنابيب PCCP بواسطة Post Tensioning))، لصالح MMRP، سنة 2006م. اعداد: م. حسن النخاط ، م. روجر ريموند.

**11.5** ورقة بحثية بخصوص الامن المائي والتحديات والتهديدات المحيطة والحلول المقترحة. سنة 2021. اعداد: أ. صالح أمحمد أمهني، أ. عبد الله محمد بن ادريس.

**12.5** ورقة بحثية تقييم ما بعد إعادة التأهيل لسلامة النظام وفعالية الحماية الكاثودية المجهزة مسبقا باستخدام بيانات المراقبة الصوتية طويلة المدى سنة 2010. اعداد: م. عمر عصمان، م.. ناصر بوبطينة ، م. عادل لنقي، م. نبيل فقي.