تداعيات سد النهضة الاثيوبى على الأمن المائى المصرى

عباس محمد شراقى
قسم الموارد الطبيعية – معهد البحوث والدراسات الأفريقية – جامعة القاهرة – الجيزه – مصر.

يشغل مشروع سد النهضة الأثيوبى وتداعياته الرأي العام المصرى لما قد يسببه من تأثير على حصة مصر المائية وقدرة السد العالى على توليد الكهرباء، وتدمير الأراضى والمدن السودانية في حالة انهياره كلياً أو جزئياً.

ومما يزيد الشكوك المصرية تجاه مشروع سد النهضة هو التصريحات المتتالية من جانب الحكومة الإثيوبية في مواصفات السد وتغير سعته التخزينية بدءً من 11,1 بليون متر مكعب كما جاء في دراسة مكتب الاستصلاح الأمريكي عام 1964 إلى 74 بليون متر مكعب عام 2011 مروراً بالسعات (13.3)، (17)، (62)، (67) بليون متر مكعب، مع تغيير المسميات من سد بوردر ثم مشروع إكس فسد الألفية الأثيوبى العظيم، فسد النهضة الأثيوبى العظيم خلال 45 يوماً فقط (فبراير – مارس – ابريل 2011) دون مايعضد ذلك من دراسات علمية.

وتهدف هذه الورقة إلى إلقاء الضوء على الموارد المائية المصرية، والمخاطر الجيولوجية التي تواجهها إثيوبيا والتي تتسبب في فشل 70% من مشروعاتها المائية لأسباب جيولوجية وفنية. ومناقشة جيولوجية منطقة سد النهضة خاصة نوعية الصخور والتراكيب الجيولوجية وتضاريس منطقة السد والترسيبات المعدنية، وتحديد مساحات الأراضى القابلة للزراعة بالرى السطحى فى اثيوبيا، وذلك من خلال الدراسات السابقة وصور الأقمار الصناعية (لاندسات) ونماذج الأرتفاعات الرقمية (DEM).

كما تهدف أيضا إلى تقييم سد النهضة الأثيوبى وتأثيره على الحصة المائية لكل من مصر والسودان، وكيفية مواجهة تأثيره على مصر، وطرح العديد من الأسئلة العلمية للإجابة عليها من خلال بعض الدراسات المقترحة والمطلوب تنفيذها حتى تتضح المواصفات العلمية المناسبة لطبيعة المكان جيولوجياً وخاصة معدل تسرب المياه فى منطقة الخزان حيث يسود في اثيوبيا بصفة عامة انتشار الفوالق والتشققات نتيجة وجود أكبر فالق على سطح الكرة الأرضية (اليابس) وهو الأخدود الأفريقيى العظيم، وفى منطقة سد النهضة أخدود النيل الأزرق.

يعد السد العالى صمام الأمان للأمن المائى المصرى منذ أن بدأ فى العمل عام 1968 ليواجه الأزمات الطبيعية من جفاف وفيضان، أو البشرية نتيجة إنشاء مشروعات مائية فى دول المنابع، ولا يعنى ذلك التفريط فى حق مصر المائى وعلى جميع دول حوض النيل احترام الاتفاقيات والقوانين الدولية.

الموارد المائية المصرية

يعتبر نهر النيل هو مصدر المياه الرئيسى للمياة المتجددة (98%) لمصر إلى جانب بعض المصادر الأخرى مثل المياه الجوفية العميقة فى الواحات وكميات ضئيلة من الأمطار على شريط ضيق من الساحل الشمالى وبعض الوديان والسيول وكميات محدودة تنتج من محطات إعذاب مياه البحر والمياه المائلة للملوحة (جدول 1). يبلغ متوسط كمية المياه السطحية المتجددة سنوياً 55.5 بليون متر مكعب طبقاً لاتفاقية 1959 بين مصر والسودان.

الأمطار والسيول

تعد مياة الأمطار والسيول من مصادر المياة المتجددة السطحية ومصدرا لتغذية المياه الجوفية الحديثة، يتراوح متوسط سقوط الأمطار في مصر بين أقل من 20 مليمتر/سنة فى الجنوب إلى 200 مليمتر/سنة فى المناطق الساحلية الشمالية على البحر المتوسط، بمتوسط حوالي 51 مليمتر/سنة على المساحة الكلية لمصر (مليون كيلو متر مربع)، أي حوالي 51 بليون متر مكعب، لا يستغل منها إلا أقل من بليون متر مكعب واحد فقط لأسباب عديدة أهمها البخر الشديد (أكثر من 80%)، ومساحة السطح الكبيرة، وعدم وجود أودية لتجميع هذه المياه، يمكن زيادة هذه الكمية بمقدار يصل إلى 2 بليون متر مكعب.

معدل الأمطار فى مصر لا يوفر مياه آمنة يمكن الأعتماد عليها كزراعة مطرية، يجرى على السطح حوالى 1.5 بليون متر مكعب يذهب جزء منها إلى البحر، ويتبخر جزء ويتسرب جزء آخر إلى باطن الأرض لتغذية المياه الجوفية، ويمكن الحصول على مايقرب من بليون متر مكعب من منطقة الساحل الشمالى الغربى عن طريق حصاد مياه الأمطار.

©2018 National Information and Documentation Center (NIDOC)

جدول 1. الموارد المياه في مصر (٢٠١٦) طبقاً وزارة الموارد المائية والرى.

الموارد المائية	الكمية (بليون متر مكعب)
نهر النيل	55.50
أمطار	1.00
مياه جوفية عميقة غير متجددة	2.00
مياه جوفية متجددة (الوادى–الدلتا)	7.00
مياه جوفية قريبة من السطح	0.15
إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى	13.50
تحلية مياه البحر	0.25
الإجمالي	**79.40**

يعيش بعض السكان (البدو) حاليا على جمع مياه الأمطار والحفاظ عليها بطرق ذاتية. وتقدر مياه الأمطار التى يمكن استغلالها من الساحل الشمالى الشرقى بحوالى بليون متر مكعب. أما السيول الفجائية فانها تحدث على فترات زمنية متباينة 3–7 سنوات وبكميات مختلفة مما يصعب استغلالها بكفاءة، وعندما تحدث تسبب مشاكل عديدة للسكان المحليين فى سيناء وسواحل البحر الأحمر ومحافظات الصعيد. ويمكن الأستفادة منها عن طريق اقامة السدود وحفر قنوات مائية لتوجيه مياه الفيضانات نحو النيل، وتقدر مياه السيول بحوالى 250 مليون متر مكعب. والأمل فى أبحاث المحاصيل ذات احتياجات مائية قليلة وتتحمل الجفاف والملوحة ولا تحتاج إلى تربة زراعية خصبة، حيث تساهم الأمطار الشتوية جزئيا فى الرى ويستكمل الباقى من مخزون المياه الجوفية وخزانات حصاد مياه الأمطار. وتقدر المساحة التى يمكن استغلالها فى الزراعة بالساحل الشمالى الغربى بحوالى 125 ألف فدان من جملة مليون فدان قابلة للزراعة. وتتميز هذه المنطقة بالموارد المائية المتجددة مما يساعد على تحقيق التنمية المستدامة.

حوض النيل الأزرق (Abbay)

حوض النيل الأزرق يمثل أهم الأحواض النهرية في إثيوبيا، حيث يشكل 20% من مساحة إثيوبيا، ويستحوذ علي 50% من المياة السطحية في إثيوبيا، و40% من الانتاج الزراعي، ويعيش بداخله 25% من السكان ، ويمد نهر النيل بحوالي 60% عند أسوان (50 بليون متر مكعب).

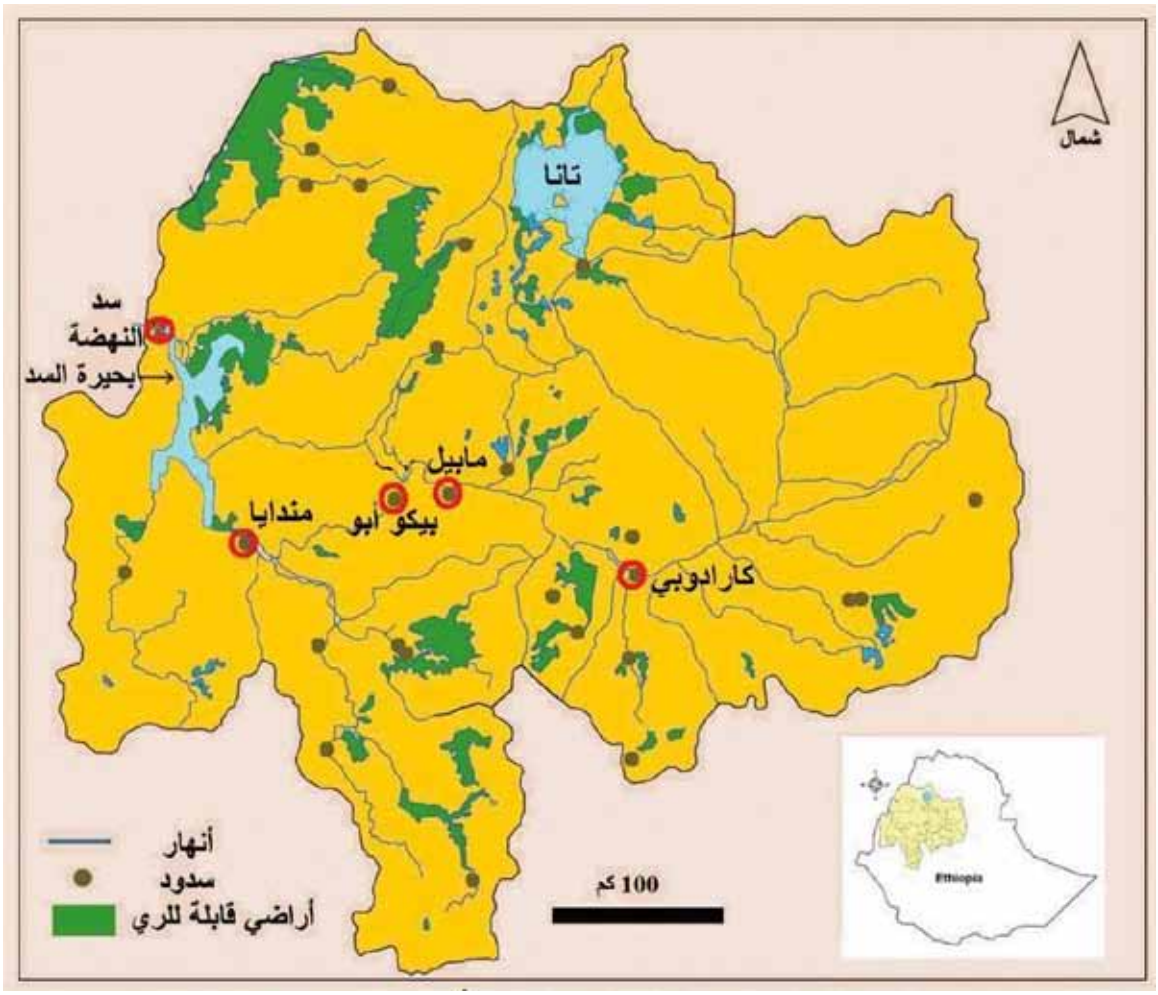
التحديات الطبيعية فى اثيوبيا

تواجه إثيوبيا العديد من التحديات الطبيعية عند إقامة مشروعات تنمية خاصة المائية والزراعية، وفيما يلي أهم التحديات الجيولوجية:

1- التضاريس

إثيوبيا عبارة عن هضبة وسطي ضخمة تحيط بها السهول المنخفضة عند حدودها مع الدول المجاورة، كما أنها تحتوي علي نحو 50% من الجبال الأفريقية الأكثر من 2,000 متر فوق سطح البحر، وتتركز معظمها في منطقة حوض نهر النيل، والتي تغطي مساحة 371 ألف كيلو متر مربع (FAO, 1984)، أي مايعادل نحو ثلث مساحة إثيوبيا. يؤدي اختلاف التضاريس وشدة النحدار في حوض النيل الأزرق الذي يتراوح بين 4620 مترا فوق سطح البحر شمال بحيرة تانا (راس ديجين) إلى أقل من 500 متر فوق سطح البحر عند الحدود السودانية في مسافة مستقيمة أقل من 300 كيلو متر، حيث تؤدي هذه السمات التضاريسية إلى:

- صعوبة نقل المياة السطحية من مكان إلى آخر.
- زيادة سرعة تدفق المياة السطحية نحو السودان ومصر، والتي تصل في المتوسط خلال شهر أغسطس إلي أكثر من 500 ألف متر مكعب يوميا في النيل الأزرق.
- زيادة معدل انجراف التربة (اثيوبيا الأولى عالمياً)، وهي أكبر مشكلة تواجه النشاط الزراعي في إثيوبيا.
- عدم اعطاء الوقت الكافي للمياة السطحية لكي تتخلل التربة وتكوين مياه جوفية.
- تكوين أودية ضيقة وعميقة مما يعوق الحصول على المياة من النهر حيث يصل متوسط عمقها في النيل الأزرق إلى أكثر من 500 متر.
- شدة التضاريس نتيجة النشاط البركاني وتكوين القمم البركانية على مدار الثلاثين مليون سنة الأخيرة أدى إلى عدم توفر أراضي مسطحة قابلة للري السطحي، حيث تقدر مساحة الأراضي القابلة للري في حوض النيل الأزرق بحوالي 2 مليون فدان (2.4% من مساحة الحوض) موزعة في عدة مناطق علي مساحة الحوض (شكل 1) الذي تصل مساحته إلى 311.5 ألف كيلو متر مربع (82 مليون فدان) (Hydrosult Inc et al., 2006)، معظمها قابل للزراعة المطرية.
- شدة الأنهيارات الصخرية وزحف التربة وتدفق الطمي وتساقط الصخور، مما قد يسبب فشلاً للمشروعات المائية كالإنهيار الذي حدث لنفق مشروع جيبي الثاني الذي ينقل المياة من خزان جيبي الأول إلى نهر أومو بعد 10 أيام فقط من افتتاحه في 14 يناير 2010، وقامت شركة سالليني الأيطالية المنفذة للمشروع (والتي تتولي أيضاً تنفيذ سد النهضة) باصلاح الأنهيار، واعادة تشغيل النفق المائي في 26 ديسمبر 2010، وقد اشترطت الشركة في عقدها الأول بأنها غير مسئولة عن المشروع بمجرد تسليمه، وذلك لعلمها بالمشاكل الجيولوجية، وقد سبق وأن حدث إنهيارين في نفس المشروع أثناء التشييد.



شكل 1. الأراضي القابلة للري، والسدود المقترحة وبحيرة سد النهضة التي سوف تغرق 50% من الأراضي القابلة للري بالمنطقة (المصدر: توزيع الأراضي القابلة للري من Awulachew وآخرين 2008).

2- نوعية الصخور

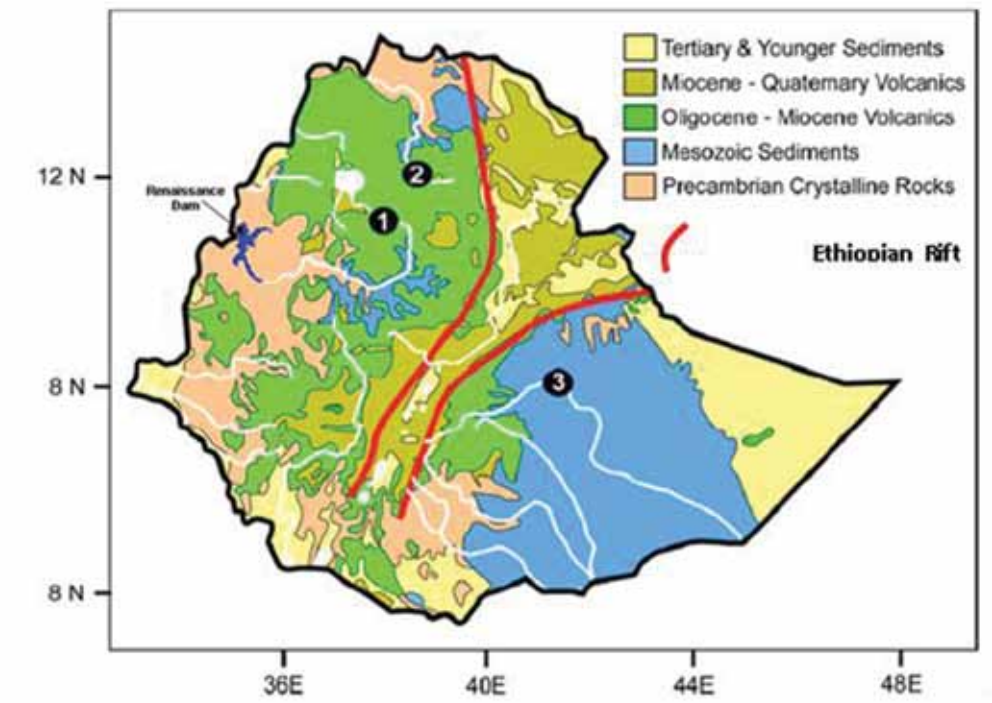
تلعب الصخور أيضاً دوراً سلبياً بالنسبة لمشروعات تخزين المياه فى إثيوبيا، إذ تغطي صخور ما قبل الكمبرى المتحولة حوالي 23% من مساحة السطح في إثيوبيا، وتنتشر في أجزاء كبيرة من شمال وغرب اثيوبيا وقليلاً في بعض المناطق جنوب وشرق البلاد. كما تسود الصخور البركانية (البازلتية) التي تنتمي أساسا للعصر الحديث Cenozoic أجزاء كبيرة من غرب اثيوبيا (حوض النيل الأزرق)، وهي تشكل حوالي 35% من مساحة السطح (شكل 2).

وتوجد الصخور الرسوبية التي تنتمي للعصرين الوسيط Mesozoic والحديث في الجزء الشرقي من البلاد، بمساحة 25% و17% علي الترتيب، والتي يكثر فيها الحجر الجيري؛ وتغطي الوادي الأخدودي رواسب البحيرات وبعض الصخور البركانية الحديثة (Merla et al., 1973).

الصخور البركانية البازلتية: يوجد أكبر تجمع بركاني بازلتي على يابس الكرة الأرضية في منطقة شرق أفريقيا، وتغطي هذه الصخور أكثر من 75% من مساحة حوض النيل الأزرق بمتوسط عمق حوالي 1500 متر، ويُعزي تكوين بحيرة تانا بشكلها الحالي إلى تدفق الحمم البركانية البازلتية منذ 10 آلاف سنة مغلقةً الطريق أمام نهر أباي الصغير المتجه شمالاً ليساعد ذلك في تكوين بحيرة تانا وتغيير مساره نحو الجنوب الشرقي مكوناً النيل الأزرق (Grabham & Black, 1925)، وترجع أهمية البازلت إلى (Sharaky, 2011):

- يحتوي البازلت على معادن قاعدية ضعيفة المقاومة لعمليات التعرية وحدوث الإطماء مما ساعد على تكوين طمي وادي النيل والدلتا. كما أنه يحتوي على العديد من العناصر الكيميائية اللازمة لتغذية النبات مثل الحديد والماغنسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم، ولذا فهو أفضل صخر لتكوين تربة زراعية خصبة. كما أن زيادة الإطماء يؤدى إلى قصر عمر السدود نتيجة ترسيب الطمي.
- البازلت من أقل الصخور تحملاً للأثقال أو الأحمال مثل أجسام السدود، خاصة اذا ماتكونت من تتابع طبقي نتيجة أنشطة بركانية متتالية يفصلها فجوات، وهذا ما يجعل إنشاء السدود الكبرى في حوض النيل الأزرق أمراً بالغ الخطورة، نتيجة انهيار تلك الفجوات مع زيادة الحمل الصخري أو الخرساني، بالإضافة إلى التكلفة المادية المضاعفة للتغلب على هذه المشاكل.

• ويزيد من ضعف البازلت التشققات والفوالق التي تسود معظم الصخور الإثيوبية نتيجة نشاط الأخدود الأفريقي، الذي يقسم إثيوبيا نصفين، ويعد أعظم فالق في القشرة الأرضية (اليابسة) على مستوي العالم، ويشكل أكبر نطاق زلزالي في أفريقيا.
• البازلت ضعيف المسامية ولذا فهو غير مناسب لتكوين خزانات مياة جوفية كبيرة، بل ماقد يحدث هو بعض تجمعات للمياة خلال التشققات والفواصل البينية.



شكل 2. خريطة جيولوجية إثيوبيا، وبحيرة سد النهضة (Modified from Tefera et al., 1996).

3- التعرية والاطماء

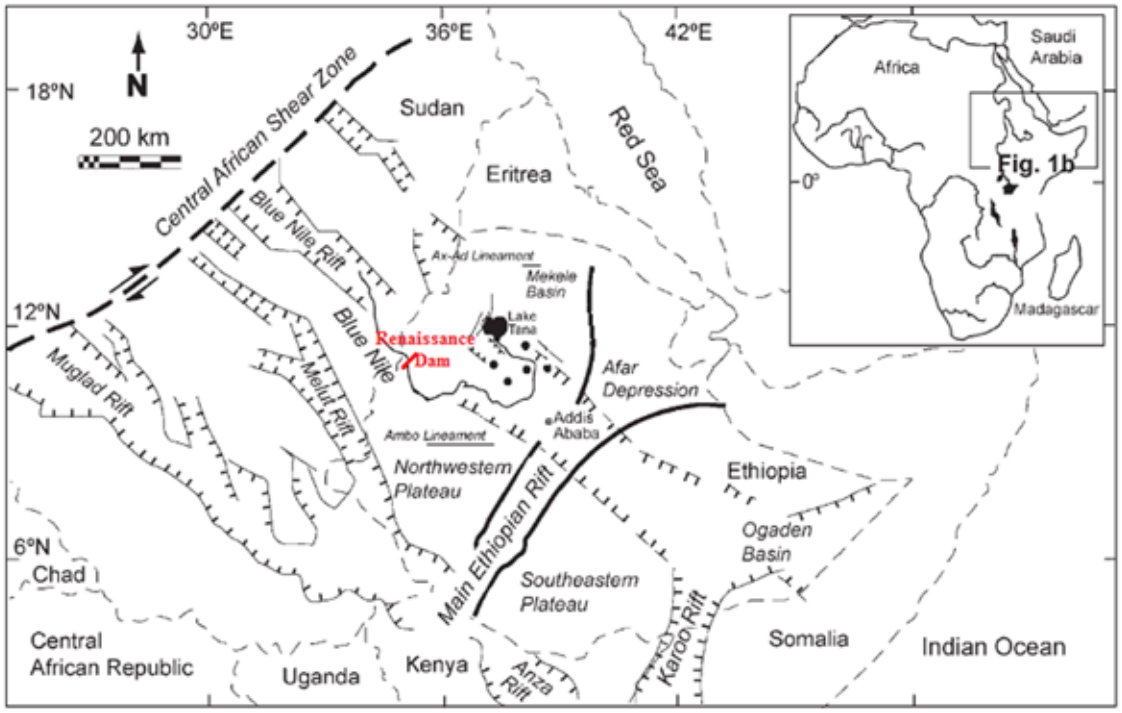
نواتج تعرية الصخور في حوض الأنهار، وفي جوانب وقيعان المجاري المائية يتم نقلها مع المياة الجارية، ويعاد ترسيبها عندما تقل سرعة المياة، ويتم ذلك غالبا في خزانات السدود أو في مناطق المصب. لولا هذه الرواسب ماتكونت التربة الزراعية الخصبة، وفي المقابل تسبب هذه الرواسب مشاكل الإطماء وتقليل السعة التخزينية في خزانات المياة السطحية، كما تؤدي التعرية إلى تآكل التربة، وهو أحد أهم المشاكل البيئية التي تشكل تهديدا للتنمية في إثيوبيا. حيث أنه يؤثر على 82% من الأراضي الإثيوبية، ويصل معدل فقد التربة في المرتفعات إلى 300-200 طن للهكتار الواحد سنوياً. ويقدر الطمي المنقول من الأجزاء الواقعة في حوض النيل بحوالي 93200 بليون متر مكعب خلال 29 مليون سنة الأخيرة (Ahmed & Ismail, 2008).

طبقاً للتقرير الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، فإن 85% من الأراضي الإثيوبية مصنفة في نطاق معتدلة إلى شديدة جدا في التدهور، ويقدر بأن أكثر من 95% من طمي النيل يأتي من المرتفعات الإثيوبية(Tadesse, 2008).

وفي حوض النيل الأزرق، حيث المعدل العالي لفقد التربة خاصة حول الجزء الشمالي الشرقي من بحيرة تانا (250-5 طن/هكتار سنويا)، والذي يقل نسبياً على الجانب الغربي من البحيرة (Teshale, 2003) وحسب بعض التقديرات، فإن الفاقد السنوي من حوضي أباي/النيل الأزرق وتاكيزي/عطبرة وحدهما يقدر 525 مليون متر مكعب، حوالي 66% من هذه الرواسب يأتي من الصخور البازلتية مباشرة أو الأراضي الغير زراعية (Yohannes, 2008). وهذا يؤدي إلى إنخفاض السعة التخزينية للسدود المقامة على النيل في السودان ومصر. حيث انخفضت السعة التخزينية للسدود في السودان انخفاضا شديداً من 9084 مليون متر مكعب عند الإنشاء إلى 6430 مليون متر مكعب حتى عام 1992 بمتوسط 30%. حيث انخفض التخزين في سد سنار بنسبة 71% خلال 1986-1925.

4- الفوالق والتصدعات

يقسم اثيوبيا أكبر فالق على سطح الأرض (اليابس) وهو الأخدود الأفريقي العظيم (شكل 3)، مما تسبب في حدوث الزلازل المتكررة في إثيوبيا، وخصوصا في مثلث عفار وعلى امتداد الأخدود. حيث أن الزلازل بشدة أكبر من 5 ريختر ليست نادرة(Ayele & Arvidsson,1998)، وأدى ذلك إلى كثرة الفوالق والتشققات في الصخور الإثيوبية ومن ثم الإنهيارات الصخرية، وساعد على ذلك شدة الأمطار والأنحدارت الأرضية ووجود طبقة من الطمي أسفل كتل صخرية مما يساعد على انزلاقها كما هو الحال في منطقة تيجراي شمال إثيوبيا.



شكل 3. العناصر التكتونية في منطقة القرن الأفريقي.

(Sources: Fairhead, 1988; Bosellini, 1989; Guiraud & Maurin, 1992; Binks & Fairhead, 1992;Worku & Astin , 1992; Russo et al., 1994; Mege & Korme, 2004 and Hautot et al., 2006).

5- توزيع الأمطار

يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي على إثيوبيا حوالي 812 مم موزعة توزيعاً مكانياً غير متجانس (FAO, 2010)، بإجمالي حوالي 936 بليون متر مكعب، حيث يجري 83% من المياة السطحية على ثلث مساحة إثيوبيا في الجزء الغربي الذي يشمل حوض تاكيزي/عطبرة وأباي/الأزرق وبارو- أكوبو/السوباط، وأومو-جيبي. موسم الأمطار الرئيسي يستمر من يونيو إلى سبتمبر، والذى يغطى جميع إثيوبيا باستثناء المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية. مايتبقي من مياة الأمطار كمياه سطحية (122 بليون متر مكعب) يصل منه حوالي 70 بليون متر مكعب إلى نهر النيل عند أسوان (14% من مياة الأمطار في حوض النيل الإثيوبي، 7% من جملة الأمطار الأثيوبية). كما أن معدل فقد المياة (بخر وتسرب) في اثيوبيا يصل إلى حوالى 80% كيلو مترا هو الحال في باقي الدول الأفريقية.

معظم المشروعات المائية في إثيوبيا واجهت الكثير من التحديات الجيولوجية التي تسببت في تأخير عملها عن المواعيد المقررة بعام أو عدة أعوام، وكذلك زيادة التكلفة الإجمالية بنسبة تصل إلى 50%، مثل تكيزي 2009، جيبي 2. ولم تسلم المشروعات الصغيرة أيضا من تلك التحديات، حيث تم بناء أكثر من 70 سداً صغيراً في مناطق تيجاري Tigary وأمهرة Amhara(حوض تاكيزي/عطبرة) خلال الخمسة عشر عاما الماضية (Abay, 2010)، تتراوح ارتفاعاتها من 24-9 م، والسعة التخزينية من 0.1 - 3.1 مليون متر مكعب، معظمها لم يستند إلى دراسات هيدروجيولوجية كافية (Bshar et al., 2005)، فشل حوالي 70% منها في تحقيق الغرض المطلوب وهو تخزين المياه، ويرجع ذلك إلى أسباب معظمها جيولوجية بنسبة 65%-60 (Abay, 2010). وكثيراً من هذه السدود امتلأ بالطمي في عدة سنوات نتيجة عدم وجود مخارج لنقل الطمي، وكثيراً ما يطاح بهذه السدود بواسطة الفيضانات مما يتطلب إعادة بنائها (Bshar et al., 2005).

تسميات مشروع سد النهضة

سد النهضة أو سد الألفية الكبير (بالأمهرية: هداسي جاديب Hidāse Gēdīb) هو سد إثيوبي قيد البناء يقع على النيل الأزرق بولاية بني شنقول-جوميز بالقرب من الحدود الإثيوبية. وفيما يلي التسميات التي أطلقت على المشروع:

1- سد بوردر (Border) أو السد الحدودي

سد بوردر هو الأسم الأصلي الذي جاءت به دراسة مكتب الأستصلاح الأمريكي التي اجريت علي حوض النيل الأزرق (أبيي)، واستمرت 6 سنوات (1964-1958)، وانتهت بتحديد 33 موقعاً لإنشاء السدود أهمها أربعة علي النيل الأزرق الرئيسي: كارادوبي، مابيل، مانداية، وسد الحدود. طبقا للدراسة الأمريكية فأن ارتفاع السد الحدودي حوالي 84.5 متر، وسعة التخزين 11.1 بليون متر مكعب، عند مستوى 575 متر للبحيرة؛ وقد يزداد ارتفاع السد في الدراسات الأحدث ليصل إلى 90 متراً بسعة 13,3 بليون متر مكعب.

2- مشروع إكس X Project

أعلنت صحيفة Addis Fortune في فبراير 2011 أن الشركة الأثيوبية للطاقة الكهربائية (EEPCo) بدأت في إنشاء مشروع كهربائي على النيل الأزرق يعرف بمشروع إكس بديلاً للإسم القديم «بوردر»، وهذا يرجع إلى أن هذا المشروع سوف يعد قاطرة التنمية لأثيوبيا في المرحلة القادمة. وتم توقيع عقد تنفيذ المشروع مع شركة سالليني الأيطالية بدون مناقصة دولية بمبلغ 4.8 بليون دولار أمريكي.

3- سد الألفية الاثيوبى العظيم Grand Ethiopian Millennium Dam

أعلنت إثيوبيا عن تغيير اسم المشروع من إكس إلى سد الألفية العظيم، وتم وضع حجر الأساس في اليوم التالي لتوقيع العقد 2 ابريل 2011، بسعة تخزينية أكبر تصل إلى 17 بليون متر مكعب. وسمي سد الألفية الأثيوبى العظيم لأنه سوف يكون أكبر سد تشيده إثيوبيا خلال الألفية الحالية.

4- سد النهضة الاثيوبي العظيم Grand Ethiopian Renaissance Dam

بعد أقل من أسبوعين من تغيير اسم المشروع إلى الألفية وبالتحديد 15 ابريل 2011، أعلن مجلس الوزراء الأثيوبي عن الأسم الجديد للمشروع "سد النهضة الاثيوبي العظيم»، وبذلك يكون الأسم الثالث خلال 45 يوماً، وفي كل مرة يكون اسماً أقوى من الناحية الشعبية ذو دلالة ومغزي سياسي، ويصاحبه أيضاً زيادة مضطردة في مواصفات المشروع، ارتفاع السد وبالتالي سعة التخزين والتي تغيرت من 11.1 بليون متر مكعب في الدراسة الأمريكية إلي ارتفاع 145 متراً بسعة تخزينية 62 بليون متر مكعب طبقاً لتصريحات وزير المياة والطاقة الإثيوبي، ثم ازدادت إلى 67 بليون متر مكعب في تصريحات رئيس الوزراء الإثيوبي، ثم إلى 70 بليون متر مكعب وأخيراً 74 بليون متر مكعب في 2012.

الموقع الجغرافي لسد النهضة

يقع سد النهضة في نهاية النيل الأزرق داخل الحدود الإثيوبية في منطقة بني شنقول جوموز بين جبلي Libiyat and Neqor، وعلى بعد حوالي 14.5 كيلو متر من الحدود السودانية على مسار النيل الأزرق، 10.5 كيلو متر من أقرب نقطة على الحدود السودانية، 5 كيلو متر من الحدود السودانية من السد المكمل، 35 كيلو متر من شمال التقاء نهر بيليس بالنيل الأزرق، 750 كيلو متر شمال غرب أديس أبابا، وعلى ارتفاع حوالي 505 متر فوق سطح البحر عند قاعدة السد.

الموقع الجيولوجي

يبلغ اتساع مجرى النهر عند السد حوالى 600 متر، تتدفق فيه مياه النهر في موسم الأمطار، ويصل اتساع النهر في موسم الجفاف إلى حوالى 90 متر بعمق 10-15 متر. يقع السد في منطقة يغلب عليها صخور القاعدة لحقبة ماقبل الكمبرى (شكل 4). تحتوى صخور القاعدة علي الجرانيت، النيس الجرانيتى والجرانوديوريت، والتي تنتشر على جانبي السد، كما يوجد أيضا صخور البجماتيت والميجماتيت الشديدة التشقق والأمفيبوليت. وتبلغ درجة تحلل هذه الصخور الجرانيتية من ضعيف إلى شديدة التحلل. يوجد أمام السد بحوالي 200 متر صخور رخامية (marble) كربوناتية ضعيفة يجب تجنبها كجزء من أساسات السد. وينتشر على المناطق المنخفضة الرواسب النهرية الحديثة والمكونة من طمى ورمال وحصى يصل بعمق حوالى 5 متر، تحتوى على بعض حبيبات الذهب نتيجة تفتيت الصخور الجرانيتية الحاملة للذهب.

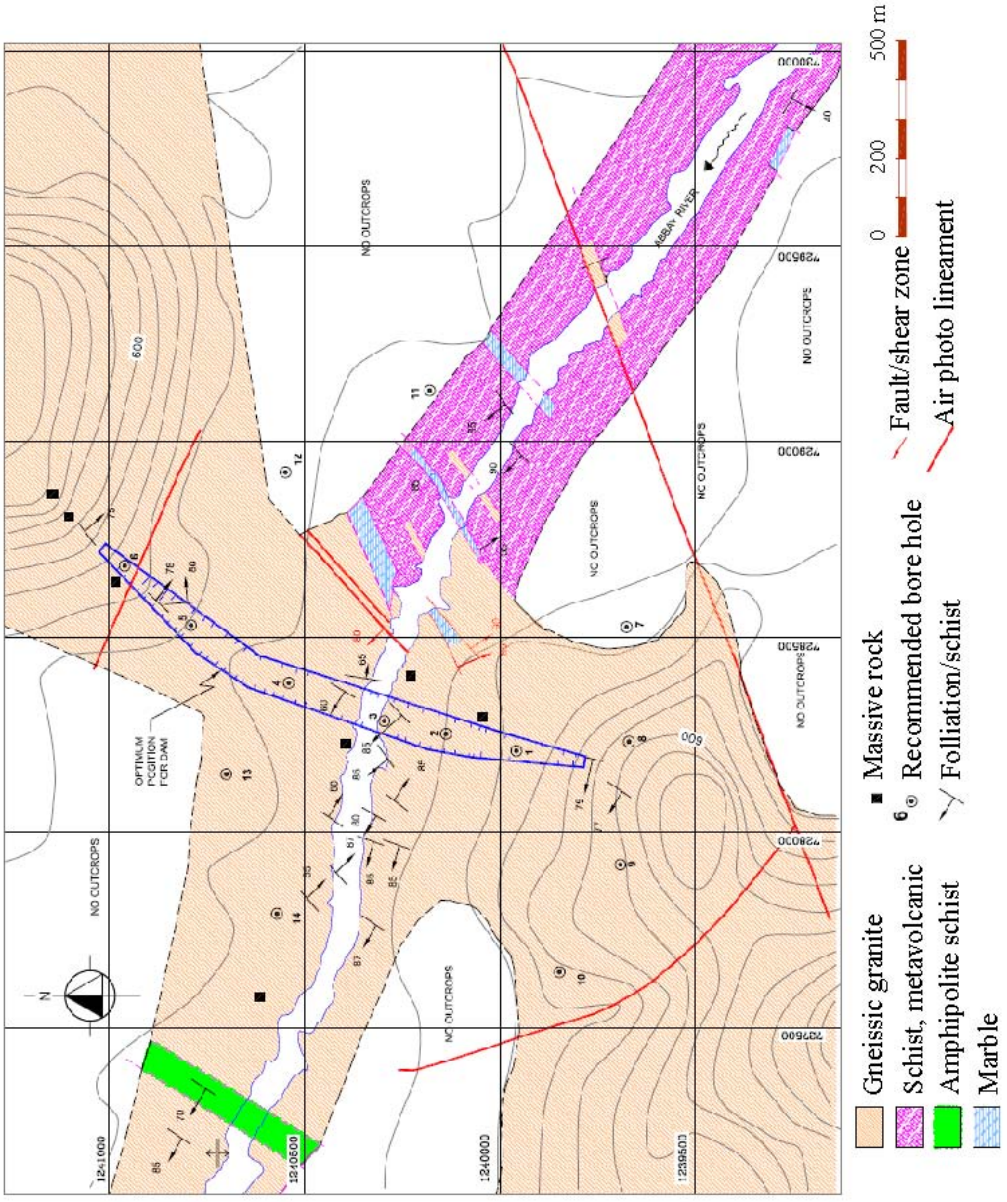
كما تحتوي صخور القاعدة على تركيزات معدنية أخرى أهمها البلاتين والحديد والنحاس، ومايصاحبها من معادن كبريتيدية وعناصر ثقيلة مثل الرصاص والمنجنيز والزنك. والجزء الآخر يتميز بطبقات من الصخور البركانية البازلتية ذات الفجوات والتشققات التي تمثل أنشطة بركانية متعددة علي مدار 30 مليون سنة الأخيرة، والتي يمكن أن تكون سبباً في حدوث بعض المشاكل للمشروع أهمها تسرب المياة من خلال التشققات والفوالق الناتجة من نشاط الأخدود الأفريقي العظيم، وحدوث زلازل نتيجة الحمل المائي الجديد والذي قد يصل إلى 74 بليون طن على صخور بعضها شديد التحلل، وبها تشققات وفوالق نتيجة النشاط الجيولوجى للأخدود الأفريقى علي مدار الـ 30 مليون سنة الأخيرة، ويضاف إلى ذلك أيضاً وزن الكتل الصخرية والخرسانة المكونة لجسم السد.

من حيث تسرب المياه من خزان السد، فهناك بعض مخاطر التسرب من خلال الفراغات الموجودة بين حبيبات الحصى النتاجة من تجوية الصخور الجرانيتية والمنتشرة في قاع النهر والمناطق المنخفضة المجاورة، كما يوجد فالق جنوب غرب جسم السد الرئيسى بحوالي 9 كيلو متر، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تفاقم عمق التجوية في الصخور الجرانيتية وتسرب جزء من مياه الخزان بطول حوالى 1.7 كيلو متر على امتداد هذا الفالق. ولذا من الضرورى اجراء دراسة دقيقة عن معدل تسرب المياة في صخور الخزان.

الخصائص الفنية لسد النهضة:

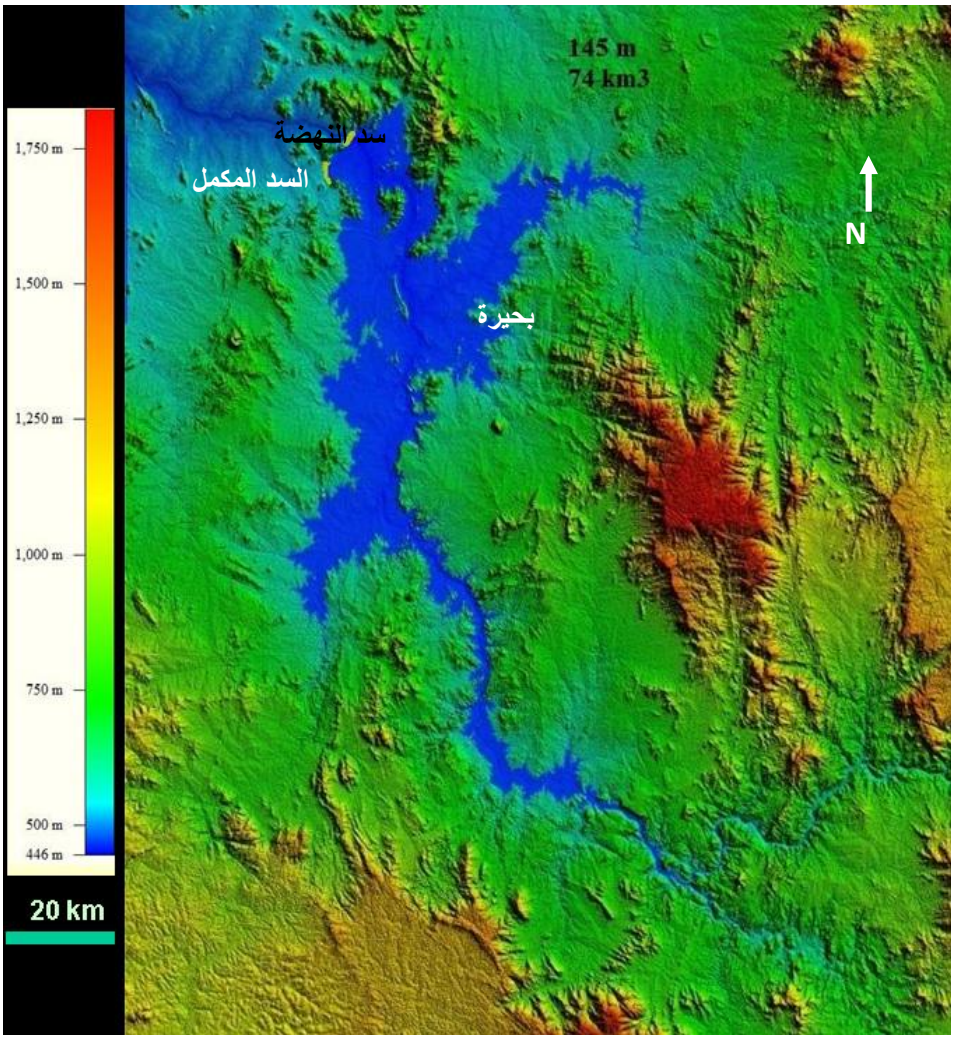
يتكون سد النهضة من سد رئيسي خرساني على مجري النيل الأزرق بارتفاع 145 متر وطول 1800م (شكل 5)، وبيتين لتوليد الطاقة يحتويان على وحدات (توربينات) لإنتاج الكهرباء على جانبي النهر، وثلاث قنوات لتصريف المياه والتحكم في منسوب بحيرة التخزين، وسد مكمل (سرج) بارتفاع 50 متر وطول 5 كيلو متر لزيادة حجم تخزين المياة إلي 74 بليون متر مكعب (شكل 5)، ولأن زيادة ارتفاع السد سوف تجعل المياة المخزنة تمر من المناطق المنخفضة بجوار السد فكان لزاماً غلق هذه المناطق.

من خلال دراسة نماذج خرائط الأرتفاعات يمكن الأستنتاج أن يصل طول البحيرة إلى 150 كيلو متر بالأضافة إلى 100 كيلو متر أخرى كأذرع أو خيران (شكل 6) بمتوسط عرض 8 كيلو متر، ومتوسط عمق حوالى 8 متر، وسوف تغرق بحيرة السد حوالي 200 ألف فدان من إجمالي 350 ألف فدان قابلة للري في منطقة السد (شكل 1)، بالإضافة إلى حوالى 300 ألف فدان أخرى من الغابات.



شكل 4. جيولوجية منطقة سد النهضة (تقرير غير منشور).

شكل 5. سد النهضة والسد المكمل (Seleshi, 2012)



شكل 6. نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للأرتفاعات فى منطقة سد النهضة (ASTER GDEM, 30m, Sharaky, 2018).

ايجابيات سد النهضة

1- الفائدة الكبرى لإثيوبيا من سد النهضة هي إنتاج الطاقة الكهرومائية (6450 ميجاوات) التي تعادل 150% من الطاقة المستخدمة فى 2018.
2- التحكم في الفيضانات التي تصيب السودان خاصة عند سد الروصيرص.
3- توفير مياة الفيضان التي تضيع في منطقة الروصيرص بالسودان.
4- تنظيم تدفق مياه النيل الأزرق نحو الخرطوم خاصة في حالة تنفيذ مشروعات استقطاب الفواقد من جنوب السودان والتي تقدر بحوالى 20 بليون متر مكعب تقسم مناصفة مع السودان.
5- توفير مياة قد يستخدم جزء منها في أغراض الزراعة المروية في اثيوبيا أو السودان.
6- تخزين معظم طمي النيل الأزرق في إثيوبيا، والذي يقدر بحوالي 250 بليون متر مكعب سنوياً مما يقلل من تراكم هذا الطمي في خزانات السدود السودانية التي فقدت من 50 – 75% من السعة التخزينية بسبب الاطماء، حجز الطمي في سد النهضة يطيل عمر السد العالي.
7- قلة البخر نتيجة وجود بحيرة السد على ارتفاع حوالى 610 إلى 650 متر فوق سطح البحر، إذا ما قرن بالبخر في بحيرة السد العالي (160-178 م فوق سطح البحر).
8- تخفيف حمل وزن المياة المخزنة عند بحيرة السد العالي، والتي تسبب بعض الزلازل الضعيفة.
9- تنشيط منطقة سد النهضة سياحياً.
10- زيادة الثروة السمكية في إثيوبيا.

أضرار سد النهضة

1- انتهاء سد النهضة بالموصفات الحالية التى فرضتها اثيوبيا (74 بليون متر مكعب) دون الوصول إلى اتفاق مع مصر يعد أكبر خسارة سياسة لمصر حيث أن اثيوبيا سوف تتبع نفس سيناريو بناء سد النهضة فى المستقبل خاصة وأن لديها خطة مستقبلية لإنشاء 30 مشروع على النيل الأزرق منهما 3 على النهر الرئيسى بسعة تخزينية اجمالية تزيد عن 200 بليون متر مكعب علما بأن متوسط إيراد النيل الأزرق سنويا 50 بليون متر مكعب.

2- فقد مصر والسودان لكمية المياة التي تعادل سعة التخزين الميت لسد النهضة والتي تتراوح من 14 إلى 24 بليون متر مكعب حسب سعة التخزين الميت، ولمرة واحدة فقط، وفي السنة الأولى لإفتتاح السد نظراً لأن متوسط إيراد النيل الأزرق حوالي 50 بليون متر مكعب سنوياً، وبالتالي لا يحتاج هذا السد سنوات لملئ البحيرة، بل عام واحد فقط، ولكن الحكومة الأثيوبية أعلنت أنها سوف تدير الوحدات الكهربائية على مراحل، وبالتالي فان مياة سعة التخزين الميت (المعلنة من أثيوبيا 14 بليون متر مكعب) يمكن حجزها على مدار ثلاث سنوات. وهذا الفقد يستوجب معرفة مصر والسودان به من حيث الكم وموعد التشغيل لأخذ الأحتياطات اللازمة لتفادي أزمة نقص المياة في سنوات الملئ.

3- زيادة فرص تعرض السد للإنهيار نتيجة العوامل الجيولوجية وسرعة اندفاع مياة النيل الأزرق والتي تصل في بعض الأيام (أغسطس) إلى ما يزيد على نصف بليون متر مكعب يومياً ومن ارتفاع يزيد على 2000 م نحو مستوي 600م عند السد، واذا حدث ذلك فإن الضرر الأكبر سوف يلحق بالقرى والمدن السودانية خاصة الخرطوم التي قد تجرفها المياه بطريقة تشبه السونامي، وقد سجل مقياس الدمازين على النيل الأزرق 719 مليون متر مكعب يوم الثلاثاء 4 سبتمبر 2018.

4- فقد مصر والسودان لكمية المياة المتسربة في صخور الخزان والتي لم تقدر حتي الآن.

5- انخفاض منسوب بحيرة ناصر بحوالي 10 م مما يؤثر سلباً على توليد الطاقة الكهربائية.

6- التكلفة الكبيرة التي تقدر بـ 4.8 بليون دولار والتي قد تصل إلى أكثر من 8 بليون دولار، علماً بأن إجمالى الموازنة العامة الأثيوبية للعام المالى 2018/2017 أقل من 14 بليون دولار أمريكى، 4.2 بليون دولار أمريكى عام 2011 حين بدأ بناء سد النهضة.

7- غرق حوالي 150- 200 ألف فدان من الأراضي الزراعية القابلة للري حول السد (300-400 ألف فدان) والتي تعد محدودة في حوض النيل الأزرق فى مختلف المناطق (2 مليون فدان) تحت مياه بحيرة السد، وحوالي 150-300 ألف فدان من الغابات.

8- إغراق بعض المناطق التعدينية الواعدة بكثير من المعادن الهامة مثل الذهب والبلاتين والحديد والنحاس وكذلك بعض مناطق المحاجر.

9- تهجير نحو 30 ألف مواطن من منطقة البحيرة.

10- قصر عمر سد النهضة والذي يتراوح بين 50 – 70 عاماً نتيجة الأطماء الشديد (حوالى 250 ألف متر مكعب سنوياً)، وما يتبعه من مشاكل لتوربينات توليد الكهرباء، ويطول عمر السد اذا أنشأت اثيوبيا سدودا أخرى على النيل الأزرق نتيجة حجزها لجزء من الطمي.

11- انخفاض كفاءة سد النهضة في انتاج الطاقة الكهربائية، والتي تتراوح بين 28,5 إلي 30%.

12- زيادة فرصة حدوث زلازل بالمنطقة التي يتكون فيها الخزان نظراً لوزن المياة التي لم تكن موجودة في المنطقة من قبل في بيئة صخرية متشققة، والذي يصل إلى 74 بليون طن علاوة على وزن السد الرئيسى والمكمل بحوالى 74 بليون طن أخرى.

13- فقد السودان للطمي الذي يخصب الأراضي الزراعية حول النيل الأزرق.

14- تلوث مياة بحيرة السد نتيجة تخزينها أعلى صخور غنية بالمعادن والعناصر الثقيلة.

15- التوتر السياسي بين مصر وإثيوبيا بسبب هذا المشروع.

دور السد العالى فى حماية الأمن المائى المصرى

بدأت مصر في إنشاء سد أسوان عام 1899، ووضع حجر الأساس الخديوى عباس حلمى الثانى وأفتتحه عام 1902 بسعة تخزينية قدرها بليون متر مكعب واحد فقط، وتم تعليته مرتين عام 1912 ثم 1934 ليقوم بتخزين حوالى 5 بليون متر مكعب، ولم يحقق الهدف المنشود منه نظراً لأن متوسط الأيراد السنوى للنيل 84 بليون متر مكعب، وعندما قامت ثورة يوليو 1952 فكرت في اعادة رفع السد للمرة الثالثة أو بناء سد جديد في مصر أو خارجها، وكانت هناك أفكار مشروعات عديدة للتخزين القرنى في البحيرات الأستوائية أو فى السودان، واستقر الرأى على مشروع السد العالي على بعد 7 كيلو متر جنوب سد أسوان القديم حتي يكون تحت سيطرة مصر ولاتصبح رهينة لمشروعات مائية موجودة خارجها.

تم الاتفاق بين مصر والبنك الدولى والولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا في 8 فبراير 1956 على تمويل السد العالى بتكلفه قدرها حوالى 1.3 بليون دولار أمريكى (650 مليون جنيه مصرى في ذلك الوقت)، إلا أن النمو الأقتصادى والسياسى غير المسبوق لمصر وبروز نجم الرئيس عبد الناصر فى ذلك الوقت على جميع المستويات المحلية والأفريقية والعالمية أثار حفيظة أمريكا فقررت الانسحاب من تمويل المشروع في 19 يوليو 1956، وتلاها بالطبع البنك الدولى برفض تقديم الدعم المتفق عليه. أصبحت مصر في مأزق كبير نتيجة التكاليف الهائلة التي كان من الصعب على مصر تحملها وحدها، وهو مادفع الحكومة المصرية إلى البحث عن مصادر أخرى للمساهمة في تمويل انشاء السد، فقرر عبد الناصر رداً على قرار النسحاب الأمريكى بتأميم قناة السويس يوم 21 يوليو 1956 (بعد يومين فقط من القرار الأمريكي). ثارت أمريكا وبريطانيا وفرنسا لقرار التأميم وتوعدوا وهددوا وحاصروا مصر اقتصادياً ومنعوا تصدير السلاح لمصر، وطالب المندوب السامى البريطانى في مصر سابقاً باحتلال مصر وقطع مياة النيل ووضع قناة السويس تحت إشراف الأمم المتحدة.

رغم اعتراض أمريكا على الحل العسكرى، قررت بريطانيا وفرنسا واسرائيل شن حرباً على مصر فى 31 أكتوبر 1956، غير أن هذا العدوان الثلاثى قد فشل بسبب شدة المقاومة المصرية التى التحمت مع الجيش، وكانت النتيجة انسحاب القوات البريطانية والفرنسية من بورسعيد يوم 23 ديسمبر 1956.

أرسلت أمريكا فريقاً علمياً من مكتب الأستصلاح الأمريكي لعمل دراسات جيولوجية وهيدرولوجية على حوض النيل الأزرق (أباى،(Abay من أجل إقامة مشروعات مائية لمنع تدفق المياه إلى مصر وافشال مشروع السد العالى، واستمرت الدراسة 6 سنوات (1964–1958)، وانتهت بتحديد 33 موقعاً لإنشاء السدود أهمها أربعة علي النيل الأزرق الرئيسي: كارادوبي، مابيل، مانداياً، وسد الحدود (النهضة حاليا).

السد العالى أعظم إنجاز فى التاريخ المصرى

حمى السد العالى مصر من أشد الفترات جفافا فى العقود الأخيرة وبالتحديد من 1981 حتى 1987، والتى تماثل ماحدث فى مصر عام 1913، وكلنا نتذكر الشدة المستنصرية، والسنوات العجاف أيام سيدنا يوسف عليه السلام، كما أن السد العالى هو بوابة الأمان لفيضانات النيل التى اعتادت أن تدمر الأخضر واليابس فى مصر. ولقد حمى السد العالى مصر من مخاطر الفيضان التى يذكر منها التاريخ فيضان 1964 وهو آخر فيضان شهدته مصر قبل السد العالى، وفيضانات 1916–1915، 1879 المسجل على جدار معبد الكرنك بارتفاع حوالى مترين من أرض المعبد الحالية، والفيضانات هى المسئولة الأولى عن تدمير بعض الأماكن الأثرية فى مصر، ولولا السد العالى لشهدت مصر كارثة محققة عام 1998 حين زاد ايراد النهر بحوالى 32 بليون متر مكعب ليصل إلى 122 بليون متر مكعب، واستمرت هذه الفيضانات لمدة ثلاثة أعوام أدت إلى تكوين 5 بحيرات فى منخفضات توشكى صرف اليها عن طريق مفيض توشكى مجموع 40 بليون متر مكعب، ومثيلها فى البحر المتوسط لحماية السد العالى. ازدات مساحة الأراضى الزراعية بمقدار مليون فدان بعد تشغيل السد العالى 1968، وساعد فى زيادة الرقعة الزراعية مع بعض المياه الجوفية العميقة الغير متجددة من خزان الحجر الرملى النوبى حتى وصلت إلى 10 مليون فدان عام 2015 (شكل 7).

دور السد العالى فى حماية مصر من تداعيات المشروعات المائية السودانية:

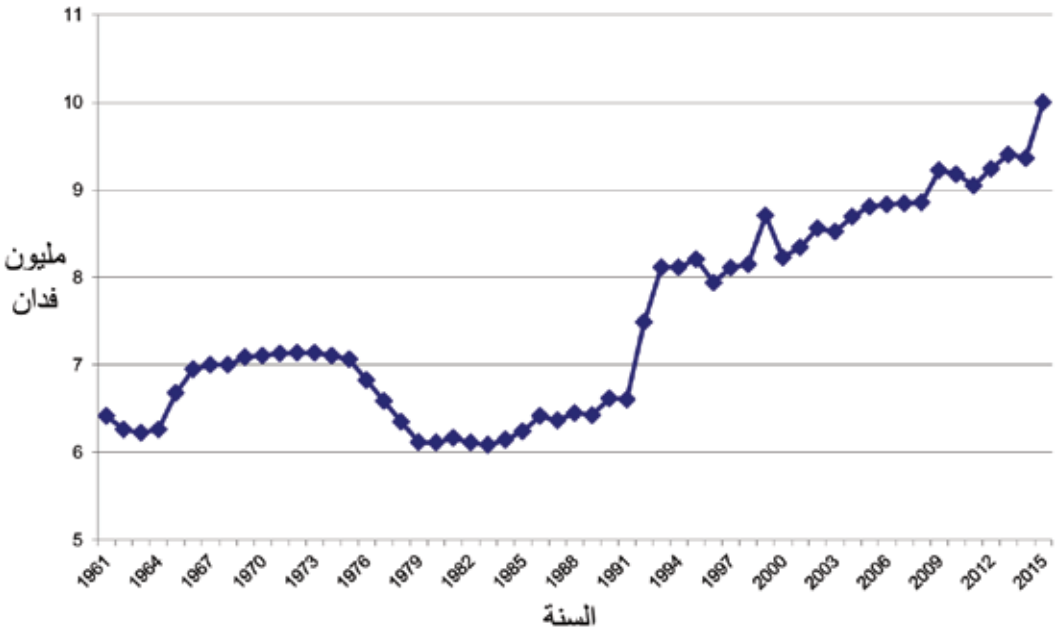
السد العالى هو صمام الأمان المائى المصرى الذى يحمى مصر من مخاطر الجفاف والفيضانات النهرية ونقص الايراد السنوى لأى سبب مثل بناء السدود فى أعالى النيل. وقد تم انشاء العديد من السدود فى إثيوبيا والسودان. يوجد حاليا ستة سدود كبيرة تعمل في السودان هى الروصيرص وسنار على النيل الأزرق، وكلاهما متعدد الأغراض، بالإضافة إلى جبل الأولياء على النيل الأبيض، خشم القربة ومجمع سدى أعالى عطبرة وستيت على نهر عطبرة، ومروى على النيل الرئيسي (جدول 2). مجموع المياة التي يمكن تخزينها في السودان حالياً 26.38 بليون متر مكعب من السدود الست الرئيسة. تعاني جميع السدود في السودان (عدا جبل الأولياء) من الإطماء في الأنهار التي تأتي من الهضبة الإثيوبية، مما يؤدي إلى خفض السعة التخزينية للسدود والتي تتراوح من 34% عند سد الروصيرص إلى 60% عند سد سنار (Sharaky, 2017).

دور السد العالى فى حماية مصر من تداعيات المشروعات المائية الاثيوبية (سد النهضة):

معظم المشروعات المائية في إثيوبيا واجهت الكثير من التحديات الجيولوجية التي تسببت في تأخير عملها عن المواعيد المقررة بعام أو عدة أعوام، وكذلك زيادة التكلفة الأجمالية بنسبة تصل إلى 50%، مثل تكيزي 2009، جيبي 2. تم بناء أكثر من 70 سداً صغيراً في مناطق تيجري Tigary وأمهرا Amhara (حوض تاكيزي/عطبرة) خلال الخمسة عشر عاما الماضية (Abay, 2010)، تتراوح ارتفاعاتها من 24–9 م، والسعة التخزينية من 0.1 – 3.1 مليون متر مكعب.

يبلغ خزان سد تاكيزى من خلال الصور الرقمية ثلاثية الأبعاد، وأظهر تحليل الصور لحوض نهر تاكيزى أنه يحتوى على نمط شجيري، تبلغ مساحة الخزان حوالى 155 كيلو متر مربع عند منسوب 1.140 متر فوق سطح البحر، بمحتوى تخزين 9.3 بليون متر مكعب. فقدت مصر والسودان 4 بليون متر مكعب في عامي 2008 و 2009 بسبب التخزين الميت بالإضافة إلى الخسارة السنوية المقدرة بحوالى 200 إلى 700 مليون متر مكعب من البخر والرى (Sharaky, 2018).

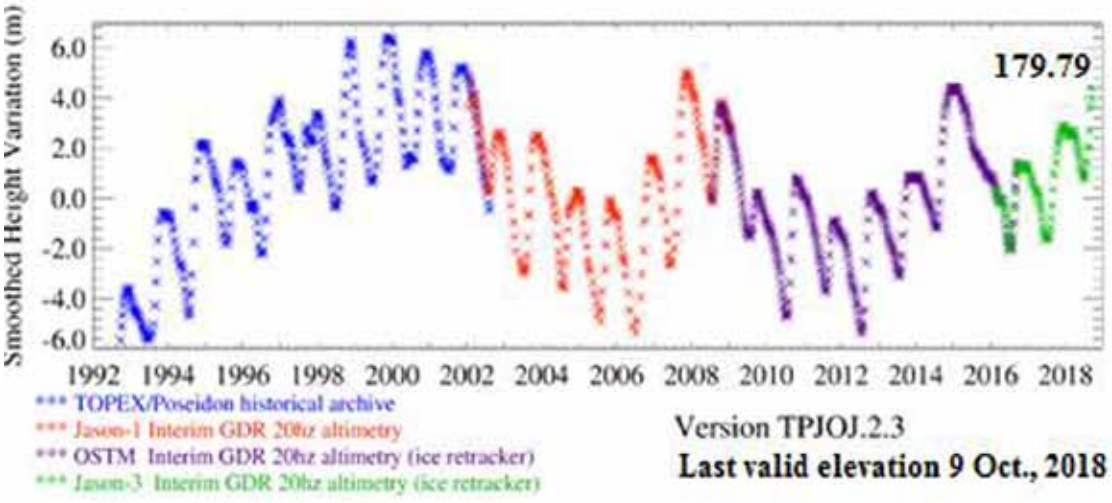
وتبلغ السعة التخزينية لسد النهضة 74 بليون متر مكعب مما يعنى أن جزءً كبيراً من مخزون السد العالى سوف يكون فى اثيوبيا، وسوف يعوض السد العالى ماتخسره مصر فى السنوات الأولى من تشغيل سد النهضة، وهو قيمة سعة التخزين الميت (14 – 24 بليون متر مكعب)، ومايزيد عن ذلك سوف يأتي إلى السودان ومصر ولكن على مدار العام وطبقاً لجدول تشغيل سد النهضة. ويبلغ متوسط ايراد النيل الأزرق 50 بليون متر مكعب سنوياً، وبالتالى لابد لاثيوبيا من تفريغ السد قبل موسم الأمطار بعدة أشهر، ولن تستطيع اثيوبيا تخزين ايراد عاميين متتالين نظراً لحجم الخزان الحى الذى يسع ايراد عام واحد فقط (50 بليون متر مكعب). يتميز ايراد بحيرة سد أسوان العالى بالأرتفاع النسبى حيث يوصف بأنه متوسط إلى فوق المتوسط منذ عام 1994 حتى 2018، ووصل منسوب البحيرة الى حيز مستوى الفيضان 179.8 متراً فوق سطح البحر (شكل 8).



شكل 7. تطور مساحة الأراضى الزراعية 2015-1961 (المصادر: البنك الدولى ووزارة الزراعة المصرية).

جدول 2. أهم المشروعات المائية فى السودان.

اسم السد	تاريخ الانشاء	النهر	الغرض	سعة الخزان (بليون م^3)			الكهرباء (ميجاوات)
				عند الانشاء	الحالية	نسبة الفقد %	
المشروعات القائمة							
سنار	1925	النيل الأزرق	متعدد	0,93	0,39	60	30
جبل الأولياء	1937	النيل الأبيض	كهرباء	3	3	صفر	30
خشم القربة	1964	عطبرة	متعدد	1,3	0,56	54	11
الروصيرص بعد التعلية	1966 2013	النيل الأزرق	متعدد	3,35 7,4	1,42 6,25	42,3	280 420
مروى	2009	النيل الرئيسى	متعدد	12,5	12,5	صفر	1250
أعالى عطبرة وستيت	**2017**	عطبرة	متعدد	3,7	3,7	صفر	320
المجموع					**26,38**		**2061**
المشروعات المستقبلية							
دال	–	النيل الرئيسى	كهرباء	–	–	–	200
كجبار	–	النيل الرئيسى	كهرباء	–	–	–	300
الشريك	–	النيل الرئيسى	كهرباء	–	–	–	350



شكل 8. اختلاف مستويات بحيرة سد أسوان العالى فى 10 سبتمبر 2018 (USDA, 2018).

التوصيات

كان العامل المشترك في عدم نجاح معظم المشروعات الأثيوبية هو عدم القيام بالدراسات العلمية بصورة سليمة قبل تنفيذ المشروعات، ولكن الأمر يختلف هذة المرة لكون تأثير سد النهضة سيكون جسيماً في حالة الأنهيار على السودان ومصر، ومن هنا تأتى التوصيات التالية:

1- الوصول إلى اتفاق بخصوص مواصفات وتشغيل سد النهضة عن طريق التفاوض المباشر أو فى وجود وسيط واذا تعذر ذلك فالمنظمات الدولية.

2- تنفيذ الأتفاقيات المائية الثنائية بين مصر واثيوبيا لعدم تكرار سيناريو سد النهضة فى المشروعات الأثيوبية المستقبلية.

3- اتخاذ موقف موحد مصرى-سودانى فى قضية سد النهضة.

4- استنباط أصناف زراعية جديدة تحقق أعلى إنتاجية وأقل إحتياجات مائية.

5- التعاون المائى مع دول حوض النيل خاصة جنوب السودان لتنفيذ المشروعات المائية المقترحة.

6- التعاون مع دول حوض النيل فى مجال الزراعة والرى، وارسال أساتذة المحاصيل المصريين لمساعدة دول المنابع فى اختيار المحاصيل المناسبة للبيئة الأفريقية.

7- تحسين شبكة الرى المصرية لتقليل الفواقد وضمان وصول المياه إلى نهايات الترع.

8- التأكيد على إجراء دراسات الجدوى الاقتصادية فى المشروعات القومية الزراعية الكبرى.

9- معالجة مياه الصرف الزراعى لاعادة استخدمها فى الزراعة الآمنة.

10- ضرورة اتمام دراسات سد النهضة الجيولوجية والجيوتكنيكية والهيدرولوجية والبيئية والأجتماعية.

References

Abay, A. (2010) Microsoft PowerPoint-experience of dam harvest failure pin Northern Ethiopia.http://www.unipv.eu/online/en/Home/InternationalRelations/CICOPS/documento5707.html

Ahmed, A.A. and Ismail, U.H. (2008) Sediment in the Nile River System, UNESCO, 93p.

Awulachew, S.B., McCartney, M., Ibrahim, Y. and Shiferaw, Y.S. (2008) Evaluation of water availability and allocation in the Blue Nile Basin, *CGIAR Challenge Program on Water and Food 2nd International Forum on Water and Food,* Ethiopia, pp. 6-10.

Ayele, A. and Arvidsson R. (1998) Fault mechanisms and tectonic implication of the 1985–1987 earthquake sequence in south western Ethiopia. *J. Seismol.* **1**, 383–394.

Beyene, M. (2011) How efficient is The Grand Ethiopian Renaissance Dam://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/ethiopiadamefficiency.pdf

Binks, R.M., Fairhead, J.D. (1992) A plate tectonic setting of Mesozoic rifts of West and Central Africa. *Tectonophysics,* **213**, 141–151.

Bosellini, A. (1989) The continental margins of Somalia: Their structural evolution and sequence stratigraphy. *Memorie di Scienze Geologische, Padova,* **41**, 373–458.

Bshar, K.E., Chane, B., Kizza, M., Abebe, M., Soliman, M.A., Mengiste, A., Gebeyehu, A., Seleshi, Y. and Boeriu, P. (2005) Nile Basin Capacity Building Network «NBCBN», River Structures research Cluster, Group II, Microdams, 30p.

Fairhead, J.D. (1988) Mesozoic plate tectonic reconstructions of the central South Atlantic Ocean. The role of West and Central African rift system. *Tectonophysics*, **155**, 181–181.

FAO (Food an Agriculture Organization), 2010, AQUASTAT of global information system on water and agriculture. Ethiopia. http://www.fao.org/nr/aquastat/

FAO (Food an Agriculture Organization) (1984) Geo-morphology and soils. Assistance to land use - Planning Project, Ethiopia. Field Document 2, AG: DP/ETH/781003, Addis Ababa, Ethiopia.

Grabham, G.W. and Black, R.P. (1925) Report of the Mission to Lake Tana 1920–21, Government Press, Cairo

Mohamed, Y.A.; van den Hurk, B.J.J.M., Savenije, H.H.G. and Bastiaanssen, W.G.M. (2005) Hydro-climatology of the Nile: Results from a regional climate model. *Hydrology and Earth System Sciences,* **9**(3), 263-278.

Guiraud, R. and Maurin, J.C. (1992) Early Cretaceous rifts of west and Central Africa: An overview. In: "*Geodynamics of Rifting*", Volume II, Case History Studies on Rifts: North and South America and Africa, Ziegler, P.A. (Ed.). Tectonophysics, **213**, 153–168.

Hautot, S., Whaler, K., Gebru, W. and Desissa, M. (2006) The structure of a Mesozoic basin beneath the Lake Tana area, Ethiopia, revealed by magnetotelluric imaging. *Journal of African Earth Sciences*, **44**, 331–338.

Hydrosult Inc; Tecsult; DHV; and their Associates Nile Consult, Comatex Nilotica; and T and A Consulting. 2006, Trans-Boundary Analysis: Abay – Blue Nile Sub-basin. NBI-ENTRO (Nile Basin Initiative-Eastern Nile Technical Regional Organization).

IHA (2018) The International Hydropower Association (IHA), Ethiopia - Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD): https://www.hydropower.org/case-studies/ethiopia-grand-ethiopian-renaissance-dam-gerd#

Mege, D. and Korme, T. (2004) Dyke swarm emplacement in the Ethiopian Large Igneous Province: not only a matter of stress. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **132**, 283–310.

Merla, G., Abbate, E., Canuti, P., Sagri, M., and Tacconi, P. (1973) Geological Map of Ethiopia and Somalia, 1:2,000,000.-Consiglio Nazionale delle Ricerche Italy.

Russo, A., Assefa, G. and Atnafu, B. (1994) Sedimentary evolution of the Abby River (Blue Nile) Basin, Ethiopia. Neues Jahrbuch fu¨r Geologie und Palae¨ontologie Monatshefte, **5**, 291–308.

Sharaky, A.M. (2018) Ecohydrogeological Challenges on Ethiopian Water Projects and Their Impacts on Annual Water Share of Egypt: Case Study of Tekeze Dam. In: "*The Handbook of Environmental Chemistry*". Springer, Berlin, Heidelberg: https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2017_145

Sharaky, A.M. (2017) Water Security in the Nile Valley: Present and Future, In: "*Water Resources in the Arab World: Constraints and Development Prospects*", 9-11 Dec., 2017, Faculty of Arts, Menofia University. in press.

Sharaky, A.M. (2011) Ethiopian Renaissance Dam (Millennium) and its impact on Egypt and Sudan, *The International Conference* "The Revolution of January 25th, 2011 and the future of Egypt's relations with the Nile Basin States" 30 - 31 May, 2011, Cairo University, pp. 341-350.

Seleshi, Y. (2012) Rainfall Variability over Ethiopia and Implication to Watershed Management in Blue Nile Catchment. In: *Eastern Nile Planning Model (ENPM) Project A Concept Note for First National Workshop in Egypt,* July 9th -12th, 2012 (Alexandria, Egypt). Unpublished presentation.

Tadesse, D. (2008) The Nile: Is it a curse or blessing?, Institute for Security Studies, ISS Paper 174, November 2008.

Tefera, M., Chernet, T. and Haro, W. (1996) "*Geological map of Ethiopia*", 2nd ed. Published by the Regional Mapping Department of the Ethiopian Geological Survey.

Teshale, B. (2003) Influence of sediment on physico-chemical properties of Lake Tana. Workshop Fish and Fisheries of Lake Tana: Management and Conservation'. 6–8 October 2003, Bahir Dar, Ethiopia.

USDA (2018) Lake Nasser height variations: https://www.usda.gov/

Worku, T. and Astin, T.R. (1992) The Karoo sediments (Late Paleozoic to Early Jurassic) of the Ogaden Basin, Ethiopia. *Sedimentary Geology*, **76**, 7–21.

Yohannes, O. (2008) Water Resources and Inter-Riparian Relations in the Nile Basin The Search for an Integrative Discourse, State University of New York Press, 256p.