حفر الانجراف Scour Holes
بقاع مجرى نهر النيل شرق جزيرة الزمالك

د/ على مصطفى كامل مرغنى*

تعرف حفر الانجراف Scour Holes بقيعان مجارى الأنهار بأنها حفر طبيعية عمودية عميقة ينخفض منسوبها عن منسوب قاع المجرى، وتبدو فى كثير من الأحيان مستديرة أو مستطيلة، وتتكون فى شكل تجمعات، وتعزى نشأتها إلى فعل الدوامات التى تنشأ نتيجة للتدخلات البشرية كحماية النهر، أو الإنشاءات التى تقام بين ضفتى النهر مثل السدود والقناطر والكبارى، أو نتيجة للعوامل الهيدروليكية الناجمة عن تفرع المجرى، وهى تتكون إما فى مناطق الإنثناءات، أو ملاصقة للدعامات Spurs، أو بالقرب من التكسيات Revetmen، أو دعامات الجسورBridge Piers، أو فى مواقع التقاء الفروع Confluences. (Coastal Engineering Research Center, 1973).

الهدف من الدراسة:

١- تهدف الدراسة إلى تحليل ظاهرة بقاع مجرى النيل للتعرف على خصائصها، وتطورها ومدى تأثيرها على مورفولوجية وهيدروجرافية مجرى النيل بمنطقة الدراسة.

٢- تقدمت عدة جهات لتطوير الجانب الشرقى لمجرى نهر النيل شرق جزيرة الزمالك، ومن ثم تعد هذه الدراسة إسهامًا فى التعرف على الخصائص المورفولوجية والهيدروجرافية والأخطار لهذه المنطقة والتغيرات التى تطرأ عليها.

---

* أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا – كلية الآداب ببنها.

مصادر وأسلوب البحث:

لإبراز الخصائص المورفومترية والمراحل التطورية لتلك الظاهرة كان لابد من تعدد مصادر الدراسة واستخدام الأسلوب التحليلى والقياسى للخروج بنتائج حقيقية ومن ثم تمثلت مصادر الدراسة فيما يلى :

١- الخريطة الهيدروجرافية لعام ١٩٨٢ وعام ٢٠٠٥.

٢- الخريطة الهيدروطبوغرافية لعام ٢٠٠٥ لمنطقة الدراسة.

٣- تحليل القياسات الهيدروليكية لمنطقة الدراسة ممثله فى قياسات سرعة التيارات المائية، وعينات القاع، وقياس تركيز المواد العالقة.

٤- إجراء التحليلات المورفومترية للظاهرة للتعرف على توزيعها، ونمطها، وكثافتها، والعوامل المؤثرة فى نشأتها وتطورها من خلال تحليل الخريطة الهيدروطبوغرافية لعام ٢٠٠٥، والتى أخرجها معهد بحوث النيل فى مايو ٢٠٠٥، واعتمد فى إنشائها على الخريطة الهيدروجرافية لعام ١٩٨٢ والقياسات الحقلية.

الدراسات السابقة:

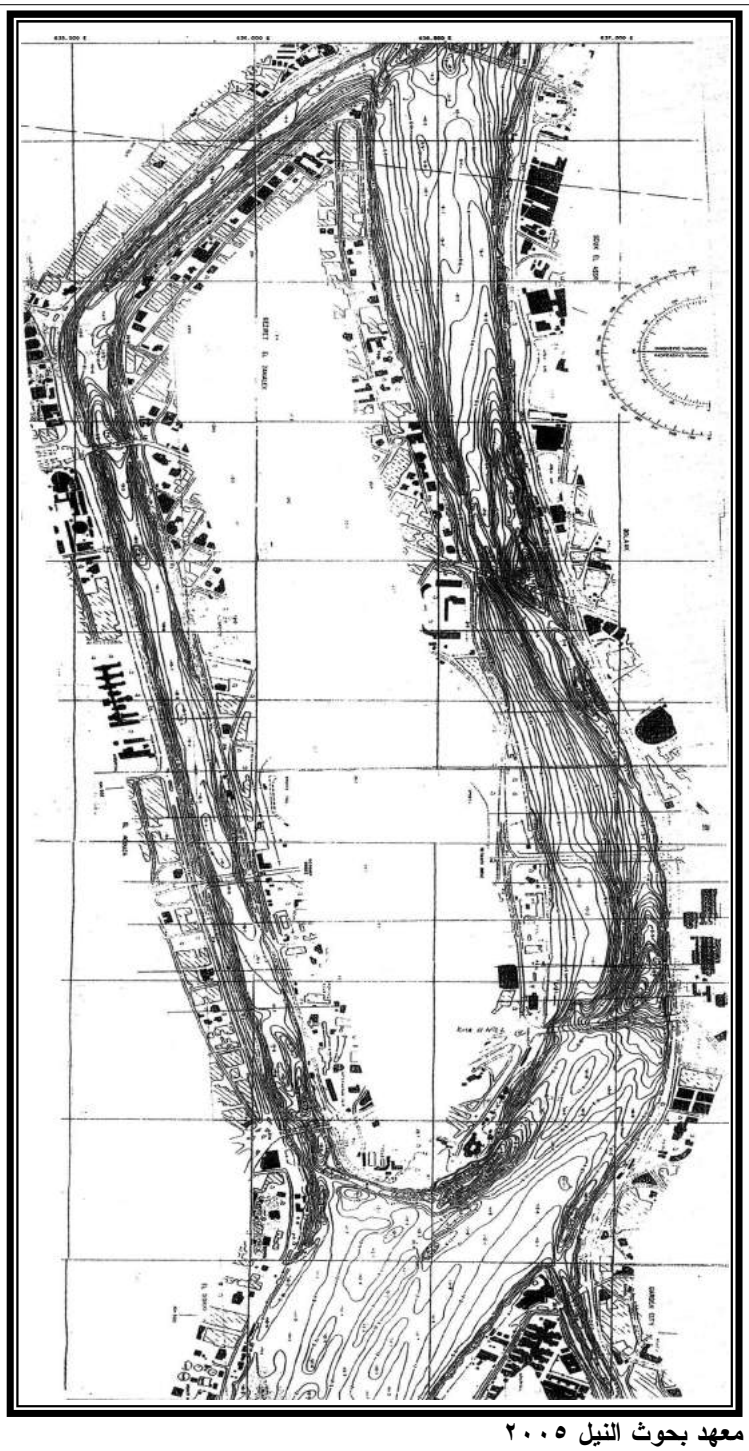
هناك العديد من الدراسات التى تناولت نهر النيل من قبل الجغرافيين، وقد اقتصرت الدراسات على تناول مجرى النيل وسهله الفيضى والجزر النيلية، والتغيرات الحادثة لنهر النيل قبل وبعد السد العالى، والمدرجات النهرية، ولم تتناول الدراسات السابقة جميعها دراسة تفصيلية لتلك الظاهرة المورفولوجية بقاع المجرى، كما اقتصرت الدراسات التى أجراها معهد بحوث النيل على التغيرات المورفولوجية أمام قناطر الدلتا، ودراسة تلك الظاهرة فى منطقة نجع حمادى وجرجا عام ١٩٨٢، وقد أغفلت دراسة التغيرات الهيدرومورفولوجية لنهر النيل بالقاهرة الكبرى عام ٢٠٠٥ دراسة وتحليل تلك الظاهرة، مما شجع

الباحث على تحليل تلك الظاهرة مورفومتريًا لإلقاء الضوء على الأخطار المورفولوجية التى يمكن أن يتعرض لها هذا القطاع من مجرى نهر النيل نتيجة لخصائصه الجغرافية والمورفولوجية والعوامل الهيدروجيولوجية المؤثرة فيه والتداخلات البشرية لتهذيبه وتطويره، وتأثير تلك الظاهرة على المنشآت التى تشيد على جانب المجرى بما لا يؤدى إلى تدميرها فى المستقبل والتى تؤدى بدورها إلى حركة الرواسب والتربة فى تلك الأماكن.

منطقة الدراسة:

تم تحديد منطقة الدراسة من خلال فحص الخرائط المساحية بمقياس رسم ١: ٥٠٠٠ لعام ٢٠٠٣ والصور الفضائية، بمنطقة المجرى الشرقى لنهر النيل المتاخمة لجزيرة الزمالك جنوبًا بإحداثيات. (W6584 MTM) وهى ٣٣٢٣٨٦١.١٠١٤ شمال و٢٧٣٨٠٦.٩٥٥٠ شرق والحد الشمالى بإحداثيات ٣٣٢٧٦٨٦.٤٥٦٨ شمال و٢٧٣٥٩٧.٨٥٢٤ شرق، ويحدد نطاق الدراسة (شكل ١) الجانب الشرقى من مجرى نهر النيل، والحد الغربى هو الحد الشرقى لجزيرة الزمالك*، والتى تأخذ شكل شبه مستطيل، وتمتد فى محور جنوب الجنوب الشرقى – شمال الشمال الغربى، بطول ٧.٨ كم بين الطرف الجنوبى ذو الشكل القوس والطرف الشمالى ذو الشكل المدبب، ويرتبط الجانب الشرقى لمنطقة الدراسة بالجانب الغربى بعدة كبارى من الجنوب إلى الشمال هى كبارى قصر النيل وأكتوبر وأبو العلا و١٥ مايو.

* كلمة تركية تعنى عشش تقام للعسكر.

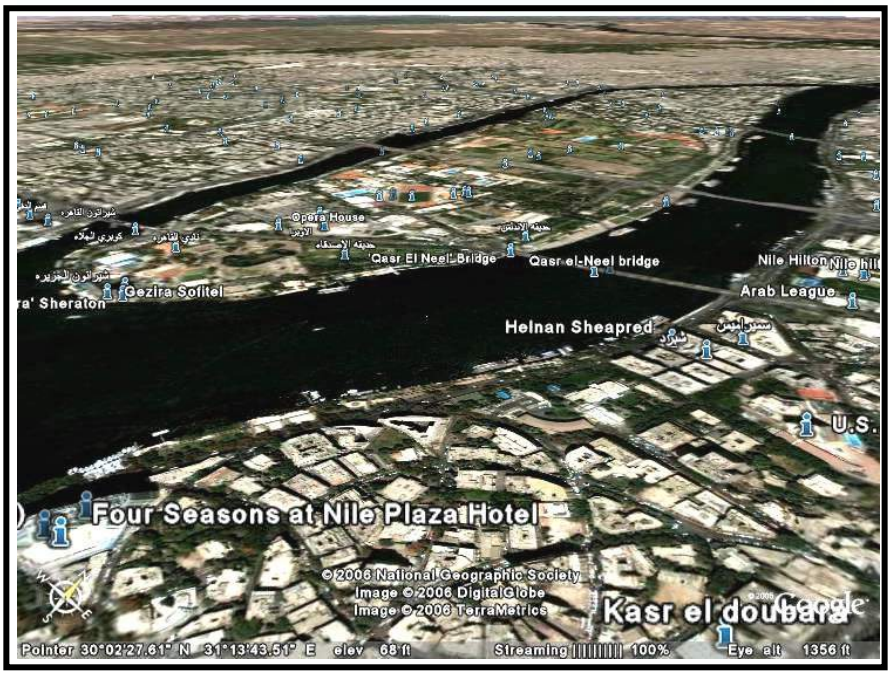


* المصدر معهد بحوث النيل ٢٠٠٥

شكل (١) : موقع منطقة الدراسة الخريطة الهيدروطبوغرافية

وقد شهد الجانب الغربى لمجرى النيل الشرقى لجزيرة الزمالك إلى الشمال من كوبرى قصر النيل إرساباً نتيجة لطرح النهر مما أدى إلى كشف وإضافة مساحة من اليابس استغلت سياحيًا وترفيهًا (شكل ٢).

ويتجه الفرع الشرقى لمجرى النيل (منطقة الدراسة) بعد نهاية جزيرة الروضة فى مسار متخذاً الاتجاه الشمالى الشرقى بزاوية ميل ٢٥ درجة مع اتجاه الشمال حتى الكيلو ٣.٩٠ متر خلف مقياس الروضة، ويبلغ عرضه فى بداية جزيرة الزمالك ٧٥٠متراً، ما يلبث أن يضيق ليصل إلى ٣٩٤ متراً، ثم يأخذ فى الاتجاه الشمالى الغربى بزاوية ميل ١٩ درجة مع اتجاه الشمال فى القطاع من الكيلو ٤ حتى الكيلو ٦.٢ خلف مقياس الروضة، ويبلغ أقل عرض به ٢٤٠متراً وأقص عرض ٤٠٠ متر.

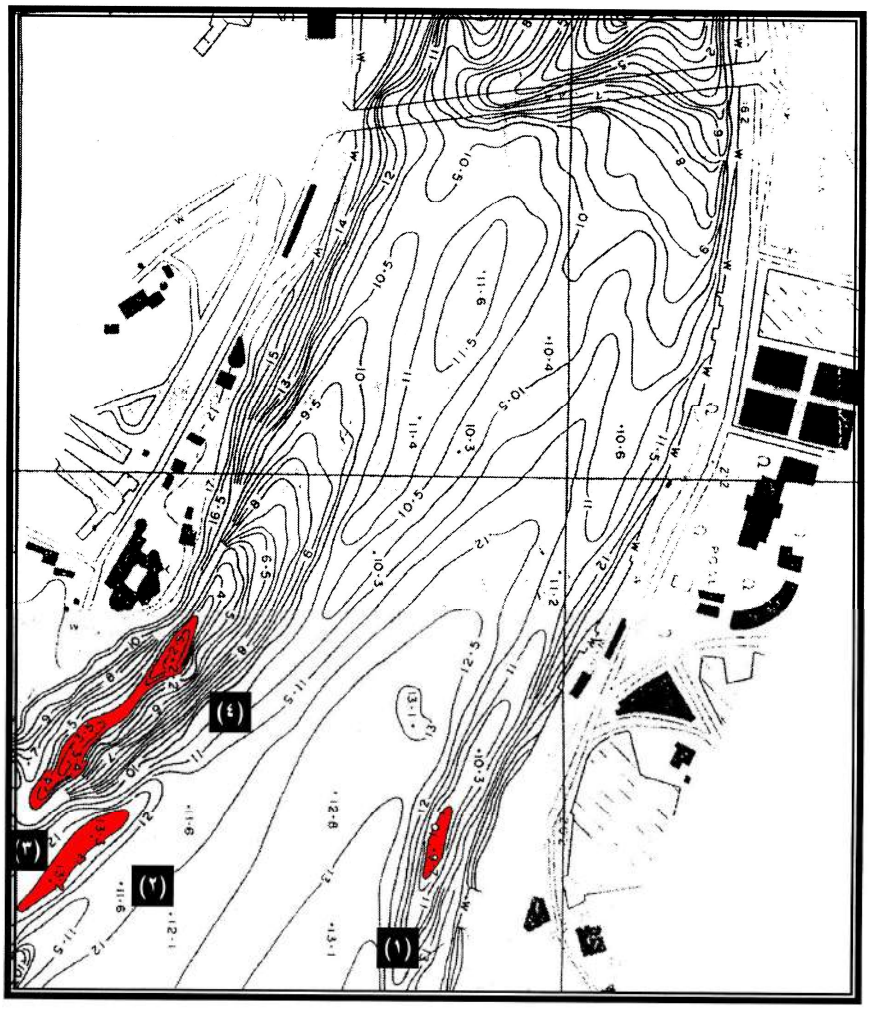


شكل (٢) صورة فضائية لمنطقة الدراسة

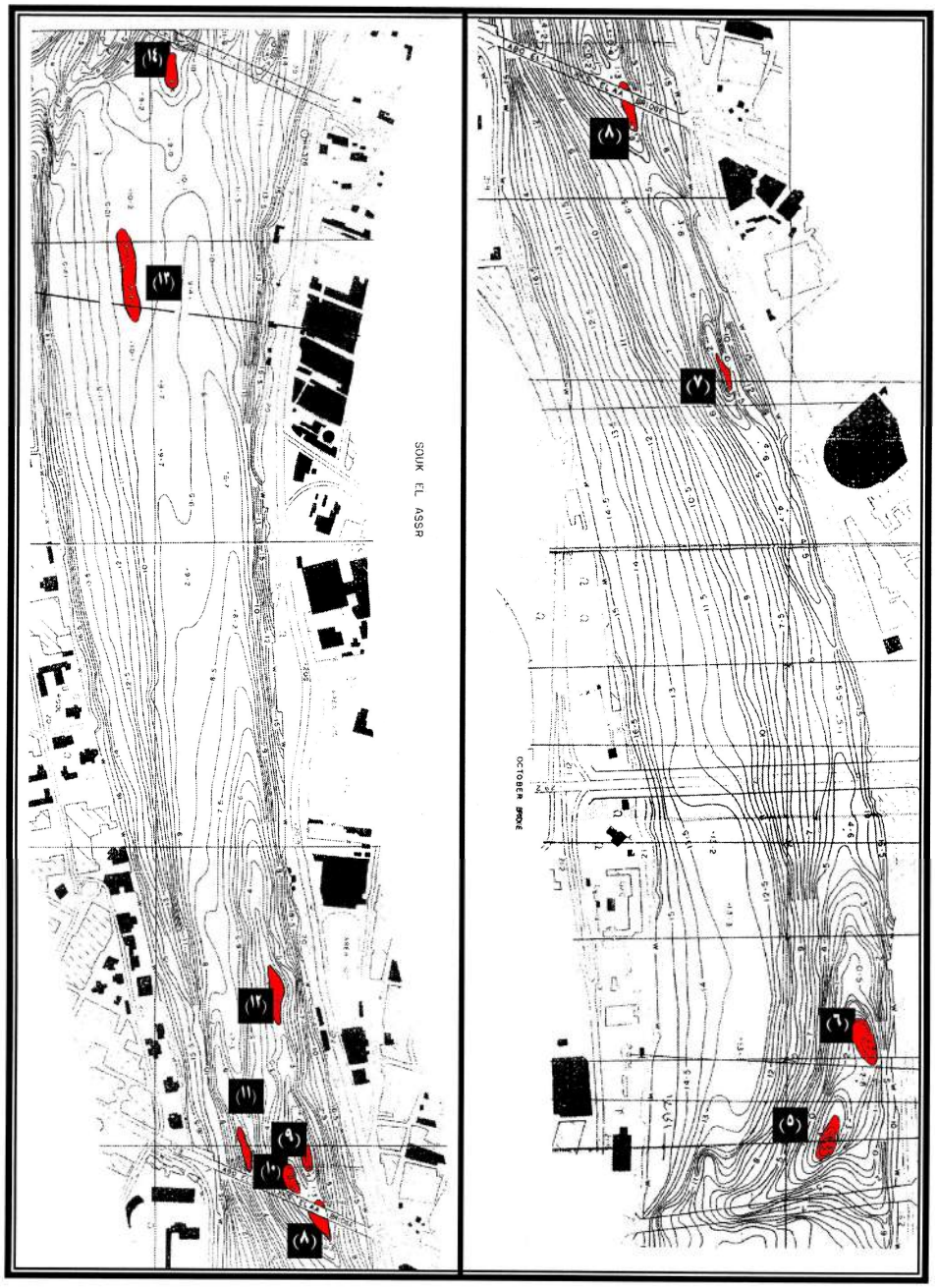
أولاً: التحليل المورفومترى لحفر الانجراف

١- الموقــع والعــدد

توضح الخرائط شكل (٣-أ) (٣-ب) مواقع حفر الانحراف وقد تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاثة مواقع تتمثل حدودها فى الجسور التى تربط الجانــب الشرقى بالجانب الغربى للمجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك، حيث لوحظ أن الكبارى والتكسيات تلعب دورًا واضحًا فى نشأة وتطور تلك الحفر.



شكل رقم (٣ – أ): موقع حفر الانجراف بمنطقة الدراسة



شكل رقم (٣ – ب): موقع حفر الانجراف بمنطقة الدراسة

ويبين جدول (١) المناطق الثلاث وعدد الحفر ومواقعها وأرقامها على النحو التالى:

أ- المنطقة الأولى تقع بين الكيلو ٣.٨٠ من مقياس الروضة أى من شمال جزيرة الروضة حتى الكيلو ٤.٨٠ من مقياس الريوضة إلى الشمال من كوبرى أكتوبر بنحو ١٠٠ متر.

وقد تم حصر ٦ حفر ثلاثة منها جهة الشرق، وأخذت تسلسل ١، ٢، ٣، وثلاث أخرى تقع على الجانب الغربى للمجرى وهى ٤، ٥، ٦.

ب- المنطقة الثانية تقع من شمال كوبرى أكتوبر عند الكيلو ٤.٨٠ حتى كوبرى أبو العلا وتوجد بها حفرتان هما ٧ و ٨ وتقعان فى شرق المجرى.

ج- المنطقة الثالثة يمتد من كوبرى أبو العلا حتى الكيلو ٧.٥ من مقياس الروضة الذى يمثل النهاية الشمالية لجزيرة الزمالك.

وتوجد بها ست حفر ثلاث منها جهة الشرق (٩، ١٠، ١١) وواحدة غربًا (١٢) واثنتين فى وسط المجرى (١٣، ١٤).

وبهذا يكون إجمالى عدد الحفر التى خضعت للدراسة والتحليل أربعة عشر حفرة انجراف منها ثمانى حفر فى الجانب الشرقى، وأربع فى الجانب الغربى، واثنتان فى الوسط.

جدول رقم (١)

التحليل المورفومترى لحفر الانجراف Scour Holes

الرقم	المنطقـــــــــة	الموقـع	الطول بالمتر *	العرض بالمتر *	عمق الحفر بالمتر *	الحبيبات ■ ١ مم	متوسط سرعة التيار (م/ث) ■
١	بين الكيلو ٣.٨٠ من مقياس الروضة شمال جزيرة الروضة حتى الكيلو ٤.٨٠ من مقياس الروضة شمال كوبرى أكتوبر بنحو ١٠٠ متر.	شرق	٧٥	٢٠	١.٣	٠.٢٥	٠.٥
٢		شرق	٢٥	١٠	٦.٣	٠.٢٢	٠.٥
٣		شرق	٣٠	١٥	٤.٢	٠.٢٤	٠.٤
٤		غرب	٢٠	٥	٠.٥	٠.٢٥	٠.٤
٥		غرب	٦٠	١٥	١.٥	٠.٢٣	٠.٤
٦		غرب	٣٥	٢٠	٢.٥	٠.٢٢	٠.٤
٧	من شمال كوبرى أكتوبر عند الكيلو ٤.٨٠ من مقياس الروضة حتى كوبرى أبو العلا	شرق	٣٠	١٠	٣.٣	٠.٢٤	٠.٥٥
٨		شرق	٣٥	١٥	٢.٢	٠.٢٣	٠.٤٥
٩	من كوبرى أبو العلا حتى الكيلو ٧.٥ من مقياس الروضة وهو يمثل النهاية الشمالية لمنطقة الدراسة وجزيرة الزمالك	شرق	٥٠	١٠	٣.٤	٠.٢٥	٠.٤٢
١٠		شرق	٢٥	٥	١.٨	٠.٢٤	٠.٤٢
١١		شرق	٧٥	٢٠	٠.٨	٠.٢٢	٠.٤٥
١٢		غرب	١٠٠	٣٠	٠.٣	٠.٢٠	٠.٤٦
١٣		وسط المجرى	١٦٠	٢٥	٣.٨	٠.٢٤	٠.٤٢
١٤			٦٠	٢٠	٠.٨	٠.٢٢	٠.٣٧

*** تم القياس بمعرفة الباحث وباستخدام الحاسب الآلى.**

■ المصدر: معهد بحوث المياه بالقاهرة والقياسات والتحليلات فى شهر إبريل عام ٢٠٠٥.

والسرعة فى منطقة الحفر وليست فى قاعها.

٢- الطــول

أوضح قياس طول نحو ١٤ حفرة انجراف باستخدام الحاسب الآلـــى أن طول الحفر يتراوح بين ٢٠ و١٦٠ مترًا، وبالربط بين قيم الأطوال وموقعهـــا تبين أن هناك عوامل أسهمت فى زيادة أطوال حفر الانجراف بمنطقة الدراســـة تمثلت فى الآتى:

أ- تبين من القياس المسجل بجدول (١) أن الحفر رقم (١) سجلت أعلى طول فى المنطقة الأولى بمنطقة الدراسة ويعزى سبب ذلك لعـــاملين أولهمـــا التكسيات الموجودة بالضفة الشرقية والعامل الثانى يتمثل فـــى العوامـــل الهيدرولوكية الناجمة عن التقاء المجرى الشرقى والغربى لنهـــر النيـــل شمال جزيرة الروضة، والذى أثر بدوره فى زيادة الطول بالإضافة إلـــى عامل الزمن، وتتشابه فى ذلك الحفرة رقم (٥) التـــى تقـــع فـــى غـــرب المجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك حيث سجل طولهـــا ٦٠ متر.

ب- تراوح طول الحفر فى المنطقة الثانية بين ٣٠ و٣٥ متراً، والذى ســـجل للحفرتين ٧ و ٨ وموقعهما فى الشرق.

ج- لعبت دعامات الجسور دورًا رئيسيًا فى زيادة أطـــوال الحفـــر بمنطقـــة الدراسة، حيث شهدت المنطقة الثالثة من كوبرى أبو العلا حتى النهايـــة جنوب كوبرى إمبابة أعلى أطوال لحفر الانجراف حيث بلغ طول الحفرة رقم (١٣) ١٦٠ متراً وهى تقع وسط المجـــرى، ويفـــسر ذلـــك تأثرهـــا بدعامات كوبرى إمبابة، و٧٥ متر كما يبلغ طول الحفرة رقم (١١) وهى متأثرة بدعامات كوبرى أبو العلا فى الشرق، أما الحفرة رقم (١٢) فبلـــغ طولها ١٠٠ متر وهى المتأثرة بدعامات كوبرى أبو العـــلا فـــى جهـــة الغرب.

ومن الملاحظ أن دعامات كل من كوبرى أبو العلا وكوبرى إمبابة قد أسهمت فى نشأة وتطور أطوال حفر الانجراف بمنطقة الدراسة لتصل إلى أعلى معدل للطول بمنطقة الدراسة، ويعزى ذلك إلى أن تصميم الدعامات جاءت بزاوية ٢٩٠° عن اتجاه الشمال مما أحدثت زاوية حادة مع مسار تيار حركة المياه بالمجرى الشرقى لنهر النيل، هذا بالإضافة إلى الفترة الزمنية منذ نشأة الكوبرى حتى الوقت الحاضر حيث تعد هذه الجسور أقدم من الجسور الأخرى الممثلة فى كوبرى أكتوبر، أو ١٥ مايو أو حتى قصر النيل.

٣- عرض الحفر

تم قياس عرض الحفر عموديًا على أطوالها الموازية لاتجاه مسار المجرى، وقد تبين من القياسات المدونة بجدول (١) ما يأتى:

أ – تتراوح عروض حفر الانجراف بمنطقة الدراسة بين ٥ أمتار و٣٠مترًا.

ب – أوضحت القياسات أن عرض الحفر بمنطقة الدراسة تتراوح فى المنطقة الأولى بين ٥متر و٢٠ مترًا بينما سجل فى المنطقة الثانية عرضًا يتراوح بين ١٠متر و١٥ مترًا، أما المنطقة الثالثة فيتراوح العرض بين ٥ متر و٣٠ مترًا.

ج – سجل أعلى عرض بمنطقة الدراسة فى النطاق الثالث فى الحفرة رقم (١٢)، ويمكن تفسير ذلك بارتباط النهاية الشمالية لمنطقة الدراسة بتجمع تأثيرين معًا، الأول تأثير دعامات كوبرى أبو العلا من الجنوب وكوبرى إمبابة من الشمال، والثانى الشكل الحاد لنهاية الطرف وهو نقطة التقاء المجرى الشرقى والغربى لنهر النيل بمنطقة جزيرة الزمالك مما يؤدى إلى تأثير واضح فى التغيرات الهيدروليكية شمال نقطة الالتقاء وجنوبها.

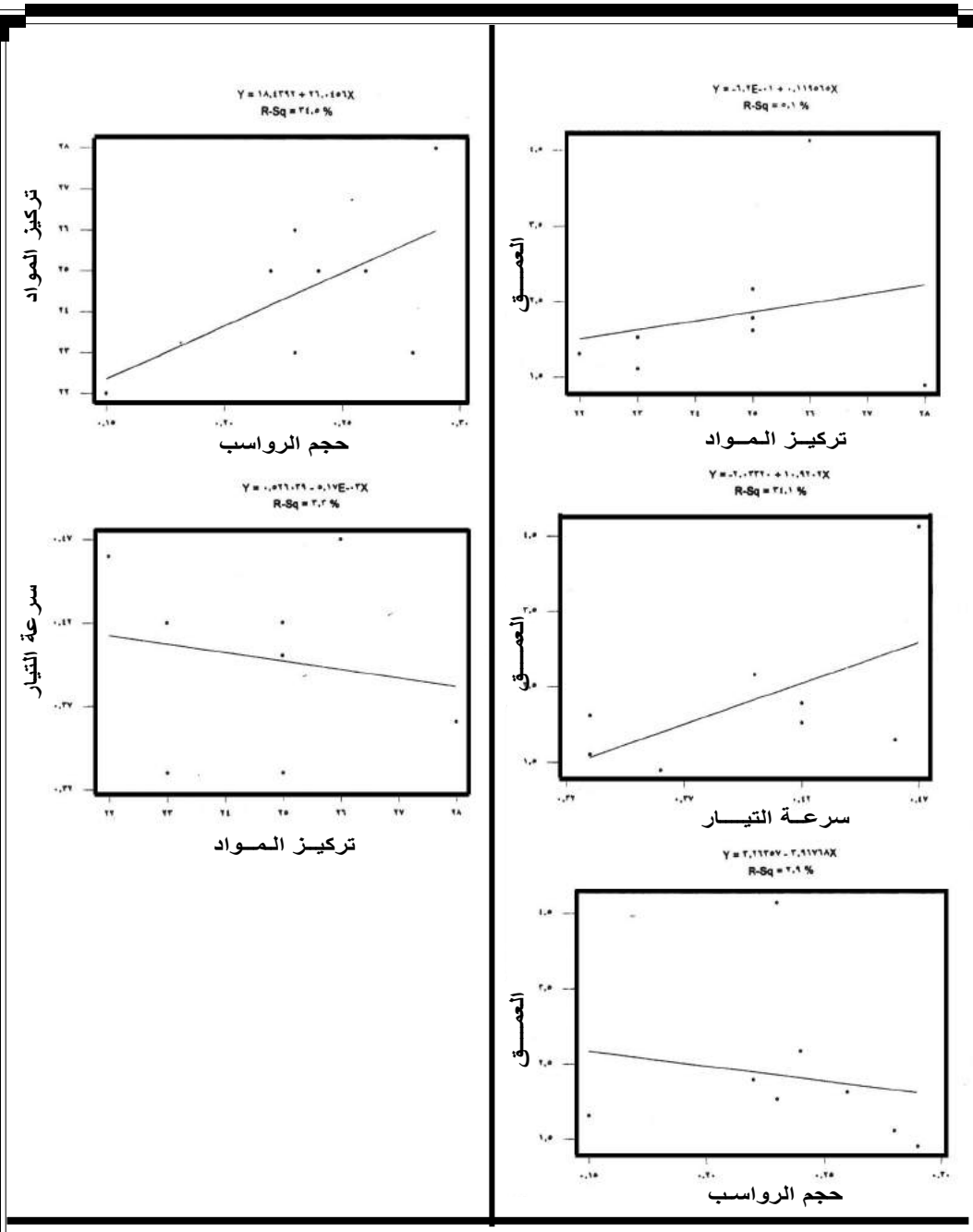
٤- عمق حفر الانجراف

تم قياس عمق الحفر من الخرائط الهيدروطبوغرافية لعامى ١٩٨٢ و٢٠٠٥، وتم مقارنة تلك القياسات والاسترشاد بالقطاعات العرضية للمجرى فى مواقع تلك الحفر شكل (٣)، وتم توقيع النتائج بجدول (٢). وبتحليل الجدول السابق والقطاعات المختلفة تبين الآتى:

أ- يتراوح عمق الحفر بين ٣٠ سم و٦.٣ متر، وقد سجلت الحفرة رقم (٢) والموقعة بالخريطة شكل (٣-أ) أقصى عمق حيث بلغ ٦.٣مترًا، وهى تقع شرق المجرى بين النهاية الشمالية لجزيرة الروضة وكوبرى ٦ أكتوبر.

ب- يختلف عمق حفر الانجراف بمنطقة الدراسة فى شرق المنطقة وغربها حيث يزداد فى الشرق ويتراوح العمق فيه بين ٠.٨ من المتر و٦.٣مترًا، ويقل العمق فى الغرب حيث يتراوح بين ٠.٣ من المتر و٢.٥ مترًا.

ج- يتراوح عمق حفر الانجراف فى وسط المجرى بمنطقة الدراسة بين ٠.٠٨ من المتر و٣.٨مترًا.



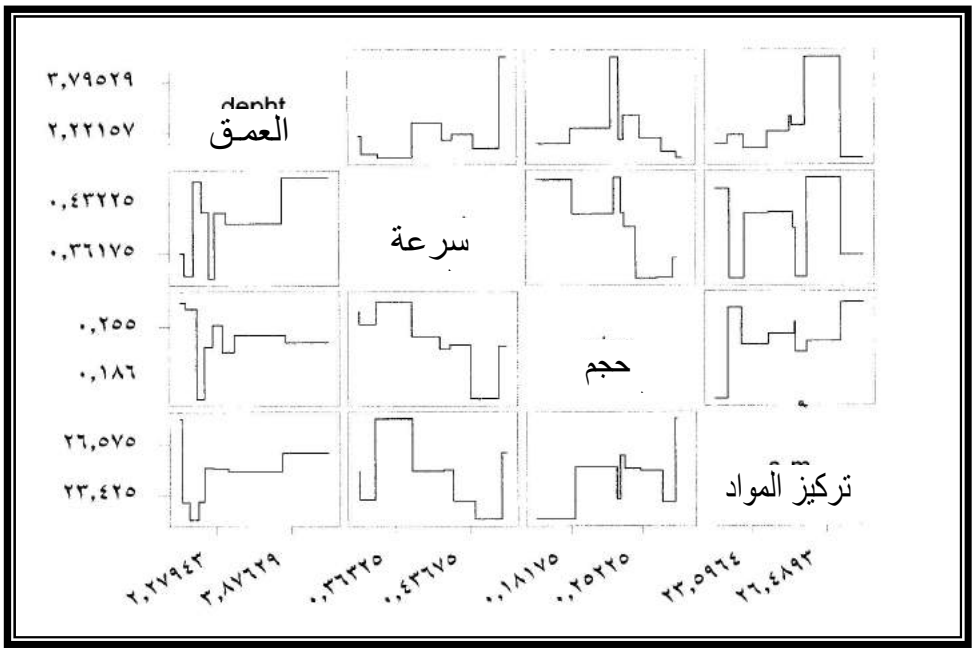
شكل (٤) العلاقة بين العمق وتركيز المواد العالقة وحجم الرواسب وسرعة التيار بمنطقة الدراسة.

وتوضح المصفوفة شكل (٥) وعلاقة الارتباط الموضحة بشكل (٤) العلاقة بين العمق والعوامل الأخرى المؤثرة فيه على النحو التالى :

أ- توضح العلاقة بين عمق حفر الانجراف وأطوالها أنها علاقة ارتباط عكسية ضعيفة حيث بلغت ٠.١٧٣٧٥.

ب- تبين من حساب علاقة الارتباط بين عمق حفر الانحراف وعرضها أنها علاقة ارتباط عكسية ضعيفة حيث بلغت ٠.٢٥٨٨٨.

ج- توضح علاقة الارتباط بين عمق حفر الانجراف ومتوسط سرعة التيار (م/ث) أنها علاقة طردية حيث سجلت ٠.٥٨٤ شكل (٤). فكلما زاد متوسط سرعة التيار أدى ذلك إلى انجراف أكثر للرواسب ذات الأحجام الأكبر مما يساعد على عمق الحفرة.



شكل (٥): مصفوفة العلاقة بين العمق وسرعة التيار وحجم الرواسب وتركيز المواد العالقة.

ثانيًا: العوامل المؤثرة فى النشأة والتطور

تتمثل العوامل المؤثرة فى المنشأة والتطور بمنطقة الدراسة فيما يلى :

١- التدخلات البشرية والعامل الزمنى.

٢- مناسيب المياه بمنطقة الدراسة.

٣- سرعة التيار.

٤- تركيز الماد العالقة بالمياه.

٥- حجم رواسب القاع.

٦- عرض القطاع المائى بمنطقة حفر الانجراف.

٧- التغير الهيدرومورفولوجى للمجرى.

١- التدخلات البشرية والعامل الزمنى

تتمثل التدخلات البشرية فى تلك الإنشاءات التى تقام بين ضفتى النهر مثل السدود والقناطر والكبارى، أو نتيجة للتأثير البشرى على العوامل الهيدروليكية الناجمة عن تفرع المجرى، وبصفة عامة فى مناطق الانثناء Bend، أو فى المناطق الملاصقة للدعامات Spurs، أو خلف الحواجز المقامة فى اتجاه مجرى النهر، أو بالقرب من التكسيات Revetment، أو دعامات الجسور أو الكبارى Bridge Piers، أو فى مواقع التقاء الفروع (المقرن) Confluencies.

ويمكن القول أن العوامل المؤثرة فى نشأة حفر الانجراف بمنطقة الدراسة ترجع إلى وجود ما يأتى:

أ- **التكسيات Revetment** المقامة على الجانب الشرقى للمجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك، بالإضافة إلى بعض

المواقع فى الجانب الغربى وقد تم رصد نحو (خمس) حفر يرجع نشأتها إلى تأثير التكسيات الملاصقة لها.

ب- دعامات الجسور أو الكبارى Bridge Piers

على الرغم من وجود أربعة كبارى بمنطقة الدراسة، إلا أن دعامات كل من كوبرى أبو العلا وكوبرى إمبابة كانتا المسبب لتكون ثلاث حفر انجراف أمام وخلف كوبرى أبو العلا، واثنتان خلف كوبرى إمبابة بمنطقة الدراسة، ويمكن القول أن زاوية إنشاء كل من كوبرى أبو العلا وإمبابة التى تزيد على ٢٩٠° عن اتجاه الشمال اسهمت بالإضافة إلى الفترة الزمنية الطويلة التى يرجع إليها فترة إنشاء كل من الاثنين، أسهمت فى نشأة وعمق تلك الحفر.

ج- التأثير البشرى على العوامل الهيدروليكية الناجمة عن تفرع المجرى.

ويتضح ذلك فى البداية الجنوبية لجزيرة الزمالك والتى تبدو فى شكل قوس والتى تأثرت نتيجة لالتقاء المجرى الشرقى لجزيرة الروضة والمجرى الغربى الأكثر اتساعًا مما أسهم فى نشأة أربع حفر انجراف، ثلاث منها ملاصقة للحافة الشرقية الجنوبية لجزيرة الزمالك والرابع فى الجانب الشرقى لمجرى النيل شرق جزيرة الزمالك، وأن كانت الحفر التى تقع فى الغرب أكثر عمقًا من الشرقية، ويرجع ذلك إلى القيام حديثًا بإنشاء تكسيات جديدة للحافة الشرقية للمجرى مما أسهم فى نشأة تلك الحفر ومن ثم يرجع العامل الزمنى والتدخلات البشرية من العوامل التى أسهمت فى زيادة عمق حفر الانجراف.

٢- مناسيب المياه بمنطقة الدراسة:

اعتمد الباحث فى تحليل مناسيب المياه بمنطقة الدراسة على البيانات المتاحة والمسجلة بمعهد بحوث النيل، وان اقتصرت على متوسطات مناسيب سطح مياه النيل لكل عشرة أيام عند موقعى مقياس الروضة ومقياس قناطر الدلتا (التى يبعدان عن بعضها بنحو ٢٧كم) للفترة من عام ١٩٩٤ حتى عام ٢٠٠٤، أى مدى زمنى يبلغ عشر سنوات والموضح بالجدول رقم (٢)، وبتحليل تلك البيانات تبين ما يأتى:

أ - سجل أقل منسوب للمياه بمنطقة الدراسة ١٥.٦ متراً خلال عشرة الأيام الثانية من شهر يناير عام ١٩٩٥، كما سجل أعلى منسوب للمياه وهو ١٧.٤١متر خلال أيضًا العشرة أيام الثانية من شهر أغسطس عام ٢٠٠٤.

ب - لوحظ أن متوسط منسوب المياه بمنطقة الدراسة سجل ١٥.٤٩متر فى شهر يناير لعام ١٩٩٤، بينما سجل لنفس الشهر عام ٢٠٠٤ متوسط قدره ١٦.٣٢٥ متر أى بزيادة مقدارها ٠.٨٣ من المتر خلال عشر سنوات.

ج - شهد شهرا يوليو وأغسطس والذى يسجل فيهما أعلى منسوب لمناسيب المياه بمنطقة الدراسة زيادة فى الفترة من عام ١٩٩٤ حتى عام ٢٠٠٤ حيث سجل مناسيباً بمتوسط قدره ١٧.٠٢ مترًا فى يوليو ١٩٩٤ و١٦.٨٧ متراً فى أغسطس من نفس العام، أما عام ٢٠٠٤ فقد سجل منسوب المياه بمنطقة الدراسة متوسط قدره ١٧.٣٦ متر فى شهر يوليو، و١٧.٣٧ فى شهر أغسطس من نفس العام، أى بزيادة مقدارها ٠.٣٤ من المتر فى شهر يوليو و ٠.٥٠ من المتر فى شهر أغسطس وهذا يوضح أن الزيادة فى شهر أغسطس أكبر منها فى شهر يوليو.

جدول رقم (٢)

متوسط عشرة أيام للمناسيب عند مقياس الروضة

سنة	اليوم	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
	١-١٠	١٦.٤١	١٥.٥١	١٥.٨٨	١٦.٥٤	١٦.٤١	١٦.٦٤	١٧.٠٢	١٦.٩٦	١٦.٧٤	١٦.٦٢	١٦.٤٢	١٦.٣٦
١٩٩٤	١١-٢٠	١٦.٠٤	١٥.٨٩	١٦.٣٨	١٦.٧٦	١٦.٦١	١٦.٧	١٧.٠٥	١٦.٨٤	١٦.٦٧	١٦.٨	١٦.٦٧	١٦.٤٥
	٢١-نهاية	١٥.٦٢	١٦.١٤	١٦.٨٣	١٦.٥٣	١٦.٦٤	١٦.٨٤	١٧.٠٢	١٦.٨٢	١٦.٧	١٦.٧٢	١٦.٣٩	١٦.١٤
	١-١٠	١٥.٧٩	١٦.٣٧	١٦.٦٧	١٦.٥	١٦.٦	١٦.٧	١٦.٩	١٦.٩٩	١٦.٨٣	١٦.٥٩	١٦.٢٣	١٦.٥٥
١٩٩٥	١١-٢٠	١٥.٣١	١٦.٧٣	١٦.٦١	١٦.٥٦	١٦.٤٥	١٦.٨٦	١٦.٨٦	١٦.٩٣	١٦.٦٣	١٦.٢٢	١٦.٣٢	١٦.٣٣
	٢١-نهاية	١٥.٣٧	١٦.٨٧	١٦.٦٥	١٦.٦	١٦.٥٥	١٦.٨٥	١٦.٩٤	١٦.٩١	١٦.٦٢	١٦.٢٢	١٦.٣٧	١٦.١
	١-١٠	١٦.٠٧	١٦.١٤	١٦.٣٤	١٦.٧١	١٦.٦٥	١٦.٦٨	١٧.١٦	١٦.٨٨	١٦.٨٣	١٦.٤	١٦.٤٩	١٦.٥
١٩٩٦	١١-٢٠	١٥.٢٣	١٦.٣٨	١٦.٦٧	١٦.٤٧	١٦.٤٧	١٦.٩١	١٦.٩١	١٦.٧٩	١٦.٨	١٦.٤	١٦.٥٦	١٦.٣٢
	٢١-نهاية	١٥.٤٤	١٦.٤٧	١٦.٦	١٦.٦٤	١٦.٥٧	١٧.١٤	١٦.٩١	١٦.٨١	١٦.٤٩	١٦.٥	١٦.٤٨	١٥.٩٩
	١-١٠	١٥.٨	١٥.٩١	١٦.٦٨	١٦.٧٤	١٦.٦٣	١٦.٨٨	١٧.١٤	١٧.٠٧	١٦.٦٢	١٦.٢	١٦.١٦	١٦.١٣
١٩٩٧	١١-٢٠	١٥.٤٦	١٦.٥١	١٦.٧٤	١٦.٧٥	١٦.٧٥	١٧.٠٧	١٦.٨٥	١٧.٠٨	١٦.٦٤	١٦.١١	١٦.٢٨	١٦.٠٦
	٢١-نهاية	١٥.٥٩	١٦.٧	١٦.٨	١٦.٦٦	١٦.٧٦	١٧.١٥	١٦.٨٧	١٦.٨٦	١٦.٣٧	١٦.١٢	١٦.١٨	١٦.٥
	١-١٠	١٦.٠٦	١٥.٩٨	١٦.٧٣	١٦.٨١	١٦.٦٨	١٦.٩	١٧.١٧	١٧.١٩	١٦.٦٩	١٧.٠٨	١٧.٠٦	١٦.٩
١٩٩٨	١١-٢٠	١٥.٦	١٦.٤٧	١٦.٦٦	١٦.٥٤	١٦.٨٣	١٧.٢	١٧.١٢	١٧.٠١	١٦.٨١	١٧.١٥	١٧.٠٥	١٦.٧١
	٢١-نهاية	١٥.٥٨	١٦.٧٢	١٦.٨١	١٦.٤٨	١٦.٩٨	١٧.٢٤	١٧.٢٣	١٦.٩	١٧.٠٣	١٧.١٧	١٧.٠٥	١٦.٥٥
	١-١٠	١٦.٥٣	١٦.٥	١٦.٦١	١٦.٦٨	١٦.٩٧	١٧.١١	١٧.٣٣	١٧.٣	١٧.٢١	١٧.١	١٦.٦٢	١٦.٧٨
١٩٩٩	١١-٢٠	١٦.٥	١٦.٥٢		١٦.٧٤	١٧.٠٧	١٧.٣٢	١٧.٣٢	١٧.٣	١٧.٢١	١٦.٩٤	١٦.٧٣	١٦.٥١
	٢١-نهاية	١٦.٤٥	١٦.٧٣		١٦.٨	١٧.١٣	١٧.٣٢	١٧.٣	١٧.٢١	١٧.٠٦	١٦.٨٨	١٦.٧٦	١٦.٤٦
	١-١٠	١٦.١٥	١٦.٥٧	١٦.٨٩	١٧.١	١٧.١٣	١٧.٢٩	١٧.٣٦	١٧.٢٩	١٧.١٣	١٦.٥٦	١٦.٨٤	١٦.٧٥
٢٠٠٠	١١-٢٠	١٦.٢٢	١٦.٧٨	١٧.٠٢	١٧.١	١٧.١٢	١٧.٤٢	١٧.٣٥	١٧.٢٤	١٧.٠٣	١٦.٥٩	١٦.٨٦	١٦.٧٣
	٢١-نهاية	١٦.٢٩	١٦.٨١	١٧.٠٧	١٧.١٣	١٧.٣٧	١٧.٣١	١٧.٣٧	١٧.٢٢	١٦.٨	١٦.٦٢	١٦.٨١	١٦.٧٥
	١-١٠	١٦.٥٥	١٦.٥٢	١٦.٧٦	١٦.٥١	١٦.٩٣	١٦.٩٥	١٧.٤٥	١٧.٣٤	١٧.٣٧	١٧.٣٩	١٦.٩٤	١٦.٧٤
٢٠٠١	١١-٢٠	١٦.٦١	١٦.٥٥	١٦.٧٢	١٦.٥٣	١٦.٩٣	١٧.٢١	١٧.٣٨	١٧.٢٨	١٧.٣٧	١٧.٣٦	١٦.٨٩	١٦.٦٩
	٢١-نهاية	١٦.٥٣	١٦.٧٢	١٦.٧٤	١٦.٥٧	١٧.٠٢	١٧.٣٧	١٧.٣٥	١٧.٢٦	١٧.٤	١٧.٢٦	١٦.٩	١٦.٧٤
	١-١٠	١٦.٨	١٦.٥٤	١٦.٤٦	١٦.٩٧	١٧.١	١٧.٤١	١٧.٣٨	١٧.٣١	١٧.٢٦	١٦.٣٣	١٦.٢٣	١٦.٦٦
٢٠٠٢	١١-٢٠	١٦.٤	١٦.٦٩	١٦.٣٣	١٦.٩٥	١٧.١٨	١٧.٤٢	١٧.٣٤	١٧.١٦	١٧.٢٣	١٦.٢٦	١٦.٢٨	١٦.٣٤
	٢١-نهاية	١٦.٤٢	١٦.٧٨	١٦.٧١	١٧.٠٢	١٧.٢٨	١٧.٤٢	١٧.٢٩	١٧.١٩	١٦.٨٦	١٦.٢١	١٦.٤٨	١٦.٢
	١-١٠	١٦.٥٢	١٦.٢١	١٦.٧٨	١٦.٧٦	١٦.٥٦	١٧.٣٣	١٧.٣	١٧.٤	١٦.٩٦	١٦.٣٧	١٦.٣٨	١٦.٧٦
٢٠٠٣	١١-٢٠	١٦.١	١٦.٣١	١٦.٦٢	١.٥٤	١٦.٥٩	١٧.٣٦	١٧.٣٨	١٧.١٢	١٦.٩٤	١٦.٣٦	١٦.٤٨	١٦.٦٢
	٢١-نهاية	١٦.٣٩	١٦.٢٣	١٦.٦٨	١٦.٥٢	١٧.٠٤	١٧.٣٦	١٧.٣٨	١٧.٠١	١٦.٥٦	١٦.٣٤	١٦.٦٩	١٦.٠٩
	١-١٠	١٦.١٦	١٦.٥٣	١٦.٥٧	١٦.٥٨	١٧.٤	١٧.٢٣	١٧.٣٨	١٧.٣٦	١٧.٢٩	١٦.٦٦	١٦.٥٨	١٦.٥٥
٢٠٠٤	١١-٢٠	١٦.٣٦	١٦.٦٨	١٦.٣٤	١٦.٧	١٧.٣٦	١٧.٢١	١٧.٣٣	١٧.٤١	١٧.١٣	١٦.٤٨	١٦.٦٤	١٦.١٩
	٢١-نهاية	١٦.٤٤	١٦.٨	١٦.٤١	١٦.١٣	١٧.٢٩	١٧.٢٥	١٧.٣٨	١٧.٣٥	١٦.٨٦	١٦.٤١	١٦.٨٤	١٦.٣٢

المصدر: بتصرف من معهد بحوث مياه نهر النيل (إبريل ٢٠٠٥)

د – تبين من التحليل السابق أن معدل الزيادة فى المناسيب الأقل أكبر من معدل الزيادة فى أعلى مناسيب للمياه وذلك خلال الفترة من عام ١٩٩٤ حتى عام ٢٠٠٤.

هـ– أوضح تحليل البيانات الخاصة بالتصرفات أن منسوب مياه النيل بمنطقة الدراسة المقابل للتصرفات القصوى ٣٥٠ مليون متر مكعب فى اليوم هو ١٨.٥٦مترًا.

و – يستنتج من تحليل الجدول السابق أن أعلى مناسيب المياه بمنطقة الدراسة تسجل خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر، وأقل مناسيب خلال شهرى ديسمبر ويناير مع اختلافها من عام لآخر.

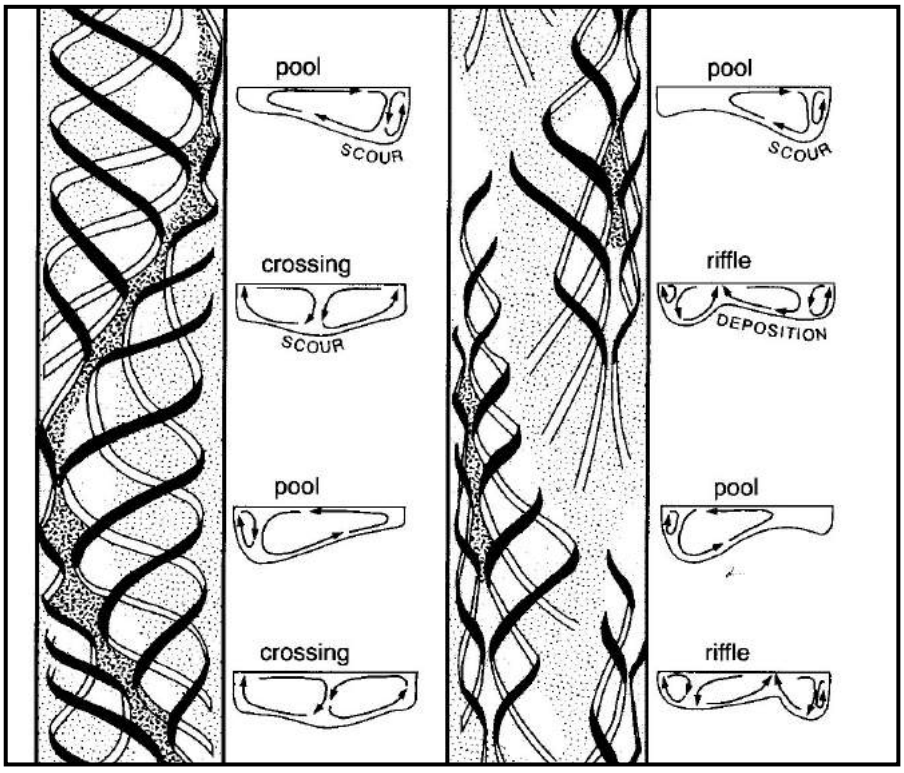
ويعد تحليل مناسيب المياه بمنطقة الدراسة من الأهمية لربطها مع سرعة التيار وحجم الرواسب وتركيز المواد لمعرفة تأثير ذلك على العمليات الناجمة عن حركة الرواسب وجرفها من قاع المجرى.

٣ - سرعة التيار المائى :

يعد تحليل سرعة التيار المائى من الأهمية لأنه يسهم فى تفسير العديد من الظواهر مثل النحر والإرساب وحركة الرواسب، ومن البديهيات أن تدفق المياه بالأنهار والمجارى المكشوفة ذات المنحنيات الأفقية، تتولد عنها تيارات مائية حلزونية ثانوية ناتجة عن قوى الطرد المركزية كما يوضحه شكل (٦) ينتج عن هذه التيارات الثانوية الظواهر السابق ذكرها، كما تعمل قوى الطرد المركزية على تولد تيارات سطحية ذات سرعة عالية نسبياً فى اتجاه القوس الخارجى للمنحنى وأخرى أقل سرعة تقع بالقرب من القاع فى اتجاه القوس الداخلى للمجرى شكل (٦)، وتؤدى التيارات الخارجية السطحية إلى جرف الرواسب، بينما تعمل التيارات الداخلية على حمل المواد الناتجة عن انجراف

وبخاصة فى مناطق رواسب الرمال الناعمة والمتوسطة الحجم، وترسيبها على الجانب الآخر.

ويرتبط حدوث الإزاحة التدريجية للرواسب بقاع مجـــرى نهـــر النيـــل بشرق جزيرة الزمالك بطاقة الحركة الممثلة فى كل من سرعة التيـــار وحجـــم الرواسب مما يؤدى فى النهاية إلى تقليل أعماق المياه بأجزاء القطـــاع المـــائى الداخلية، ومن ثم تقلل من كفاءة المجرى ملاحياً.



المصدر : (David Knighton, 1998 p 199)

شكل (٦) رسم توضيحى يبين تأثير التيارات المائية الحلزونية الثانوية على تشكيل حفر الانجراف

ويوضح تحليل نتائج قياس سرعة التيار المائى الذى أجراه معهد بحوث المياه فى ٢٠٠٥/٤/١٠ عند الكيلو متر ٣.٥٧ من مقياس الروضة والذى يقع عند مدخل جزيرة الزمالك مباشرة، وعند الكيلو متر ٥.٣٧ خلف مقياس الروضة، وعند الكيلو متر ٧.٣٣ خلف مقياس الروضة عند مخرج جزيرة الزمالك النتائج التالية :

أ – فى القطاع الممتد من الكيلو ٣.٥٧ من مقياس الروضة حتى الكيلو ٥.٣٧ خلف مقياس الروضة من منطقة الدراسة رصد مركبات السرعة تتجه تنحرف شرقاً فى اتجاه الشمال بقيم تتراوح بين ٠.٢٩م/ث إلى ٠.٤٥م/ث.

ب – فى القطاع الممتد من الكيلو ٥.٣٧ خلف مقياس الروضة إلى الكيلو ٧.٣٣ خلف مقياس الروضة بمنطقة الدراسة رصد أن مركبات السرعة فى اتجاه السريان تتجه فى اتجاه الشمال.

٤- تركيز المواد العالقة بالمياه:

لكى يتبين تأثير تركيز المواد العالقة على مورفومترية حفر الانجراف كان لابد من تحليل بيانات لعينات التركيز أفقيًا من جنوب منطقة الدراسة حتى شمالها، وأيضًا من الشرق إلى الغرب فى المواقع التى تبين فيها تشكل ملح ظاهرة الحفر، بالإضافة لمحاولة إيجاد العلاقة بين تركيز المواد والخصائص المورفومترية للحفر، وجاءت نتائج التحليل على النحو التالى:

أ – بلغ متوسط تركيز المواد العالقة فى النطاق الجنوبى من منطقة الدراسة ٢٣ جزءً فى المليون وذلك فى المسافة من الكيلو ٣.٥ شمال مقياس الروضة حتى الكيلو ٤ شمال مقياس الروضة، وقد اختلف تركيز المواد فى هذا النطاق حيث سجل فى الجزء الجنوبى المقابل لفندق

الفورسيزون ٢٥ جزء فى المليون، بينما انخفضت نسبة التركيز فى الجزء الشمالى من القطاع المقابل للسفارة الباكستانية ليصل إلى ٢٣ جزءً فى المليون، هذا بالإضافة إلى الاصلاف شرقًا وغربًا للموقع نفسه حيث سجل فى شرق القطاع ٢٥ جزء فى المليون بينما انخفض فى الجزء الغربى إلى ٢٢ جزء فى المليون.

ب – سجل متوسط تركيز المواد العالقة بالمياه فى القطاع من الكيلو ٤.١٨ حتى الكيلو ٤.٨ (أى فى المنطقة الواقعة بين كوبرى قصر النيل وشمال كوبرى ٦ أكتوبر بنحو ١٠٠ متر) ٢٥ جزءً فى المليون، كما شهد أيضًا هذا القطاع اختلافاً شرق وغرب القطاع حيث سجل فى الشرق ٢٦ جزء فى المليون وحتى وسط المجرى، أما فى الطرف الغربى للمجرى فقد سجل ٢٨ جزء فى المليون، وبهذا يكون تركيز المواد العالقة بالمياه فى هذا القطاع أعلى من القطاع الواقع جنوبه.

ج – يصل متوسط تركيز المواد العالقة بالمياه فى القطاع من كوبرى أبو العلا حتى الكيلو ٧.٥ من مقياس الروضة عند النهاية الشمالية لجزيرة الزمالك ٢٥ جزءً فى المليون، وهو يختلف عن القطاعين السابقين فى التباين بين الشرق والغرب حيث انخفض تركيز المواد العالقة بالمياه فى شرق القطاع ليصل إلى ٢٣ جزءً فى المليون وهو أقل نسبة تركيز فى منطقة الدراسة كلها، وارتفع فى الغرب ليصل إلى ٢٥ جزءً فى المليون، وإن كان قد ظل أقل فى نسبة تركيز فى غرب المجرى بمنطقة الدراسة عن القطاعين السابقين.

د – أوضحت العلاقة بين تركيز المواد العالقة والعمق فى القطاعات المختارة شكل (٤) أنها علاقة ارتباطيه ضعيفة حيث سجلت ٠.٢٢٦،

بينما سجل التباين بين أحجام الرواسب فى قيعان القطاعات المختـــارة من الشرق إلى الغرب وتركيز المواد العالقة بالمياه من الـــشرق إلـــى الغرب علاقة ارتباط طردية بلغت ٠.٥٨٧.

٥- حجـم رواسـب القـــاع:

يوضح جدول (٣) تحليل أحجام رواسب القاع بالمجرى الشرقى لنهـــر النيل شرق جزيرة الزمالك والذى تم فى شهر إبريل لعـــام٢٠٠٥ حيـــث قـــسم الباحث منطقة الدراسة إلى ثلاثة قطاعات كما توضحه الخريطة شكل (٧).

القطـاع الأول:

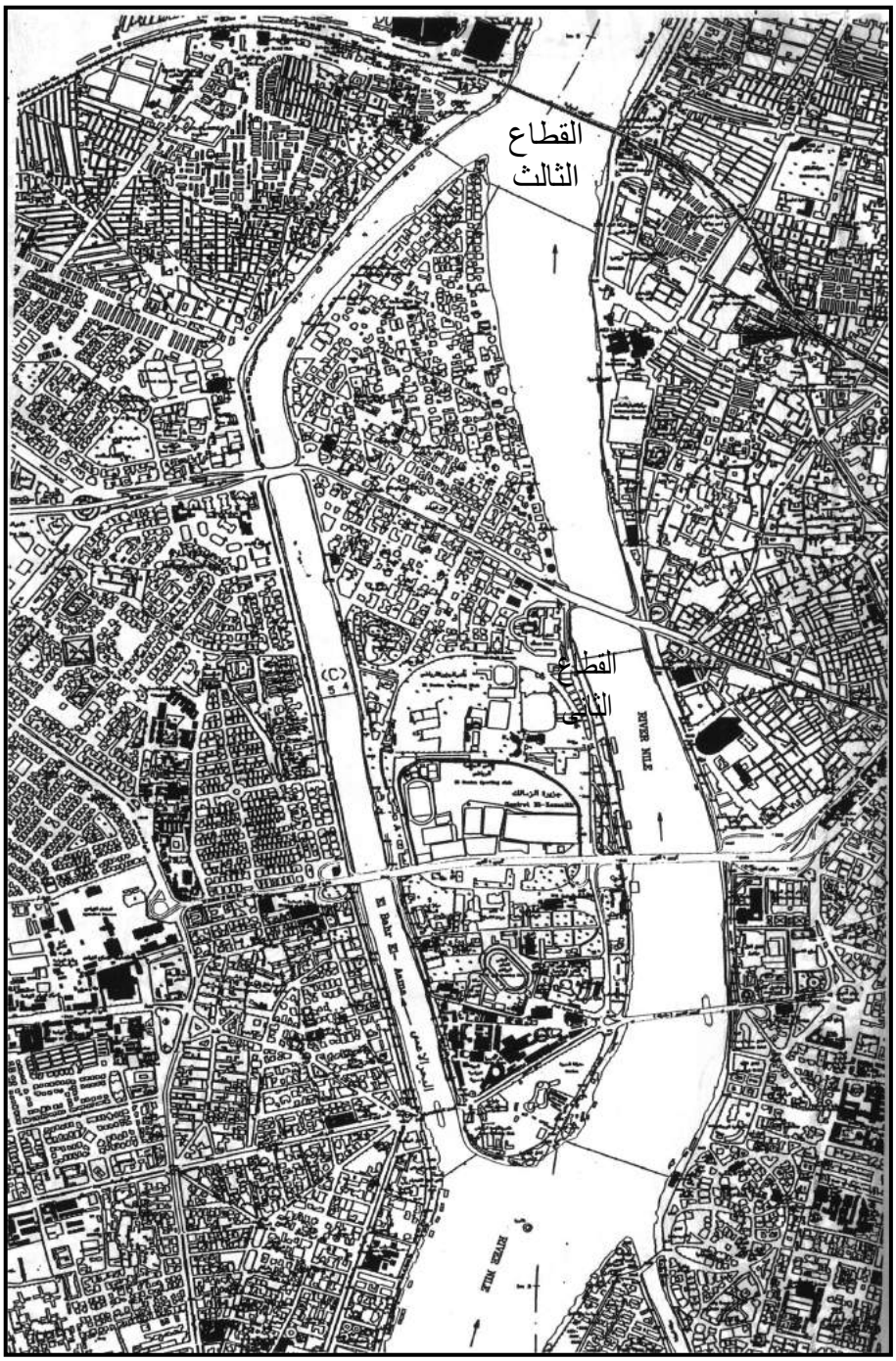
يوجد عند الكيلو ٣.٥٧ من مقياس الروضة ويمثـــل البدايـــة الجنوبيـــة لجزيرة الزمالك، وتم أخذ ثلاث عينات الأولى فى الشرق والثانية فـــى الوســـط والثالثة فى الغرب.

القطـــاع الثانى:

يوجد عند الكيلو ٥.٣٧ جنوب كوبرى ١٥ مايو بنحو ٢٠٠ متر، وتمثله عينتان الأولى فى الشرق والثانية فى الغرب.

القطـــاع الثالث:

يوجد عند الكيلو ٧.٣٣ وهى النهاية الشمالية لمنطقة الدراسة، وتمثلـــه ثلاث عينات الأولى فى الشرق والثانية فى الوسط والثالثة فى الغرب.


القطاع
الثالث
القطاع
الثاني
NILE RIVER
NILE RIVER

القطاع
الأول

شكل (٧) مواقع قطاعات رواسب قاع المجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك

وبتحليل رواسب قاع مجرى النيل بالقطاعات المختارة والموضحة بجدول (٥) وشكل (٨) يمكن استنتاج ما يلى :

أ- يتراوح متوسط حجم الرواسب بين ٠.١٥مم و٠.٢٩مم ويختلف هذا الحجم فى القطاع الواحد من مكان لآخر.

جدول رقم (٣)

تحليل رواسب قاع مجرى النيل بالقطاعات المختارة.

موقع العينة		نسبة الحصى	نسبة الرمال الخشنة	نسبة الرمال المتوسطة	نسبة الرمال الناعمة	السلت	حمولة عالقة	متوسط حجم الرواسب مم
٣.٥٧	قطاع أول	١.٣٤	٠.٧٩	٧٩.٥٨	١٨.٢٣	٠.٠٦	٢٣	٠.٢٦
٣.٥٧		١.٥٦	٩.٣٧	٦٥.٠١	٢٣.٩٩	٠.٠٦	٢٢	٠.٢٨
٣.٥٧		٠.٧	١.٤٧	١٧.١٦	٧٨.٢٦	٢.٤	٢٤	٠.١٥
٥.٣٧	قطاع ثانى	١.٥٩	٨.١٢	٣٥.٩٤	٥٣.٦٥	٠.٧	٢٦	٠.٢٣
٥.٣٧		١.٥٣	٤.٧٢	٧٣.٣٩	٢٠.١٥	٠.٢	٢٨	٠.٢٩
٧.٣٣	قطاع ثالث	٠.٩٦	١.٤٨	٦١.٢	٣٦.٢٣	٠.١١	٢٤	٠.٢٣
٧.٣٣		١.٣٤	١.٤٣	٦٩.٦٧	٢٧.٥	٠.٠٧	٢٤	٠.٢٤

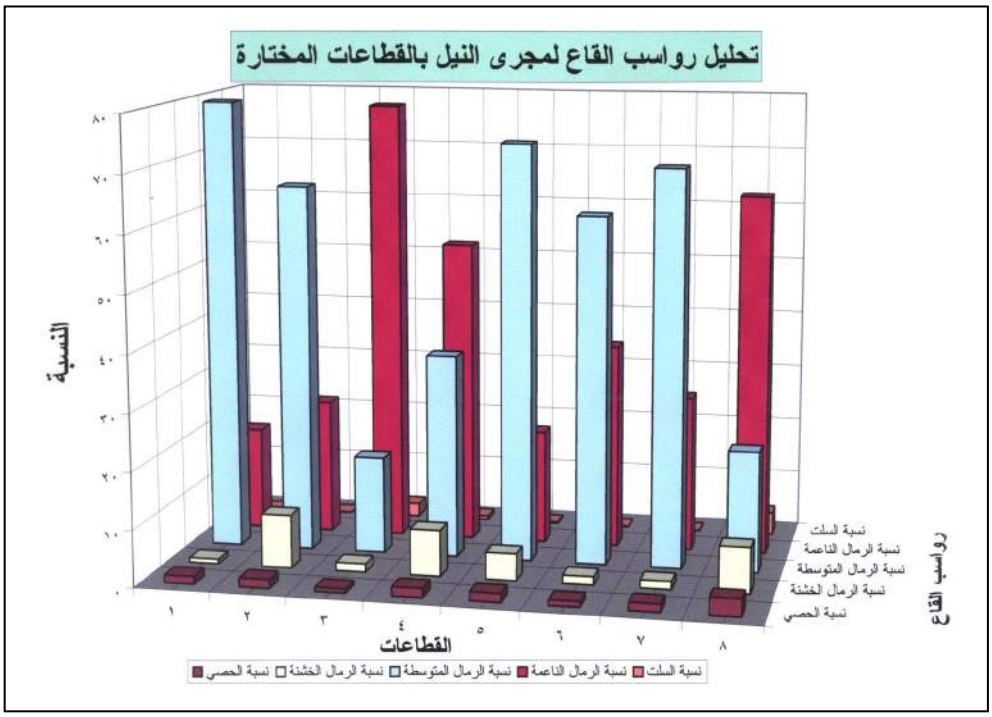
٠.٢٢	٢٥	٤.٠٢	٦٣.٥٩	٢١.٣٣	٨.٠٨	٢.٩٨		٧.٣٣

المصدر: بتصرف من نتائج تحليل معهد بحوث النيل ٢٠٠٥.

ب- تعد نسبة الرمال المتوسطة فى القطاع الأول أعلى نسبة فى الشرق والوسط حيث بلغت ٧٩.٥٨% و٦٥.٠١% على الترتيب، بينما بلغت نسبة الرمال الناعمة أعلى نسبة فى غرب القطاع وتمثل ٧٨.٢٦% وهو الموقع الذى يوجد بها حفر الانجراف.

ج- أما فى القطاع الأوسط فتمثل نسبة الرمال الناعمة أعلى نسبة حيث بلغت ٥٣.٦٥% فى جهة الشرق، وهو الموقع الذى يمثل موقع حفر الانجراف، وتباين متوسط حجم رواسب القاع حيث بلغ ٠.٢٣مم فى الشرق و٠.٢٩مم فى الغرب.

د- تمثل نسبة الرمال المتوسطة أعلى نسبة فى شرق ووسط القطاع الشمالى من منطقة الدراسة حيث بلغت ٦١.٢% و٦٩.٦٧% على التوالى، بينما فى غرب القطاع تمثل نسبة الرمال الناعمة أعلى نسبة حيث بلغت ٦٣.٥٩% وهى المناطق القريبة والمحيطة بحفر الانجراف.



شكل (٨): تحليل رواسب قاع مجرى النيل بالقطاعات المختارة.

ومن التحليل السابق يتضح أن موقع حفر الانجراف بالمجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك ارتبط بزيادة نسبة الرمال الناعمة والتى يسهل جرفها مع سيادة التيارات الثانوية والدومات فى قاع المجرى.

٦- عرض القطاع المائى بمنطقة حفر الانجراف:

لوحظ من تحليل مواقع الحفر بالخريطة شكل (٣-أ ، ٣-ب) والقطاعات لمواقع الحفر أن هناك ارتباط بين التغير فى عرض القطاع وعرض القطاع، المائى، وزيادة سمك التغير لمتوسط عمق القطاع فى أربعة مواقع رئيسية بمنطقة الدراسة وهى:

أ- المنطقة الواقعة عند الكيلو ٥.٢ من مقياس الروضة وتبين من التحليل أن عرض القطاع ازداد من ٣٣٠.٧٥ متر فى عام ١٩٨٢ إلى ٣٤٢.٧

عام ٢٠٠٥، وأن متوسط عرض القطاع المائى بلــغ ٢٨٦.٧٣ متــر، وأن سمك التغير بلغ ١.٣٦ مترًا.

ب- المنطقة عند الكيلو ٤.٨ من مقياس الروضة بلغ متوسط عرض القطاع المائى ٣١٤.٩٦ متر وعرض القطاع و٢٩٨.٩٤ متر والتغيــر فــى متوسط عمق القطاع -٠.٠٧ من المتر.

ج- المنطقة عند الكيلو ٤.٣٥ من مقياس الروضة بلــغ متوســط عــرض القطاع المائى ٣٠٧.٩٥متر وسمك التغير -٠.٣٠ من المتر.

د- المنطقة الواقعة شمال كوبرى قصر النيل مباشرة عند الكيلو ٤.١٨ من مقياس الروضة، وســجل بهــا متوســط عــرض القطــاع المــائى ٣٤٨.٤٨متــر -٠.٤٥ من المتر.

ومن ثم يمكن ملاحظة أن كلما ازداد عرض القطاع المــائى أدى ذلك إلى زيادة فى سمك التغير فى العمق.

٧- التغيرات الهيدرومورفولوجية للمجرى:

يوضح تحليل قطاعات المجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك شكل (٩-أ ، ٩-ب ، ٩-جــ) أن هناك تغيرات يمكن رصدها خلال الفترة من عام ١٩٨٢ حتى عام ٢٠٠٥ لها تأثير واضح علــى مواقــع الحفــر وعمقهــا وانحدار الجوانب الملاصقة لها على النحو التالى:

أ- توضح القطاعات العرضية لمناطق حفر الانجراف بمنطقة الدراسة شكل (٩-أ ، ٩-ب) أن القطاعات ١ و ٥ و ٦ و٧ أن هناك حركة فى اتجــاه الغرب تتراوح بين ١٠ أمتار و٣٠ مترًا، بينما سجل القطاع رقــم (١٠)

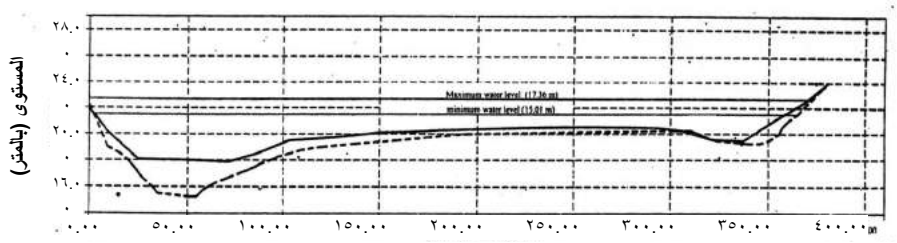
وجود تتابع لانحدار جوانب حفر الانجراف مع تغير انحدار القطاع نحو الشرق

ب- شهدت جميع القطاعات إرساب مما أدى إلى ارتفاع منسوب القاع حيث تراوح بين ٣٠سم و١.٥ متر.

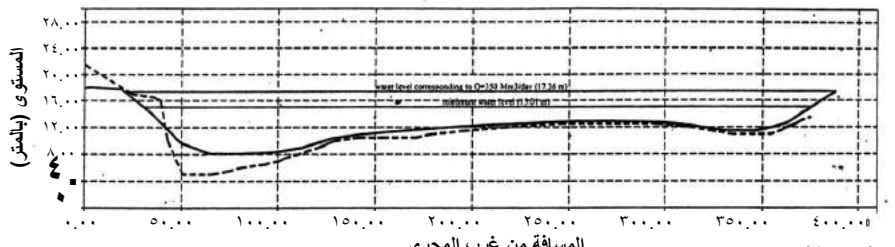
ج- شهدت القطاعات زيادة فى انحدار الجانب الغربى للمجرى مما أدى إلى زحزحة حفر الانجراف فى اتجاه الغرب وزيادة عمقها.

د- طبقًا لما ذكره (Abrahams et al., 1995) و(Chin, 1989) فإن مورفولوجية حفر الانجراف تتأثر بمتغيرين هما:

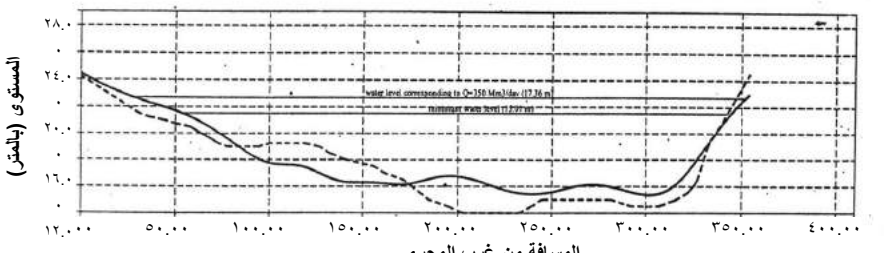
- متوسط الانحدار للجانب الملاصق للحفرة والموازى لمحورها الطولى.
- عمق الحفرة. وقد تراوح متوسط طول الانحدار للجانب الملاصق لحفر الانجراف والموازى لحائط التكسية بين ٤ أمتار و١٧.٥متراً، بينما تراوحت زوايا انحدار الجوانب الملاصقة لحفر الانجراف بين ١٥° و٥٥° وارتبط ذلك بعمق تراوح بين ٣٠سم و٦.٣مترًا ومن ثم بلغ المعدل بين متوسط الانحدار لجوانب المنحدار الملاصقة للحفر وعمق الحفر بين ١٣: ١ و٢: ١.



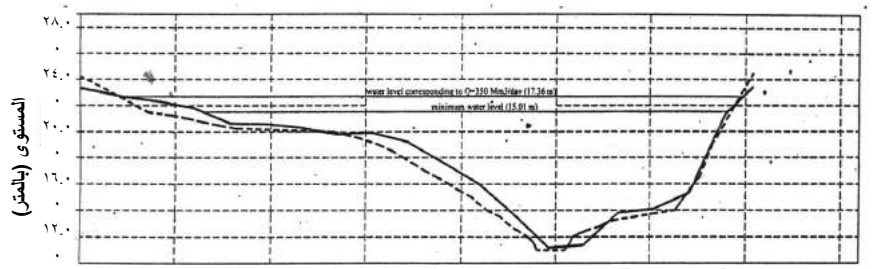
(١) الموقع الكيلو ٣.٤٨٩ من مقياس الروضة



(٢) الموقع الكيلو ٣.٥٩٢ من مقياس الروضة

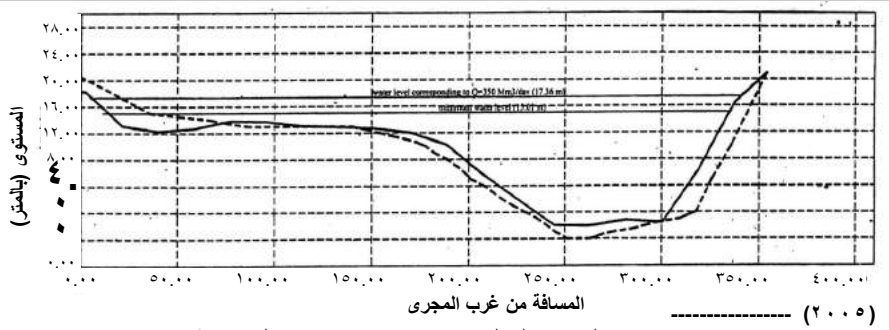


(٣) الموقع الكيلو ٤.١١٦ من مقياس الروضة

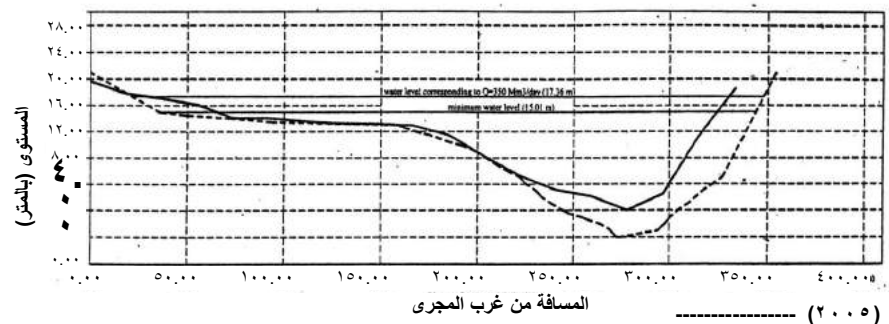


(٤) الموقع الكيلو ٤.١٦٦ من مقياس الروضة

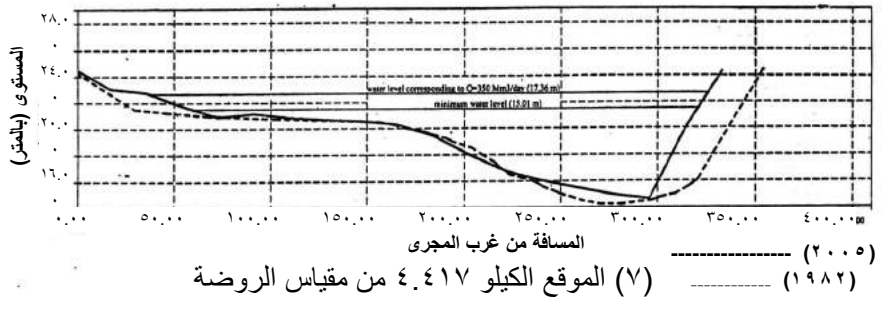
شكل (٩-أ): قطاعات عرضية بمنطقة دراسة توضح حفر الانجراف وتطورها Scour Holes من عام ١٩٩٢ إلى ٢٠٠٥



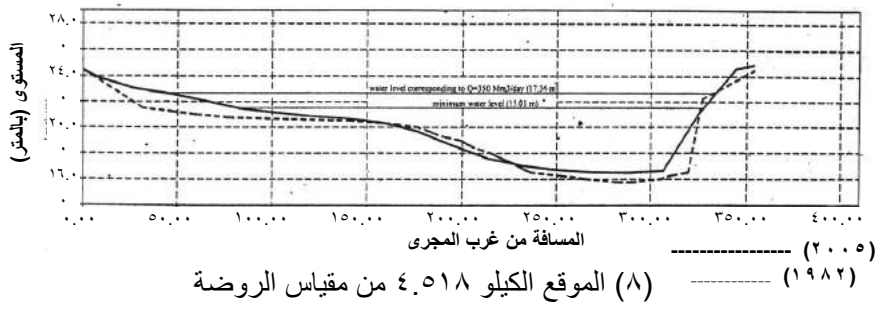
(٥) الموقع الكيلو ٤.٢١٦ من مقياس الروضة



(٦) الموقع الكيلو ٤.٣١٦ من مقياس الروضة

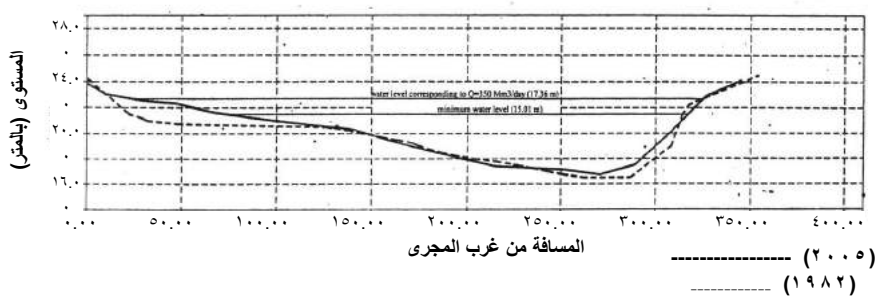


(٧) الموقع الكيلو ٤.٤١٧ من مقياس الروضة

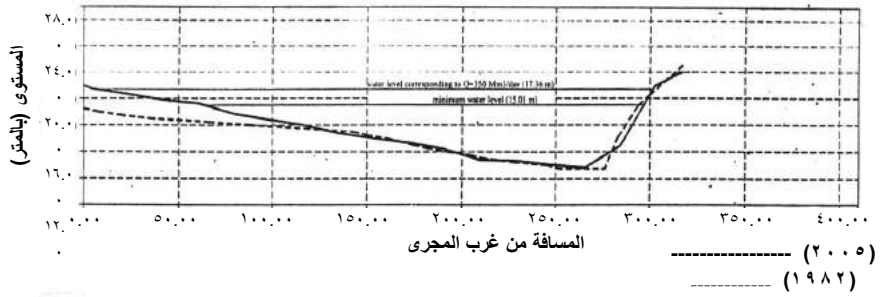


(٨) الموقع الكيلو ٤.٥١٨ من مقياس الروضة

شكل (٩–ب): قطاعات عرضية بمنطقة دراسة توضح حفر الانجراف وتطورها Scour Holes من عام ١٩٩٢ إلى ٢٠٠٥



(٩) الموقع الكيلو ٤.٦١٩ من مقياس الروضة



(١٠) الموقع الكيلو ٤.٧١٩ من مقياس الروضة

شكل (٩-جـ): قطاعات عرضية بمنطقة الدراسة توضح حفر الانجراف وتطورها Scour Holes من عام ١٩٩٢ إلى عام ٢٠٠٥

نتـــائج البحـــث:

١- تمثل حفر الانجراف أحدى ظاهرات قاع مجرى النيل الـــشرقى شـــرق جزيرة الزمالك والتى لابد من أن توضع فى الحسبان عند دراسة الشكل الهندسى للجسور المراد تنفيذها، وذلك من حيـــث موقعهـــا وتطورهـــا وحركة الرواسب بها وتحديد مواضع لمواقع أسطح الانهيارات المحتمل حدوثها فى التكسيات أو فى مواقع قريبة أو متاخمـــة للجـــسر المـــراد تشييده، وذلك لاختيار أنسب الطرق لتصميم الحماية المناسبة مع مراعاة العوامل المؤثرة فى تطور تلك الحفر والتى تم تحليلها، ممثلة فى سرعة وتغير التيارات الثانوية، وتيار المجرى وزاوية انثناء المجرى وأحجام رواســـب القـــاع، وتركيـــز المـــواد العالقـــة بالميـــاه والتغيـــرات الهيدرومورفولوجية للمجرى.

٢- أوضح التحليل المورفومترى وتحليل العوامل المؤثرة فى نشأة وتطور حفر الانجراف أن التغير فى الانحدار الهيدروليكى للمجـــرى ســـيؤثر بدوره على تغير العلاقات الهيدروليكية للمجرى مثل عرض المجـــرى وعمق المياه فيه بسبب تغير أحد المعاملات الهيدروليكية أو تغير مـــن معامل أكثر مثل تصرف المياه، أو حجم رواسب مواد القاع.

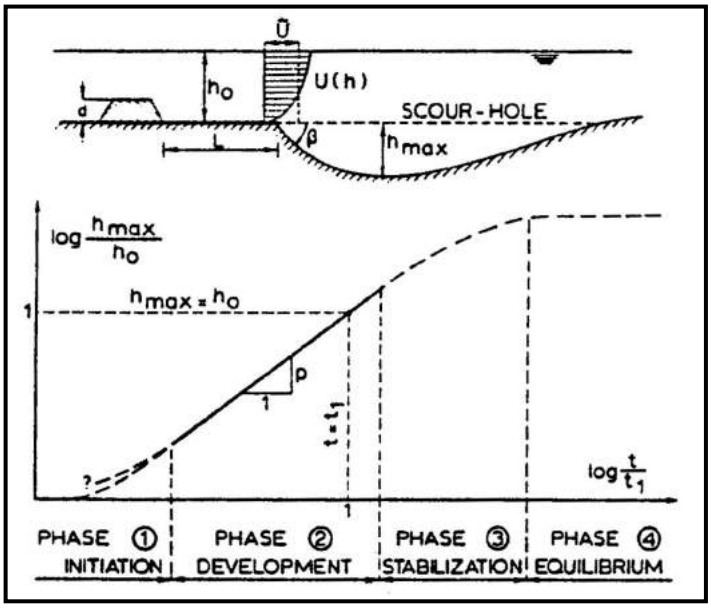
٣- أوضحت الدراسة أن حفر الانجراف المختارة بمنطقة الدراسة تمر الآن بمرحلة التطور والتوسيع من مراحل تطور التى تنقسم إلى أربع مراحل كما يوضحها شكل (١٠) والتى تتمثل فيما يلى :

أ - مرحلة بداية جرف الرواســـب (طـــور النـــشأة الأولـــى) Phase Initiation بالقرب من الانحدار فى اتجاه قاع مجرى النهر.

ب – مرحلة التطور والتوسيع Phase Development وهى المرحلة التى تنشط فيها عملية التقاط الرواسب من الحفر، وانحرافها باتجاه تحرك التيار وارتباطها بمعدلات سرعته.

حـــ– مرحلة الاستقرار Phase Stabilization.

د – مرحلة التوازن Phase Equilibrium.

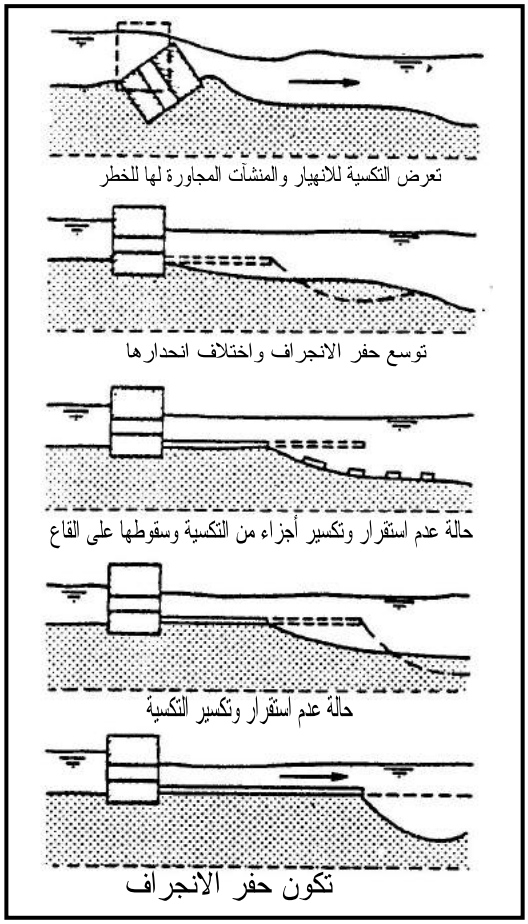


المصدر : Gasser M.M., and Van der Menlen, T. 1990

شكل (١٠) مراحل تطور حفر الانجراف

٤– أوضحت الدراسة أن الخطورة الناجمة عن حفـــر الانجـــراف تـــرتبط ارتباطاً واضحاً بتطور مراحل العمليات بها والموضحة ســـابقاً بـــشكل (١٠) وحيثما تبدأ الحفر فى التكون، ما يلبث أن تتكون حالة من عـــدم

الاستقرار ينتج عنها زيادة فى معدلات التقاط الرواسب من الحفر كما يوضحها شكل (١١) ينتج عنها تكسر أجزاء من التكسية على بعض المنحدر فى اتجاه قاع المجرى، ويواكب ذلك حدوث حالة استقرار ثانية ينتج عنها توسيع الحفر وسقوط أجزاء من التكسية مما يسبب حدوث حركة للرواسب أسفل أجزاء التكسية معرضة المنشآت بالقرب منها إلى أخطار جسيمة.



شكل (١١) مراحل الأخطار التى تمر بحفر الانجراف

٥- تبين من التحليلات المورفومترية لظاهرة قاع المجرى الشرقى لنهر النيل شرق جزيرة الزمالك أن الانخفاض فى مناسيب قاع المجرى خلال الفترة من عام ١٩٨٢ حتى عام ٢٠٠٥ أقل من الانخفاض فى مناسيب سطح المياه، وهذا يحدث عندما يكون النحر عن طريق التآكل من الجوانب، وهذا يؤدى بدوره إلى حدوث تغيرات فى تعرجات المجرى وجوانبه.

٦- مما سبق يمكن القول أن منطقة الدراسة تحتاج قبل أى تطوير من خلال إقامة منشآت جديدة على ضفاف النهر إلى عمل مجسم أو نموذج محاكاة بواسطة الحاسب الآلى مع تخليق نموذج مجسم لحساب احتمالات تأثير انثناء النهر وحدوث نحر إلى جانب القوس الخارجى للمجرى، مع توزيع التصرفات على القطاع العرضى المائى بما يضمن حدوث تأثير متوازن للتيارات الثانوية على قاع المجرى، مع مراعاة تأثير ذلك على الملاحة فى المجرى الشرقى، ويعتمد هذا النموذج إلى إدخال عناصر التطوير من حيث:

(١) طول الجسر.

(٢) طبيعة المواد التى سوف يتم استخدامها.

(٣) زوايا الانحدار به.

(٤) حساب مدى المسافة بين تكسيات الجسر وظاهرات قاع المجرى.

(٥) تحديد طبيعة رواسب القاع ودرجة خشونته.

(٦) قياس الكثافة النوعية Specific gravity للمياه وتحليل خصائصها الكيميائية مع اتجاه وسرعة التيار بالمجرى.

(٧) قياس وتحليل التيارات الرأسية والثانوية.

المراجـــــع :

أولاً: المراجع باللغة العربية :

١- محمد صبرى محسوب، محمد إبـــراهيم أربـــاب: ١٩٩٨، الأخطـــار والكوارث الطبيعية – الحدث والمواجهة – معالجة جغرافية، دار الفكر العربى، القاهرة.

٢- محمد صفى الدين أبو العز: ١٩٧٧، مورفولوجية الأراضى المصرية، دار النهضة العربية، القاهرة.

٣- محمد فتحى عوض الله: ١٩٧٩، الماء، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

٤- محمد كمال السيد محمد: ١٩٨٦، أسماء ومسميات من مصر القـــاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

٥- معهد بحوث النيل، ٢٠٠١، حصر الأخوار بمجرى نهر النيل، تقريـــر ٢٠٠١.

٦- معهد بحوث النيل، ٢٠٠٥، نتائج دراسة التغيرات الهيدرومورفولوجية لنهر النيل بالقاهرة الكبرى، مايو، تقرير ١٨/٢٠٠٥.

ثانياً : الخرائط :

١- الهيئة المصرية العامة للمساحة: ١٩٩٧، مجموعة الخرائط المـــصرية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، لوحة غرب القاهرة، رقم NH36-I3a، القاهرة.

٢- الهيئة المصرية العامة للمساحة: ١٩٩٨، مجموعة الخرائط المـــصرية مقياس ١: ٥٠٠٠٠، لوحة شرق القاهرة، رقم NH36-I3b، القاهرة.

ثالثاً : المراجع الأجنبية :

1- **Clowes, A., & Comfort, P.: 1983,** Process and Landform, Conceptual Frameworks in Geography, Oliver & Boyd, Edinburgh.

2- **David Knighton. (1989):** Fluvial Forms and Processes a New Perspective. John Wiley & Sons Inc., New York.

3- **Gasser M.M., and Van der Menlen, T. 1990:** Local scour related to hydraulic structures. Ministry of water resources and irrigation.

4- **Morisawa, M.: 1985,** Rivers, Longman, London.

5- **RNPD, 1989a:** Preliminary assessment of degradation on the River Nile after the High Aswan Dam. Working Paper 2004.

6- **RNPD, 1989b:** River Nile bank erosion and protection methods. Working Paper 200-7.

7- **Schumm, S.A., 1977:** The fluvial system. Wiley * Sons, N.Y., 338 P.

8- **Trenhaile, Alan S. 1998:** Geomorphology: a Canadian perspective, Oxford University Press.

9- **Water Research Center 1990:** Fluvial characteristics of the River Nile, RNPD, working paper 200-10.