تقييم نوعية مياه الشرب لمدينة بورتسودان (المصدر خور أربعات)

مصطفى سرالختم[1]، أبوبكر طه بخيت[2]، أبوبكر أحمد عثمان[3]، الجيلي محمد أحمد[4]

1 قسم الهندسة الكيميائية , كلية الهندسة, جامعة البحر الأحمر ,
إيميل:mustafam1979@yahoo.com
2 قسم الهندسة المدنية , كلية الهندسة, جامعة البحر الأحمر
إيميل:abubakrtaha19@yahoo.com
3 قسم الهندسة المدنية, كلية الهندسة والتقنية, جامعة وادي النيل
إيميل:aboubkrahmed@hotmail.com
4 قسم الهندسة المدنية , كلية الهندسة, جامعة أمدرمان الإسلامية
إيميل:gailykokaty@yahoo.com

المستخلص

مدينة بورتسودان تقع في منطقة شبة جافة ويبلغ تعداد السكان حوالي 401.400 نسمة (اعتمادا على التعداد السكاني عام 2010م بمعدل نمو 5%) . يقدر الاستهلاك اليومي لمياه الشرب من 120-150ألف متر مكعب في اليوم والمياه المتوفرة من المصادر المختلفة (خور اربعات والمياه الجوفية) تتراوح من 30-60 ألف متر مكعب بعجز مائي حوالي 66% وهذا يعطي صورة واضحة عما تعانيه مدينة بورتسودان من شح في مياه الشرب.

تم إنشاء ثلاثة سدود على خور أربعات بغرض حصاد المياه لتوفير مياه الشرب لمدينة بورتسودان والمناطق المحيطة، إحدى هذه السدود (سد الفاضلابى) امتلأ بالطمي بالكامل نتيجة للكميات الكبيرة الواردة من الطمي في فترة الفيضان ونتيجة لذلك تمت إزالته فى آواخر العام 2012، أما سد أعلى البوابة العليا والذي يعتبر المصدر الرئيسي لمياه الشرب لمدينة بورتسودان بالإضافة إلي الآبار الجوفية حيث تبلغ سعته التصميمية 16 مليون متر مكعب، نقصت سعته الى حوالي النصف بفعل الطمي حيث لا يوجد تحديد دقيق لكمية الإطماء ببحيرة السد. أما السد الثالث وهو ما يعرف بالخزان الرابع وتم إنشاءه فى العام 1992 ويقع بالقرب من الدلتا حيث تبلغ سعته التصميمية حوالى 6 مليون متر مكعب .يتم ضخ مياه أربعات بعد خلطها بالمياه الجوفية مباشرة دون معالجة مما يجعلها غير مطابقة للمواصفات السودانية وتتسبب في نقل كثير من الأمراض التى تؤثر على صحة الإنسان. وأيضا تحتوي على نسبة عالية من العكارة تفوق الحد المسموح به خاصة في فترة الفيضان.

تعتبر الدراسة دراسية أساسية لمياه مدينة بورتسودان ، وجميع النتائج تشير إلي عدم مطابقة المواصفة السودانية لمياه الشرب. أيضا تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc-Map) وباستخدام طريقة Kriging لدراسة توزع خصائص المياه بالاعتماد على الإحداثيات ونتائج العينات وقد تم انتاج خرطتين رقميتين تبين التوزيع المكاني لهذه الخصائص.

Abstract:

Port Sudan is the main port and largest commercial center of the Sudan located in semi-arid region. Population estimate in 2010 was about 401,400 inhabitants [1]. The water demand estimated was about 120000-150000 m3/day. Water production from Khor Arbaat is 60,000 m^3/day in good years; however, it may go down to 30,000 m3/day in bad years. In general, the overall situation of the city is characterized by regular shortages.

There are three dams (U/G Dam1, SPC Dam2, FR Dam3) structured on Khor Arbaat for water harvesting (2005,2000,1992), siltation represents the

greatest problem to these Dams, accordingly their capacities storage is decreases. Their storage capacities are 16*106, 5*106, and 6*106 m3 respectively, therefore the small capacities of these dams lead to inflation silt in a limited period of time. In the same way the Sea Port Corporation (Dam 2) in the year 2012 was removed by the armed forces of the corps as a result of inflation silting and thickness of silting to 6 meters. Water from Khor Arbaat gets into the transfer system without any treatment. The study is considered baseline study of water in Port Sudan city. All the results pointed the samples of water were not according the Sudanese Standard and Metrology Organization (SSMG) .GIS Arc. Map and Kriging method are used to study the characteristics of water depend on coordinates and samples results.

كلمات مفتاحية: خور اربعات، مدينة بورتسودان، سد أعلى البوابة، جودة المياه

المقدمة (Introduction):

الماء هو ثاني العناصر الضرورية للإنسان في حياته بعد الأوكسجين الذي يستنشقه من الهواء وكما إن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سبباً في القضاء عليها إذا أستخدم ملوثاً. فلا تتم أي عملية حيوية داخلية في جسم أي كائن حي إلا وكان الماء عنصراً أساسي منها, وهو دعامة الحياة ويستخدم الماء في نمو المدن وازدهار الحضارة والتقدم العمراني في شتى مناحي الحياة الموجودة على وجه البسيطة.

يعتبر خور أربعات المصدر الرئيس الذى يغذى مدينة بورتسودان التي تعتبر ثاني أكبر مدن السودان بعد العاصمة الخرطوم وميناء السودان الأول . ينبع خور أربعات من سلسلة جبال البحر الأحمر ويصب في البحر الأحمر ويفيض بكميات كبيرة من المياه فى موسمي الصيف والشتاء نتيجة لنظام أمطار تلك المنطقة و يتصف خور أربعات كغيره من خيران شرق السودان الموسمية بالانحدار الشديد إذ يبلغ انحداره حوالى (10 – 6) m/Km مما ينتج عنه سرعات كبيرة والتي تصل إلى (4m/sec), لذا يجلب معه الخور فترة الفيضان كميات كبيرة من الإطماء (تصل إلى ما يزيد عن 1892 طن سنوياً) والتي تترسب عند السدود[2] . هنالك ثلاثة سدود بمنطقة الدراسة وهم سد أعلى البوابة العليا و سد الفاضلابى و الخزان الرابع، وهى مقامة بغرض تخزين المياه السطحية في منطقة أربعات (شمال غرب مدينة بورتسودان) بغرض توفير مياه الشرب لمدينة بورتسودان[3].

لا توجد وحدات معالجة متكاملة لمياه خور أربعات ولكن توجد معالجة تتمثل فى تجريع الكلور في الخزانات الأرضية داخل المدينة, وأيضا يتم ترسيب الإطماء في السدود مما أدى إلى نقص السعة التصميمية لهذه السدود وعدم عمل البوابات التحتية لها.

إن تقديم مياه غير مطابقة للمواصفات[3] تؤدى إلى إنتقال الأمراض المتعلقة بالماء مثل التيفوئيد، الكوليرا او الإيراقان وغيرها من الأمراض التي تعتبر واحدة من ابرز المشاكل الصحية، علماً بأن الأمراض المتعلقة بالماء تؤثر على النمو الاقتصادي وتضغط على أنظمة الرعاية الصحية.

منظومة الإمداد المائي (Water Supply System)

تبدأ منظومة الإمداد المائي لمدينة بورتسودان من هضبة جبال أدروس حيث تنحدر المياه قاطعة مسافات طويلة مكونة خور أربعات. يتم تغذية المياه إلى المدينة عبر السدود المقامة ما بين البوابة العليا والسفلى والآبار الجوفية، وهنالك ثلاثة سدود لتغذية المدينة بالمياه وتعتبر المصدر الأساسي للمياه العذبة في المدينة السد الأول هو سد البوابة العليا بخور أربعات أما السد الثاني فهو سد الفاضلابى (هيئة الموانئ البحرية) وتم إزالته فى العام 2013 ، والثالث هو الخزان الرابع، ثم تنقل المياه عبر ستة خطوط رئيسية ناقلة للمياه من الخور للمدينة، يتم سحب مياه الآبار مع مياه

السدود عبر هذه الخطوط لتخزن في 6 خزانات أرضية رئيسيه داخل المدينة و من ثم توزع عبر الشبكة الداخلية للمياه[3] ، وتتعرض الخزانات الأرضية إلى نقص كبير في السعة التخزينية نتيجة لترسب الطمي بكميات كبيرة في فترة الفيضانات عبر الخطوط الرئيسية من المصدر إلى المدينة مما يؤدي إلى قفل شبكات توزيع المياه الفرعية بالمدينة.

أهداف الدراسة (Objective):

1. دراسة جودة المياه السطحية بخور أربعات.
2. دراسة جودة المياه الجوفية بخور أربعات.
3. دراسة جودة مياه الخزانات الأرضية وشبكة توزيع المياه.
4. تحليل عينات المياه ومقارنتها بالمواصفات السودانية والعالمية.

منهجية البحث (Methodology):

تعتمد الدراسة علي المنهج التحليلي الذي يعتمد علي أخذ عينات من الماء من المصدر بخور أربعات وأيضا من الخزانات الأرضية وبعض المنازل داخل مدينة بورتسودان وتحديد إحداثياتها ومن ثم تم عمل خرطة باستخدام برنامج (Arc-Map) وباستخدام طريقة Kriging لدراسة توزع خصائص المياه بالاعتماد على الإحداثيات ونتائج العينات وقد تم انتاج خرطتين رقميتين تبين التوزيع المكاني لهذه الخصائص. أتبع الباحثين في هذه الدراسة منهجية متكاملة لعرض نوعية وجودة المياه بمنطقة الدراسة وذلك للوصول لأهداف البحث وشملت النقاط التالية:

- عرض منظومة الإمداد المائي (Water Supply System) لمنطقة الدراسة ابتداء من المصادر وحتى التوزيع.
- العمل الحقلى الأول والذى أعتمد على أخذ عينات المياه السطحية من بحيرة أعلى البوابة والخزان الرابع و أخذ عينات المياه الجوفية من الآبار رقم (52، 61، 65).
- العمل الحقلى الثانى والذى أعتمد على أخذ عينات المياه من الخزانات الأرضية ومياه الشبكة الموصلة إلى المنازل.
- العمل الحقلى الثالث والذى شمل أخذ عينات من الخطوط الناقلة للمياه عند الكيلو 14.
- تحليل عينات المياه بمعمل الكيمياء العامة بكلية الهندسة جامعة البحر الأحمر والمعمل المياه المركزي هيئة مياه ولاية البحر الأحمر.

العمل الحقلى (Field Work):

أخذت 16 عينة من الماء شملت المياه السطحية والجوفية بخور أربعات بالإضافة إلى عينات من المياه المنزلية (Tap Water) وعدد من الخزانات الأرضية (Ground Reservoirs) داخل مدينة بورتسودان وذلك من خلال عدد 3 زيارات حقلية فى الفترة من يناير وحتى مارس 2018، والجدول (1) يوضح أماكن أخذ العينات. جميع عينات الماء تم أخذها باستخدام جهاز أخذ العينات (Water Sampling) كما هو موضح بالشكل (1).

الجدول (1):أماكن أخذ العينات وإحداثياتها

No.	Sample	Type of Sample	Coordinates		Elevation (m)	Sampling Time
			N	E		
1	U/G DAM	Surface Water	36^0 56' 21.4"	19^0 50' 03.4"	229.08	10:50 P.M.
2	Well No.36, 52	Ground Water	37^0 00' 12.6"	19^0 48' 26.4"	149	12:50 A.M.
3	Well No.12,61	Ground Water	37^0 01' 37.9"	19^0 48' 22.4"	129	01:25 A.M.
4	Well No.65,5	Ground Water	37^0 03' 02.1"	19^0 48' 25.3"	108	03:30 A.M.
5	Fourth Reservoir	Surface Water	37^0 03' 07.4"	19^0 48' 08.6"	123	04:00 A.M.
6	Transit	Tap Water	37^0 13' 08.1"	19^0 35' 15.6"	1	09:10 P.M.
7	El-Thawra	Tap Water	37^0 13' 26.6"	19^0 39' 01.8"	-7	09:10 P.M.
8	Downtown	Tap Water	37^0 13' 23.9"	19^0 37' 10.7"	6	9:40 P.M.
9	G.R No.1	Ground Reservoir	37^0 13' 17.3"	19^0 37' 11.8"	0	12:50 A.M.
10	G.R No.2	Ground Reservoir	37^0 13' 10.1"	19^0 37' 22.4"	-3	12:41 A.M.
11	G.R No.4	Ground Reservoir	37^o 13"40.66	19^o 37 20.99	6	11:00 P.M.
12	G.R No.5	Ground Reservoir	37^0 12' 05.9"	19^0 39' 11.9"	-13	10:10 P.M.
13	G.R No.6	Ground Reservoir	37^0 11' 56.7"	19^0 37' 33.6"	-8	10:10 P.M.
14	Pipe Line 16"Ch 3	Kilo 14	37^0 08' 04.2"	19^0 44' 07.5"	49	01:20 A.M.
15	Pipe Line 20"Ch 4	Kilo 14	37^0 07' 54.2"	19^0 44' 02.1"	56	01:35 A.M.
15	Pipe Line 20"Ch 5	Kilo 14	37^0 07' 42.4"	19^0 43' 58.4"	56	02:35 A.M.

الشكل (1):جهاز أخذ عينات الماء (Water Sampling)

تحليل عينات المياه (Water Analysis):

تم تحليل الخواص الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجي لجميع العينات بمعمل الكيمياء –كلية الهندسة جامعة البحر الأحمر والمعمل المركزي لمياه ولاية البحر الأحمر والأشكال (2) و(3) تمثل نماذج من العينات.

الشكل (2):نموذج من عينات المياه

الشكل (3): نموذج لعينات اختبار الميكروبيولوجي

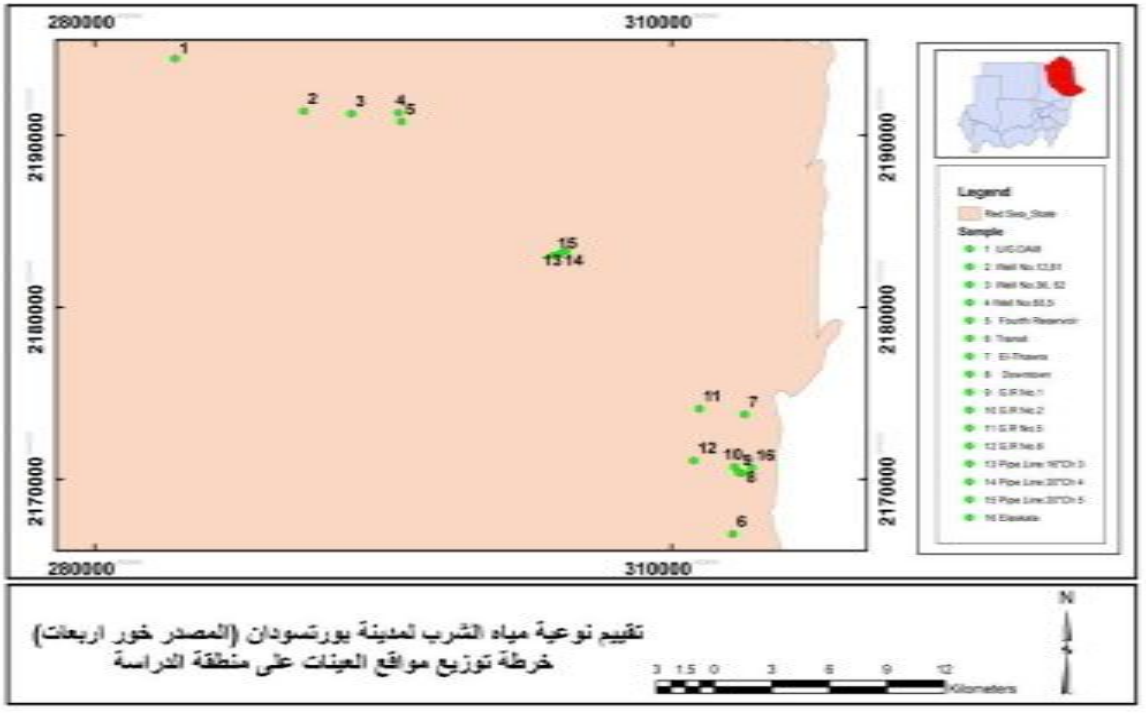
النتائج والمناقشة (Results and Discussion):

خلصت النتائج لأهم المحددات التي تؤثر تأثيراً كبيراً علي جودة المياه وكما يشير الجدول أدناه:

الجدول (2): أهم المحددات التي تؤثر علي جودة المياه

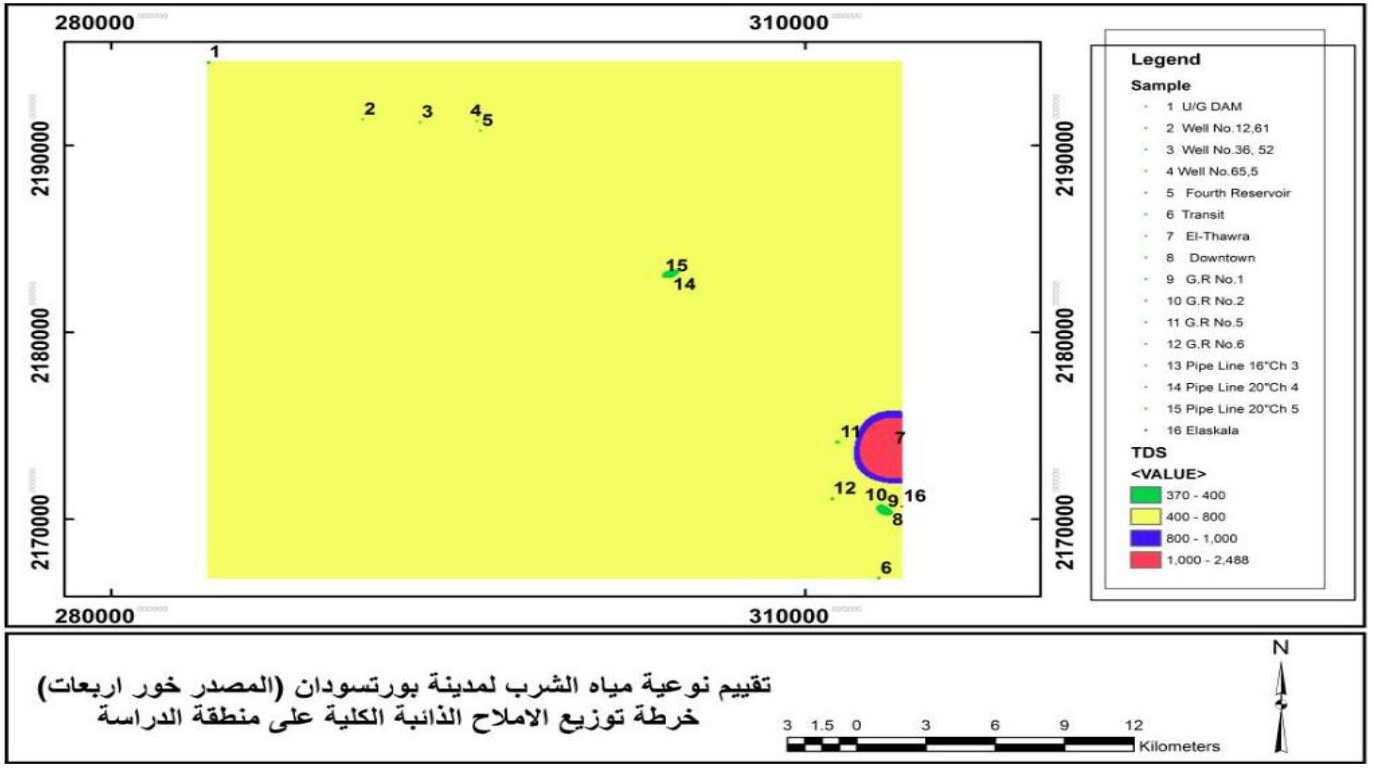
Sample No	Source	Turbidity *NTU	Chloride mg/l	pH	Suspened Solids mg/l	Total Hardness as ($caco_3$) mg/l	TDSmg/l	Sulphate(SO_4) mg/l	Iron (Fe+2) mg/l	Total Coliforms & E.coli (no./100mL)
1	Reservoir of Upper gate Dam	11.3	140	7.8	0.02	200	381.8	283	0.02	Absent
2	Reservoir of Fourth Dam	14.1	133.8	8.3	0.6	232	408.4	296	0.08	Absent
3	Well NO. 1	3.3	200	7.6	0.2	200	604	316	0.18	Absent
4	Well NO. 2	0.13	150	7.9	0.08	240	513	336	0.20	Absent
5	Well NO. 3	5.9	170	7.6	0.1	280	572	323	0.16	Absent
6	Transit - Tap Water	2.1	133	8.6	0.003	208	384.9	362	0.21	Contamined
7	Middle Town - Tap Water	1.4	138	8.3	0.007	152	371.4	312	0.13	Absent
8	Elthawra Block 19 - Tap Water	2.3	549	7.8	0.02	708	2510	343	0.05	Contamined
9	East Pipe Line – Kilo 14	7	134	8.1	0.06	204	390.8	291	0.04	Absent
10	Center Pipe Line – Kilo 14	6.4	124	8.3	0.21	192	385	266	0.06	Absent
11	South Pipe Line – Kilo 14	6.3	120	8.2	0.091	200	386.8	281	0.021	Absent
12	Reservoir No 1	4.3	68	8.1	0.103	200	376.7	292	0.07	Absent
13	Reservoir No 2	7	126	8.1	0.136	204	385.9	317	0.06	Absent
14	Reservoir No 5	8.2	155.6	8.2	0.082	200	390.8	251	0.04	Absent
15	Reservoir No 6	8.3	128.2	8.7	0.029	208	386.1	320	0.09	Absent
16	Elaskala Reservoir	0.37	172	8.4	0.236	220	537.7	312	0.073	Contamined

- النتائج أعلاه وفقاً للمواصفة السودانية لمياه الشرب (SSMO).
- اللون الرمادي يدل علي تخطي المواصفة.

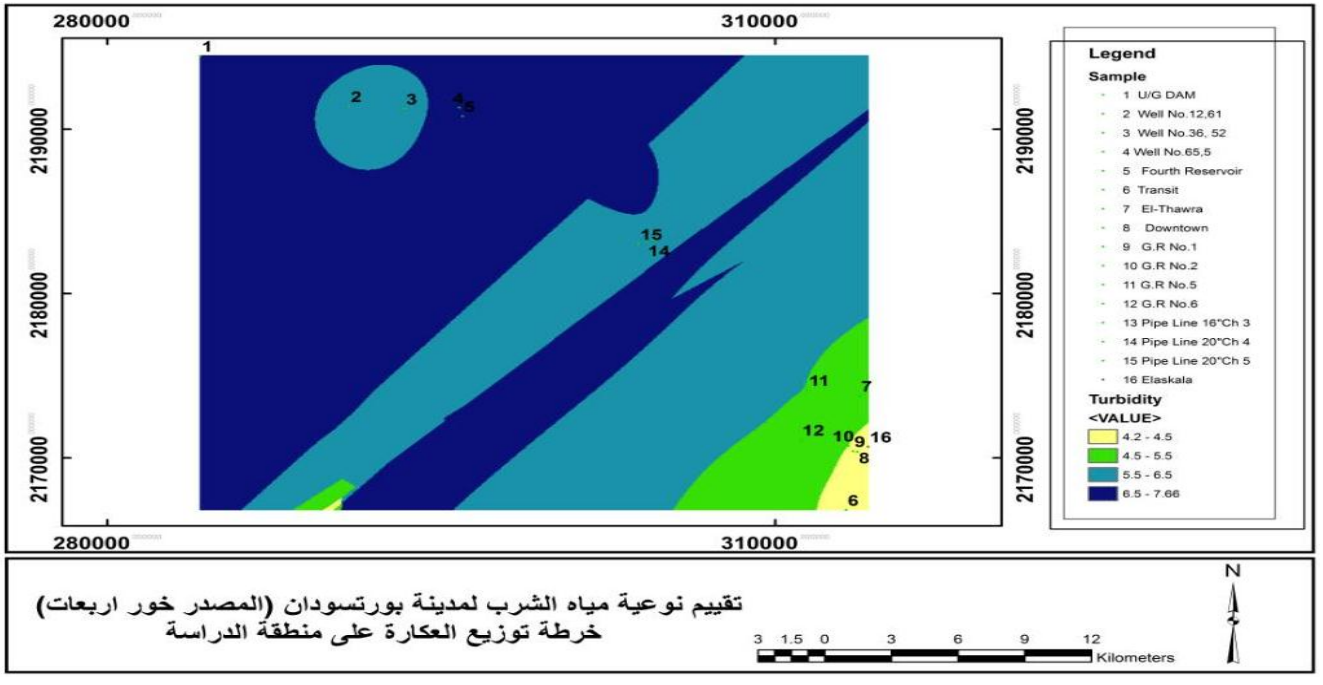


تقييم نوعية مياه الشرب لمدينة بورتسودان (المصدر خور اربعات)
خرطة توزيع مواقع العينات على منطقة الدراسة

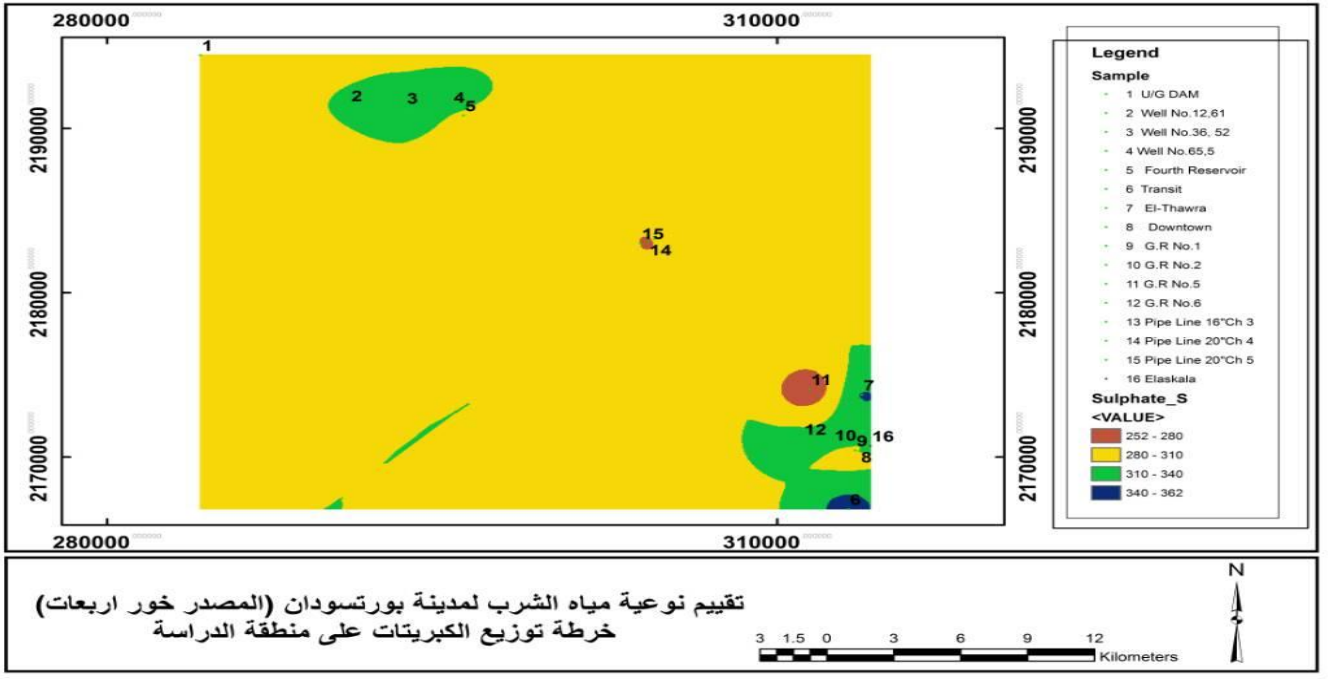
الشكل (4): مواقع أخذ العينات بواسطة Google Map-Pro



الشكل (5) : توزيع الأملاح الكلية المذابة باستخدام (Arc-Map and Kriging Method)



الشكل (6) : توزيع العكارة باستخدام (Arc-Map and Kriging Method)



الشكل (7) : توزيع السلفيت باستخدام (Arc-Map and Kriging Method)

الاستنتاجات والتوصيات (Conclusion and Recommendation)

تقييم نوعية المياه مهمة جدا لتفادي الأمراض والمشاكل المتعلقة بالمياه, وكذلك يجب التأكد من المياه بالمصدر واختبار صلاحيتها للشرب عن طريق اجراء الاختبارات الفيزيائية, الكيميائية , والبيولوجية. فى هذه الدراسة تم أخذ بعض العينات من المصدر والمنازل وعدد من الخزانات الأرضية والخطوط الناقلة الرئيسة للمياه وإجراء الاختبارات عليها بمعملي كلية الهندسة هيئة مياه ولاية البحر الأحمر, وخلصت الدراسة الى أن المياه بالمدينة غير نقية وغير مطابقة للمواصفات السودانية (SSMO)، وتوصى بالآتي:

1/ الإيفاء بمتطلبات ماء ذو نوعية (طبيعية وكيميائية وحيوية) مقبولة لاستخدامها للشرب والاستخدامات الأخرى حسب ما توصي به منظمة الصحة العالمية (WHO) والمواصفات السودانية لمياه الشرب.

2/ تصميم محطة معالجة متكاملة لمياه خور أربعات.

3/ يجب إنشاء خزانات بمواصفات فنية خاصة وسعات كبيرة لتواكب النمو والتطور بالمدينة.

المراجع:

[1] Mustafa SirElkhatim Mustafa. Determination of a landfill site for Port Sudan city. First Conference on Civil Engineering 13-15 Dec. 2016 – Merowe – Sudan. Sudan Engineering Society Journal

[2]A Summary of Survey in Reservoirs of the Red Sea State, Sudan water Harvesting Project, SINOHYDRO- Bureau 5 Co-Ltd, December 2010

[3] هيئة مياه ولاية البحر الأحمر.

[4] الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس (SSMO)، مواصفة مياه الشرب، 2008.