الموازنة المائية المناخية لمحطات بحيرة الثرثار للفترة ١٩٨٠ – ٢٠١٤

أ.م.د. عدنان عودة الطائي

dwdt175@gmail.com

تاريخ استلام البحث :٢٠٢٠/٦/٢٠

تاريخ قبول النشر : ٢٠٢٠/٧/٢٥

المستخلص:

تعد دراسة الموازنة المائية المناخية من الدراسات الحديثة ذات اهمية كبيرة لأنها ترتبط ارتباطا مباشرا بالعناصر المناخية، اذ يمكن عن طريقها تحديد فترات الجفاف وفصوله ولذي له اهمية خاصة في التنمية الاقتصادية لاسيما الزراعية والمائية والتنموية منها ويمكن عن طريقها التوصل الى تقدير العجز المائي الحاصل والمتطلبات المائية الواجب توفرها للمحاصيل الزراعية ومواعيدها وكذلك توفير المياه اللازمة للسكان.

فالموازنة المائية المناخية هي تعبير عن العلاقة الكمية بين الهطول المطري والتبخر/النتح فعندما يكون مقدار الهطول اكثر من مقدار التبخر/النتح يكون هنالك فائض مائي اما العكس من ذلك يكون هنالك عجزا مائي[١]. او هي حساب كميات الامطار الهاطلة على منطقة بوصفها وارد مائي من جهة وبين مختلف اشكال التحول والتوزيع التي تسلكها تلك المياه من جريان وتبخر وتشبع وتسرب بوصفها ضائعات من جهة اخرى[٢]. او انها العلاقة بين كمية التهاطل والايرادات المائية، وتقدر الضائعات المائية التي تعتمد عليها في حساب مقدار التبخر/النتح مع الاخذ بنظر الاعتبار العوامل المؤثرة فيها[٣].

الكلمات المفتاحية: الموازنة المائية ، بحيرة الثرثار ، العناصر المناخية

Climate water balance for Lake Tharthar stations for the period 1980-2014

Dr. Adnan Odeh Al-Taie

dwdt175@gmail.com

Date received: 20/6/2020
Acceptance date: 25/7/2020

Abstract

The study of the climate water budget is one of the recent studies of great importance because it is directly related to the climatic elements, as it is possible to determine the periods and seasons of drought and has a special importance in economic development, especially agricultural, water and developmental ones. Availability of agricultural crops and their timing, as well as providing the necessary water for the population.

The climate water balance is an expression of the quantitative relationship between precipitation and evaporation / transpiration. When the amount of precipitation is more than the amount of evaporation / transpiration, there is an excess of water. On the contrary, there is a water deficit. Or it is the calculation of the quantities of rain falling on a region as a water resource on the one hand and between the various forms of transformation and distribution that those waters pass through from flow, evaporation, saturation and leakage as wastes on the other side Or it is the relationship between the amount of precipitation and water revenues, and the estimated water losses that depend on it in calculating the amount of evaporation / transpiration taking into consideration the factors affecting them.

Key words: water balance, Lake Tharthar, Climatic elements

مشكلة البحث: تدور مشكلة البحث للاجابة على عدة اسئلة لعل اهمها

هل للعوامل الجغرافية الطبيعية خصوصاً المناخ السائد وعناصره تأثير في تحديد ومعرفة الموازنة المائية لبحيرة الثرثار؟

فرضية البحث: صار في حكم المؤكد ان لعناصر المناخ خصوصاً في منطقة بحيرة الثرثار ذات الموقع المناخي الجاف تأثير واضح بمعرفة نوع الموازنة المائية ووصفها وكما يتبين في نتائج البحث.

حدود البحث: تشمل حدود البحث دراسة بيانات المحطات المناخية لمنطقة الدراسة وهي محطات سنجار وتلعفر وبيجي وتكريت وسامراء وحديثة والرمادي وبغداد، اما الحدود الزمانية فتحدد من العام ١٩٨٠ حتى ٢٠١٤.

اهمية البحث: تتبع اهمية البحث بكونه يسلط الضوء على نتائج ومعرفة كمية المياه المكتسبة والمفقودة لبحيرة الثرثار التي تقع في منطقة هي بأمس الحاجة للمياه التي هي بمثابة الديناميكية المحركة لهذه المنطقة وعلى عدة اتجاهات.

المقدمة:

لمعرفة الموازنة المائية لأي منطقة في العالم لابد من الاحاطة علماً بأهم العوامل الجغرافية الطبيعية والبشرية على حد سواء والتي تحيط وتؤثر بالمكان المعني بالدراسة.

من هنا صار ضرورياً تسليط الضوء على كل العوامل وان كانت متداخلة ما دامت تؤثر على نتائ وحسابات الموازنة المائية للخروج بنتائج صحيحة ودقيقة لان ذلك يقود لاعطاء نتائج نهائية تتوقف عليها مهمة تنفيذ العديد من المشاريع والخدمات التي يكون عمادها المياه خصوصاً مشاريع السيطرة والخزن والزراعة والصناعة وغيرها مما يعني ارتباطها المباشر باقتصاد البلد .

ولما كان العراق من الدول التي تعاني شحة المياه خصوصاً في السنوات الاخيرة بعد حدوث العديد من المتغيرات لعل في مقدمتها ما قامت به دول الجوار من عملية تقنين لامدادات المياه خصوصاً لنهري دجلة والفرات والمقصود هنا تركيا وسوريا وايران التي عهدت الى استخدام ورقة المياه لتركيع العراق سياسياً واقتصادياً آخذين بنظر الاعتبار اعتماد العراق اساساً على مياه نهري دجلة والفرات كونه بلد يقع في منطقة الاقليم الجاف الذي هو بأمس الحاجة لمياه الانهار بعد تصور مياه الامطار في سد حاجة البلد للمياه فضلاً عن مشكلة الحرارة والجفاف التي بات العالم والعراق يعاني منها وتبعها فقدان كميات هائلة من المياه.

١- الموازنة المائية المناخية لمحطات منطقة الدراسة:

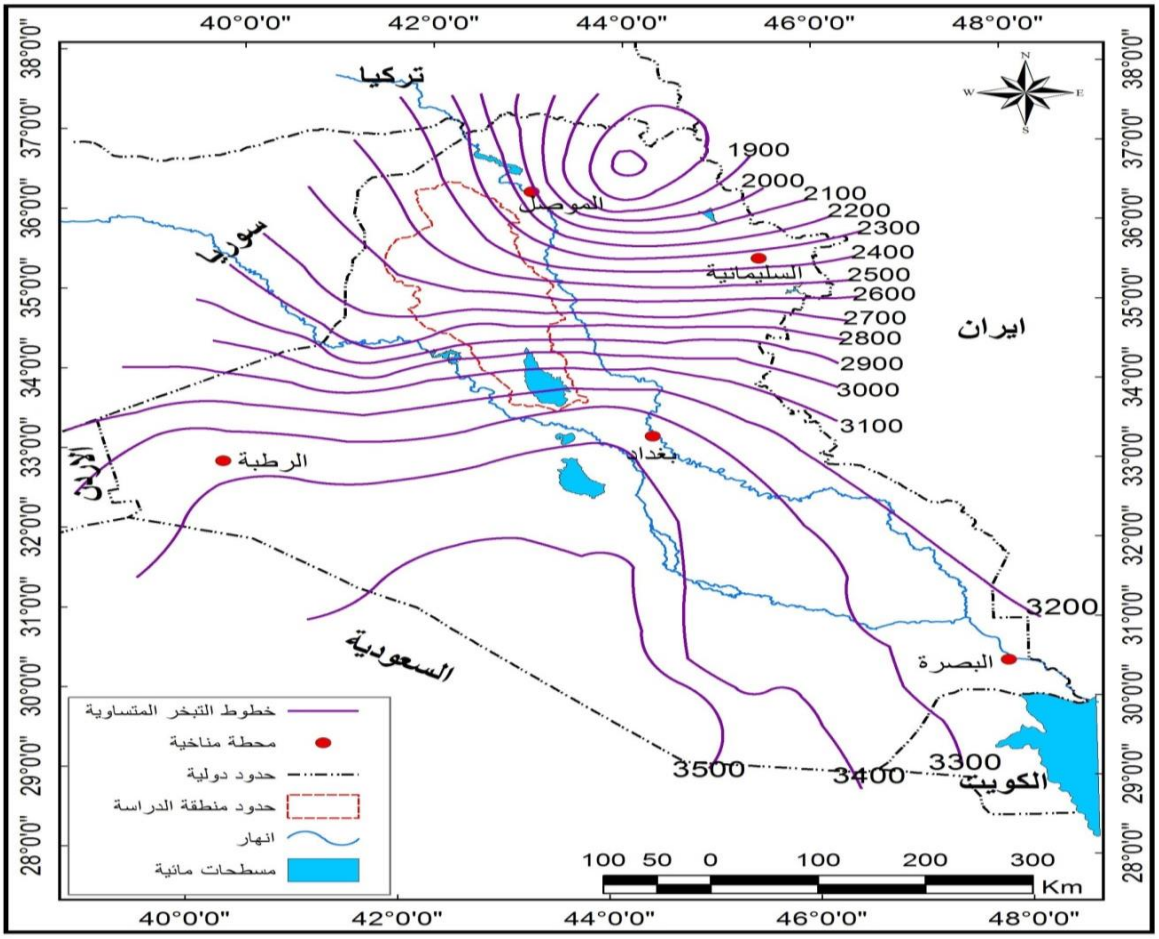
تتأثر الموازنة المائية بعدة عوامل جغرافية مختلفة مثل عناصر المناخ المتمثلة بـــ (الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرياح والرطوبة والامطار)، وتتأثر ايضا بالعوامل النباتية وخصائص التربة والسطح والمياه والممارسات الزراعية. اذ لكل عامل منها تأثيره على الموازنة المائية المناخية، ولكل هذه العوامل تأثير كبير في ضياع اكبر قدر ممكن من المياه التي تدخل في حساب الضائعات المائية، اذا الموازنة المائية تمثل الفرق بين مجموع كمية الامطار الهاطلة على

منطقة معينة وما تفقده تلك المنطقة من مياه عن طريق التبخر/النتح، وتتوقف هذه العملية على متغيرين وهما (الامطار الفعالة وقيمة التبخر/النتح المحتمل)[iv].

وبهذا تتحد الموازنة المائية في ضوء قيمها المستخرجة وقت ومكان استعمال الري او عدمه، كما تتحدد كمية المياه اللازمة للري، وما هو مقدار حجم مشاريع الري والخزن، كما ان لها دورا في تخطيط استخدام المياه السطحية والجوفية لأغراض الزراعة او لأغراض منزلية او صناعية وتوليد الطاقة الكهربائية، فضلا عن مجالات الحياة المختلفة لاسيما تحديد مقدار حاجة النبات من المياه والتمييز بين انواع الجفاف وقياس درجاته[v].

ومن خلال الخريطة (١) التي تمثل خطوط التساوي لمجاميع التبخر السنوية في العراق والتي من ضمنها منطقة الدراسة، فالمنطقة تقع بين خطي (٢٢٠٠ ملم/سنه) شمال المنطقة، وخط (٣٣٠٠ ملم/سنه) جنوب المنطقة، وهذا يجعل المنطقة تتباين ما بين الشمال والجنوب في مجاميع التبخر السنوية. ويمكن احتساب الموازنة المائية المناخية لحوض وادي الثرثار عن طريق تطبيق المعادلات الرياضية التي وضعها العلماء ومن اشهر المعادلات واقربها الى الواقع لمنطقة حوض الثرثار هي معادلة (ايفانوف) ومعادلة (نجيب خروفة)، ويمكن معرفة مفهومها من خلال الاتي:

خريطة (١) خطوط تساوي المجاميع السنوية للتبخر (ملم/سنه) لمحطات حوض الثرثار



المصدر: اطلس مناخ العراق، مصدر سابق، ص١٢٨.

١-١- الموازنة المائية المناخية وفق معادلة ايفانوف:

اعتمد هذه المعادلة العالم الروسي من خلال معدل الحرارة ومعدل الرطوبة النسبية لاستخراج التبخر/النتح الكامن ويمكن تمثيلها وفق المعادلة الاتية[vi]:

$$E = ٠,٠٠١٨ (T + ٢٥)^{٢} (١٠٠ - HR)$$

E = مقدار التبخر (ملم).

T = معدل درجة الحرارة الشهري (م).

HR = معدل الرطوبة النسبية الشهري.

يتبين من خلال تطبيق معادلة ايفانوف على محطات منطقة الدراسة ان هنالك تباين ما بين قيم المحطات وكل حسب موقعها الجغرافي واشهر السنة ومن خلال جدول (٢٨)، ان نسبة التبخر تقل في فصل الشتاء لزيادة كمية هطول الامطار في هذا الفصل بينما ترتفع قيم التبخر في الفصول الاخرى ولهذا تمثل النتائج بشكل الاتي:

- سجلت محطة سنجار اعلى معدلات للهطول المطري في فصل الشتاء واقل معدلات للتبخر ايضا اذ سجل شهر كانون الثاني فائض مائي بلغ (٢٥,٧٥ ملم/سنه)، كما سجل شهر كانون الاول فائض مائي بلغ (٦,٣٤ ملم/سنه)، وهذا يزيد عن حاجة المنطقة للمياه في هذين الشهرين مما تنساب تلك المياه الزائدة الى المجاري المائية لوادي الثرثاربسبب طبيعة انحدار السطح. اما باقي اشهر السنة في المحطة سجلت عجزا مائيا كبيرا. اما محطة تلعفر فسجلت فائضاً مائياً في شهر كانون الثاني فقط وبلغ (١٨,١ ملم/سنه).
- وهذا يعني ان جميع محطات منطقة الدراسة عجزا مائيا في كافة شهور السنه حسب معادلة ايفانوف الا ان العجز المائي يتناقص في اشهر الشتاء بينما يكون مرتفعا في اشهر الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة وانعدام هطول الامطار وارتفاع معدلات التبخر مما جعلها تسجل عجز مائي كبير، قلل من معدلات الايرادات المائية في المنطقة مما يؤشر ان المنطقة تعاني العجز المائي.

في محطة سنجار كانت كمية الامطار الساقطة لشهر كانون الثاني ٧١،٥٥ ملم في حين كانت نسبة التبخر ٤٥،٨ ملم كما موضح في جدول رقم (١) وهذا يعني ان نسبة عجز المحطة يقدر بـــ ٣٥،٧ ملم مما يعني ان المحطة تشهد فائض مائي وهذا يرجع الى ان المحطة تقع في منطقة يزداد فيها التساقط المطري على نسبة المفقود والضائعات المائية.

جدول (١):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة سنجار

محطة سنجار / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٦،١												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٥,٧	٨,٣	١٢,٢	١٥,٦	٢٤,٤	٣٠,٤	٣٤,١	٣٠	٢٨,٩	٢١,٤	١٢,٩	٧,٩
الرطوبة النسبية	٧٣	٦٨	٥٥	٥٣	٣٨	٢٢	٢٢	٢٣	٢٦	٣٩	٥٢	٦٧
التساقط المطري	٧١,٥	٦٧,٤	٦٠,٩	٥٤,٨	٣١,١	١،٧	–	–	٠,٣٠	٨,٢٨	٣٢,٦	٧٠,٦

ملم	٥	٠	٠	١						٧	٣
التبخر ملم	٤٥,٨	٦٣,٨٠	١١٢	١٣٩,٤	٢٧٢,٣	٤٣٠,١	٤٩٠,٣	٤١٩,٢	٣٨٦,٩	٢٣٦,٣	١٢٤,١	٦٤,٢
العجز او الفائض المائي	٣٥,٧+	+٣,٦	٥١,١	٨٤,٥٩	٢٤١,٢	٤٢٨,٤	٤٩٠,٣	٤١٩,٢	٣٨٦,٩	٢٢٨	٩١,٤−	٦,٤٣+

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة تلعفر فقد سجلت ٦٠،٢٠ ملم لشهر كانون الثاني وهي اعلى كمية هطول لهذه المنطقة في حين كانت كمية الهطول صفراً لشهري تموز وآب وكما موضح في جدول رقم (٢) واذا ما نتقلنا الى معدلات التبخر لذات الاشهر نلاحظ ان كمية التبخر كانت ٤٢،١ ملم لشهر كانون الثاني و ٤٩٠،٦ ملم لشهر تموز وهذا يعني ان المحطة تعاني فائضاً مائياً لشهر كانون الثاني بمقدار بسيط قدره ١٧،٩ ملم وهذا بدوره يؤدي لزيادة كميات التساقط خلال هذا الشهر بالمقارنة مع شهر تموز الذي كانت فيه كمية التبخر ٤٩٠،٦ ملم وبلا تساقط للامطار وهذا يعني ان هناك نقصاً حاداً للمياه بسبب ارتفاع درجات الحرارة وشدة التبخر وانعدام التساقط.

جدول (٢):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة تلعفر

محطة تلعفر / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٦،٢٢												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٦,٩	٨,١	١٢	١٤,٥	٢٥	٣٣,١	٣٤,٥	٣٣,٧	٣٠,٢	٢٢,٥	١٤,١	٨,٥
الرطوبة النسبية	٧٧	٧١	٦٣	٥٤	٣٦	٣٥	٢٣	٢٦	٢٧	٣٦	٦٠	٧٥
التساقط المطري ملم	٦٠,٢٠	٥٥,٤١	٤٣,٢٠	٣٥,٧١	١٤,٥١	٢,٨١	–	–	٤,٣١	٧,٧٠	٣٥,٤٠	٤٨,٥٢
التبخر ملم	٤٢,١	٥٧,١	٩١,١	١٢٩,١	٢٨٨	٣٩٤,٩	٤٩٠,٦	٤٥٨,٩	٤٠٠,٣	٢٥٩,٩	١١٠	٥٠,٥
العجز او الفائض المائي	١٨,١+	١,٦٩−	٤٧,٩	٩٣,٣٩	٢٧٣,٤	٣٩٢,٠	٤٩٠,٦	٤٥٨,٩	٣٩٥,٩	٢٥٢,٢	٧٤،٦	١,٩٨−

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة بيجي ولذات الفترة نلاحظ ان كمية التساقط لشهر كانون الثاني كانت بكمية ٣٨ ملم وكمية التبخر كانت ٤٥،٥ ملم وهذا يعني ان عجزاً قد حصل في هذه المحطة رغم كون الشهر اعلى كمية للتساقط المطري وهذا مرده ان المحطة اقتربت اكثر من موقع الجفاف وارتفاع درجات الحرارة بالمقارنة مع المحطتين السابقتين للذكر واذا ما انتقلنا الى شهر تموز فنلاحظ ان جفافاً كبيراً قد حصل اذا ما علمنا ان كمية التبخر تعدت ٥١٧،٢ ملم كما في جدول رقم (٣) مما يعني

ان هناك عجزاً مائياً قد حصل وبمقدار -٧،٥ ملم وهذا يرجع الى ارتفاع درجات الحرارة بصورة اكبر كوننا اقتربنا من منطقة الاقليم الجاف والارتفاع الملحوظ لكميات التبخر والجفاف مما يعني حصول الجفاف بشكل كبير في هذا الموقع.

جدول (٣):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة بيجي

محطة بيجي / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٤،٥١												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٨،٩	١٠،٨	١٥،٦	٢٢،١	٢٨،٢	٣٢،٥	٣٦،٩	٣٥،٥	٣١،١	٢٤،٢	١٦،٤	١٠،٧
الرطوبة النسبية	٧٨	٦٨	٦١	٤٩	٣٨	٢٧	٢٥	٢٨	٣٥	٤٦	٦١	٧٨
التساقط المطري ملم	٣٨	٣٦،٤	٢٨،٧	٢٠،٢	١٤،٣	٠،٦	–	–	١،٧	٧،١	٢٤،٦	٢٧،٨
التبخر ملم	٤٥،٥	٧٣،٨	١١٥، ٧	٢٠٣، ٦	٣١٥، ٨	٤٣٤، ٤	٥١٧، ٢	٤٧٤، ٣	٣٦٨، ٢	٢٣٥، ٢	١٢٠، ٣	٥٠،٤
العجز او الفائض المائي	-٧،٥	٣٧،٤	٨٧	٩٥،٥	٣٠١، ٥	٤٣٣، ٨	٥١٧، ٢	٤٧٤، ٣	٣٦٦، ٩	٢٢٨، ١	٩٥،٧	٢٢،٦

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة تكريت فكانت نسبة العجز المائي هي ١٤،٢ ملم لشهر كانون الثاني بعد ان كان التساقط ٨،٢ ملم وكمية التبخر ٤٩،٦ ملم لابرد الاشهر في المحطة في حين كانت نسبة العجز للمحطة ٥٢٩،٣ ملم وهي نسبة كبيرة جداً تفقدها البحيرة في شهر تموز جدول رقم (٤) لارتفاع درجات الحرارة بشكل اكبر وانعدام التساقط في هذا الشهر.

جدول (٤):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة تكريت

محطة تكريت / المدة ١٩٨٩ – ٢٠١٦ / دائرة عرض												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٨,٢	١٠,٤	١٥,٤	٢٢,١	٢٩,٢	٣٣,٦	٣٦,٨	٣٥,٦	٣١,٧	٢٤,٦	١٥,٩	١٠,٤
الرطوبة النسبية	٧٥	٦٤	٥٥	٤٤	٣١	٢٢	٢٣	٢٣	٢٨	٣٨	٥٩	٧٦
التساقط المطري ملم	٣٥,٤	٣٢,١	٢٦,٩	١٣,٦	٦,١	–	–	–	٠,٤	٨,٤	٢٥,٤	٢٦,٩
التبخر ملم	٤٩,٦	٨١,٢	١٣٢,	٢٢٣,	٣٦٤,	٤٨٢,	٥٢٩,	٥٠٨,	٤١٦,	٢٧٤,	١٢٣,	٥٤,١

			٢	٦	٨	١	٣	٩	٦	٥	٤	
العجز او الفائض المائي	١٤,٢ –	٤٩,١	١٠٥,٣	٢١٠	٣٥٨,٧	٤٨٢,١	٥٢٩,٣	٥٠٨,٩	٤١٦,٢	٢٦٦,١	٩٨	٢٧,٢ –

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

واذا ما انتقلنا الى محطة سامراء ولنفس الفترة نلاحظ كمية التساقط لشهر كانون الثاني كانت ٢٩،٥ ملم في حين كانت نسبة التبخر هي ٤٨،٥ ملم وهذا يعني ان عجزاً مائياً قد حصل للبحيرة في هذه المحطة قدره ١٩ ملم جدول رقم (٥) اما في تموز ولنفس المحطة فأن كمية العجز كانت ٤٨٩ ملم بعد ان كانت كمية التساقط صفر وكمية التبخر ٤٨٩،٦ ملم مما يعني مزيداً من العجز المائي وهي حالة طبيعية نظراً لارتفاع درجات الحرارة وزيادة كميات التبخر وانعدام التساقط.

جدول (٥):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة سامراء

محطة سامراء/ المدة ١٩٨٩ – ٢٠١٦ / دائرة عرض ٣٣												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩,٣	١١,٨	١٦,٥	٢٢,٣	٢٩,١	٣٣,٥	٣٦,٩	٣٥,٥	٣١,٦	٢٥,٦	١٦,٨	١١,٢
الرطوبة النسبية	٧٨	٦٧	٦١	٤٧	٣٥	٣١	٢٩	٣١	٣٩	٤٦	٦٣	٨٠
التساقط المطري ملم	٢٩,٥	٢٥,١	٢٢,٨	١٦,٩	٣,٧	–	–	–	٠,٢	٥,٨	٢٣,٦	٢٦,١
التبخر ملم	٤٨,٥	٨٠,٤	١٢٠,٩	٢١٣,٤	٣٤٢,٤	٤٢٥	٤٨٩,٦	٤٥٤,٦	٣٥١,٧	٢٤٨,٨	١١٦,٣	٤٧,١ –
العجز او الفائض المائي	١٩–	٥٥,٣	٩٨,١	١٩٦,٥	٣٣٨,٧	٤٢٥	٤٨٩,٦	٤٥٤,٦	٣٥١,٥	٢٤٣	٩٢,٧	٢١–

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة حديثة فكانت كمية التساقط لشهر كانون الثاني ٢٣،٤ ملم وكمية التبخر ٤٩،٧ ملم وهذا يعني ان العجز وصل الى ٢٦،٣ ملم لذات الفترة اما شهر تموز فكانت كمية العجز المائي لهذه المحطة هي ٤٨٢،١ ملم بعد ان كان التساقط صفراً وكمية التبخر ٤٨٢،١ ملم كما موضح في جدول رقم (٦).

جدول (٦):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة حديثة

محطة حديثة / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٦ / دائرة عرض ٣٣،١٤												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٧,٦	١٠,٢	١٤,٥	٢٠,٥	٢٦,٧	٣١,٥	٣٣,٦	٣٢,٤	٢٩,١	٢٣,١	١٤,٣	٩,١
الرطوبة النسبية	٧٤	٦٣	٥٤	٤٣	٣٢	٢٣	٢٢	٢٤	٢٧	٣٩	٥٤	٧٣
التساقط المطري ملم	٢٣,٤	٢٢,٨	٢٢,٩	٢٠	٧,١	–	–	–	٠,٩	٧,٣	١٨,٨	٢٠,٥
التبخر ملم	٤٩,٧	٨٢,٥	١٢٩,١	٢١٥,٢	٣٢٧,١	٤٤٢,٤	٤٨٢,١	٤٥٠,٧	٣٨٤,٥	٢٥٤	١٢٧,٨	٥٩,٥
العجز او الفائض المائي	٢٦,٣ –	٥٩,٧	١٠٦,٢	١٩٢,٣	٣٢٨	٤٢٤,٤	٤٨٢,١	٤٥٠,٧	٣٨٣,٦	٢٤٦,٧	١٠٩	٣٦

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة الرمادي فكانت نسبة العجز لشهر كانون الثاني ٤١،٨ ملم اما كمية التساقط فكانت ١٩،٩ ملم وعجز مقداره ٦١،٧ ملم جدول (٧) ما شهر تموز فقد شهد عجزاً مائياً قدره ٤٢٤،٦ ملم بعد ان كانت كمية التبخر ٤٢٤،٦ ملم وكمية التساقط صفراً وهذا يرجع الى وقوع المحطة في منطقة اعلى جفافاً بالمقارنة مع المحطات الاخرى كما انها تشهد اقل كمية من الهطول مما يعني ان التبخر في هذا المكان يشهد اعلى عجزاً للمياه بالمقارنة مع باقي المحطات.

جدول (٧):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة الرمادي

محطة الرمادي / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٣،٣												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩,٤	١٠,٨	١٥,٧	٢١,٦	٢٧,٣	٣١,٦	٣٣,٩	٣٢,٣	٢٩,٢	٢٣,٩	١٥,٥	١١,٣
الرطوبة النسبية	٧١	٦٥	٥٤	٤٨	٤٠	٣٤	٣٢	٣٥	٤٠	٥١	٦٣	٦٥
التساقط المطري ملم	١٩,٩	٢٠,٣	١٥,٨	١٢,٤	٤,٢	–	–	–	٠,٥	٩،١	١٦,٥	١٧,٨
التبخر ملم	٦١,٧	٨٠,٧	١٣٧,١	٢٠٣,٢	٢٩٥,٤	٣٦٧,٢	٤٢٤,٦	٣٨٤,١	٣١٧,٢	٢١٠,٩	١٠٩,٢	٨٣
العجز او الفائض المائي	٤١,٨ –	٦٠,٤	١٢١,٣	١٩,٨	٢٩١	٣٦٧,٢	٤٢٤,٦	٣٨٤,١	٣١٦,٧	٢٠١,٨	٩٢,٧	٦٥,٢ –

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

اما في محطة بغداد فقد شهد شهر كانون الثاني كمية تساقط قدرت ٢٥،٩ ملم في حين كانت كمية التبخر ٦٢،٤ ملم لنفس الشهر وهذا يعني ان عجزاً مائياً قد حصل في هذه المحطة قدره ٣٦،٥ ملم لنفس الفترة جدول (٨)، اما شهر تموز فقد شهد عجزاً مائياً قدره ٤٩٧،٤ ملم في حين كانت كمية التبخر هي ٤٩٧،٤ ملم مما يعني ان المحطة تشهد استنزافاً للمياه نظراً لقلة كمية التساقط بالمقارنة مع كميات التبخر المرتفعة فضلاً عن ارتفاع معدلات الجفاف لمنطقة المحطة.

جدول (٨):كمية التبخر والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة ايفانوف لمحطة بغداد

محطة بغداد / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٦ / دائرة عرض ٣٣،١٤												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيرا ن	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩,٦	١٢,٢	١٦,٨	٢٣,١	٢٩	٣٢,٩	٣٥,٣	٣٤,٦	٣٠,٦	٢٤,٦	١٦,٣	١١,٣
الرطوبة النسبية	٧١	٥٩	٤٩	٤٠	٣١	٢٤	٢٤	٢٦	٣١	٤١	٥٨	٦٨
التساقط المطري ملم	٢٥,٩	١٤,٥	١٦,٩	١٥,٨	٤,٢	–	–	–	٠,١	٦,٣	٢١,٨	١٨
التبخر ملم	٦٢,٤	١٠٢,١	١٦٠,٣	٢٤٩,٨	٣٦٢,١	٤٥٨,٦	٤٩٧,٤	٤٧٣,١	٣٣٨,٩	٢٦١,٢	١٢٨,٩	٧٥,٨
العجز او الفائض المائي	٣٦,٥ –	٨٧,٦	١٤٣,٤	٢٣٤	٣٣٧,٩	٤٥٨,٦	٤٩٧,٤	٤٧٣,١	٣٨٣,٨	٢٥٤,٩	١٠٧,١	٥٧,٨ –

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

١-٢- الموازنة المائية المناخية وفق معادلة نجيب خروفة:

وهي تعديل لطريقة بلاني- كريديل وفقا للحالة الحرارية السائدة في البلد، وذلك لان معادلة بلاني- كريديل تعطي قيما مرتفعة بالنسبة لدرجة الانجماد اي انها تعطي قيما عالية للتبخر في درجات الحرارة الواطئة، وقيما واطئة نسبيا في درجات الحرارة المرتفعة، ولقد عالج الاستاذ نجيب خروفة ذلك للتوصل الى المعادلة الاتية[vii].

$$ETO = \frac{P}{3} C^{1.31}$$

EOE = التبخر النتح الكامن.

P = النسبة المئوية لعدد ساعات سطوع الشمس في الشهر بالنسبة لعددها في السنة.

C = معدل درجة الحرارة الشهرية (م).

ومن خلال الجدول (٩) الذي يمثل نتائج البيانات لمعادلة نجيب خروفة اذ ظهر هنالك تباين في نتائج المحطات المناخية لمنطقة حوض الثرثار وبفارق كبير عن معادلة ايفانوف، اذ تمثل بيانات معادلة نجيب خروفة اقرب الى الواقع ودلت النتائج على النحو الاتي:

١- سجلت محطة سنجار فائض مائي في جميع اشهر فصل الشتاء اذ سجل شهر كانون الثاني اعلى قيمة بفائض مائي بلغ نحو (٥٥,٩ ملم/سنه)، وسجل شهر كانون الاول فائض مائي بلغ بنحو (٥١,٢ ملم/سنه)، كذلك سجل شهر شباط فائض مائي وبلغ (٣٧,١ ملم/سنه)، وان هذا الفائض يذهب الى جريان سطحي ومن ثم الانسياب الى الجدول والمسيلات التي تصب في وادي الثرثار ومن ثم انسيابها نحو منخفض الثرثار، وسجل شهر اذار قيمة متعادلة صفر كون هطول الامطار والتبخر يكونان متعادلان. اما في بقية اشهر السنة فقد سجلت عجزا مائيا وبنسب متفاوتة اذا نجدها ذات عجز قليل في بداية فصل الربيع ونهاية فصل الخريف بينما تظهر اشهر الصيف عجزا مائيا كبيرا بسبب ارتفاع درجات الحرارة العالية وانعدام الهطول المطري وزيادة معدلات التبخر بشكل كبيرا جدا.

٢- سجلت محطة تلعفر فائض مائي في اشهر فصل الشتاء ايضا، اذ سجل شهر كانون الثاني فائض مائي وبلغ (٤٠,٢ ملم/سنه)، بينما سجل شهر كانون الاول قيمة بلغت (٣٢ ملم/سنه)، وسجل شهر شباط قيمة للفائض المائي وبلغت (٢٦ ملم/سنه)، اما خلال اشهر السنة الاخرى فأنها سجلت عجزا مائيا وبنسب متباينة ما بين تلك الشهور اذا انها تبلغ مستوى عالي للعجز في فصل الصيف وللأسباب المذكورة مسبقا.

٣- محطتي بيجي وتكريت سجلت فائض مائي في شهر كانون الثاني فقط وبلغ (٦,٥ و٧,١ ملم/سنه) حسب الترتيب، اما بقية شهور السنة فأنها سجلت عجزا مائي كبيرا.

٤- اما عن المحطات الاخرى سجلت عجزا مائيا كبيرا في جميع اشهر السنة وهذا يرجع الى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الرطوبة وقلة هطول الامطار وزيادة نسبة التبخر/ النتح وهذا ما يعمل على فقدان كميات كبيرة من المياه وما يجعل المنطقة معرضة الى عجزا مائي كبير.

جدول (٩) كمية التبخر/النتح والعجز والفائض المائي (ملم) حسب معادلة نجيب خروفة لمحطات منطقة الدراسة

محطة سنجار / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٦،١												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٥,٧	٨,٣	١٢,٢	١٥,٦	٢٤,٤	٣٠,٤	٣٤,١	٣٠	٢٨,٩	٢١,٤	١٢,٩	٧,٩
ساعات السطوع الشمسي	٤,٨	٥,٨	٧,١	٧,٨	٩,٥	١١,٦	١١,٧	١١,٥	١٠,٣	٨,٥	٦,٥	٤,١
التساقط المطري ملم	٧١,٥٥	٦٧,٤٠	٦٠,٩٠	٥٤,٨١	٣١,١	١,٧	–	–	٠,٣٠	٨,٢٨	٣٢,٦٧	٧٠,٦٣
التبخر ملم	١٥,٦	٣٠,٣	٦٠,٩	٩٥	٢٠٣,٣	٣٣٢,٩	٣٩٧,١	٣٢٧,١	٢٧٨,٧	١٥٤,٨	٥٩,٨	١٩,٤
العجز او الفائض المائي	٥٥,٩+	٣٧,١+	صفر	٤٠,١٩	١٧٢,٢	٣٣٠,٦	٣٩٧,١	٣٢٧,١	٢٧٨,٤	١٤٦,٥	٢٧,١–	٥١,٢+
محطة تلعفر / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٦،٢٢												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٦,٩	٨,١	١٢	١٤,٥	٢٥	٣٣,١	٣٤,٥	٣٣,٧	٣٠,٢	٢٢,٥	١٤,١	٨,٥

ساعات السطوع الشمسي	٥,٠	٥,٩	٦،٨	٧,٩	٩,١	١٢,١	١٢,٢	١١,٧	١١,١	٨,٤	٦,٣	٤,٨
التساقط المطري ملم	٦٠،٢	٥٥،٤١	٤٣،٢٠	٣٥,٧١	١٤,٥١	٢,٨١	–	–	٤,٣١	٧,٧٠	٣٥,٤٠	٤٨,٥٢
التبخر ملم	٢٠	٢٩،٤	٥٧	٨٦,٣	٢٠٣,٤	٣٩١,٧	٤١٣,٦	٣٩١	٣٢١,٣	١٦٥,٣	٦٧,٢	١٦,٥
العجز او الفائض المائي	٤٠,٢+	+٢٦	١٣,٨–	٥٠,٥	١٨٨,٨	٣٨٨,٨	٤١٣,٦	٣٩١	٣١٦,٩	١٢٧,٦	٣١,٨_	+٣٢
محطة بيجي / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٤،٥١												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٨,٩	١٠,٨	١٥,٦	٢٢,١	٢٨,٢	٣٢,٥	٣٦,٩	٣٥,٥	٣١,١	٢٤,٢	١٦,٤	١٠,٧
ساعات السطوع الشمسي	٥,٤	٦,٦	٧,٣	٨,١	٩,٦	١١,٧	١١,٣	١١,١	١٠,١	٨,٢	٦,٦	٤,٩
التساقط المطري ملم	٣٨	٣٦,٤	٢٨,٧	٢٠,٢	١٤,٣	٠,٦	–	–	١,٧	٧,١	٢٤,٦	٢٧,٨
التبخر ملم	٣١,٥	٤٩,٦	٨٧,٧	١٥٥,٧	٢٥٤	٣٧٢,٩	٤١٧,٨	٣٩٧,١	٢٩٧,٨	١٧٥,٤	٨٥,٨	٣٥,٦
العجز او الفائض المائي	٦,٥+	١٣,٢–	٥٩	١٣٥,٥	٢٣٩,٧	٣٧٢,٣	٤١٧,٨	٣٩٧,١	٢٩٦,١	١٦٨,٣	٦١,٢	−٧,٨
محطة تكريت / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٨,٢	١٠,٤	١٥,٤	٢٢,١	٢٩,٢	٣٣,٦	٣٦,٨	٣٥,٦	٣١,٧	٢٤,٦	١٥,٩	١٠,٤
ساعات السطوع الشمسي	٥,٦	٦,	٧,٦	٨,٣	٩,٦	١١,٧	١١,٤	١١,٣	١٠,٤	٨,٥	٦,٨	٥,٦
التساقط المطري ملم	٣٥,٤	٣٢,١	٢٦,٩	١٣,٦	٦,١	–	–	–	٠,٤	٨,٤	٢٥,٤	٢٦,٩
التبخر ملم	٢٨,٣	٤٧,٢	٨٩,٨	١٥٥,٧	٢٦٥,٩	٣٨٩,٥	٤٢٧,٦	٣٩٨,٦	٣١٤,٦	١٨٥,٩	٨٢,٤	٣٨,٦
العجز او الفائض المائي	٧,١+	١٥,١–	٦٢,٩	١٤٢,١	٢٥٩,٨	٣٨٩,٥	٤٢٧,٦	٣٩٨,٦	٣١٤,٢	١٧٧,٥	٥٧	١١,٧–
محطة سامراء/ المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٣												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩،٣	١١،٨	١٦،٥	٢٢،٣	٢٩،١	٣٣،٥	٣٦،٩	٣٥،٥	٣١،٦	٢٥،٦	١٦،٨	١١،٢
ساعات السطوع الشمسي	٥،٢	٦،٧	٧،٥	٨،١	٩،٦	١١،٧	١١،٢	١١،١	١٠،٢	٨،١	٦،٧	٥،٣
التساقط المطري ملم	٢٩،٥	٢٥،١	٢٢،٨	١٦،٩	٣،٧	–	–	–	٠،٢	٥،٨	٢٣،٦	٢٦،١
التبخر ملم	٣١،٥	٥٥،٧	٩٨،٣	١٥٧،٦	٢٦٧،١	٣٨٨	٤١٧،٨	٣٩٧،١	٣١٣،٣	١٨٨،٨	٨٨،٦	٤٠،٢
العجز او الفائض	٢–	٣٠،٦	٧٥،٥	١٤٠،	٢٦٣،	٣٨٨	٤١٧،	٣٩٧،	٣١٣،	١٨٣	٦٥	١٤،١

المائي				٤	٧		٨	١	١		–
محطة حديثة / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٦ / دائرة عرض ٣٣،١٤											
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٧,٦	١٠,٢	١٤,٥	٢٠,٥	٢٦,٧	٣١,٥	٣٣,٦	٣٢,٤	٢٩,١	٢٣,١	١٤,٣	٩,١
ساعات السطوع الشمسي	٥,٨	٧,٢	٧,٧	٨,٢	٩,٨	١١,٧	١١,٩	١١,٧	١٠,٢	٨,٤	٧,١	٥,٧
التساقط المطري ملم	٢٣,٤	٢٢,٨	٢٢,٩	٢٠	٧,١	–	–	–	٠,٩	٧,٣	١٨,٨	٢٠,٥
التبخر ملم	٢٧	٥٠,٢	٨٣	١٤٣,٨	٢٣٦,٥	٣٥٧,٩	٣٨٩,٥	٣٧١,٤	٢٨١,٣	١٧١,١	٧٥	٣٤,٢
العجز او الفائض المائي	٣,٦-	٢٧,٤	٦٠,١	١٢٣,٨	٢٢٩,٤	٣٥٧,٩	٣٨٩,٥	٣٧١,٤	٢٨٠,٤	١٦٣,٨	٥٦,٢	١٣,٧
محطة الرمادي / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٤ / دائرة عرض ٣٣،٣												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩,٤	١٠,٨	١٥,٧	٢١,٦	٢٧,٣	٣١,٦	٣٣,٩	٣٢,٣	٢٩,٢	٢٣,٩	١٥,٥	١١,٣
ساعات السطوع الشمسي	٥,٨	٧,٢	٧,٧	٨,٢	٩,٨	١١,٧	١١,٩	١١,٧	١٠,٢	٨,٤	٧,١	٥,٧
التساقط المطري ملم	١٩,٩	٢٠,٣	١٥,٨	١٢,٤	٤,٢	–	–	–	٠,٥	٩,١	١٦,٥	١٧,٨
التبخر ملم	٣٥,٧	٤٥,١	٩٢,١	١٥١,١	٢٤٣,٥	٣٥٩,٤	٤٠٠,١	٣٦٩,٩	٢٨٢,٥	١٧٩	٨٣,٣	٤٥,٥
العجز او الفائض المائي	١٥,٨ –	٢٤,٨	٧٦,٣	١٣٨,٧	٢٣٩,٣	٣٥٩,٤	٤٠٠,١	٣٦٩,٩	٢٨٢	٢٦٩,٩	٦٦,٨	٢٧,٧ –
محطة بغداد / المدة ١٩٨٠ – ٢٠١٦ / دائرة عرض ٣٣،١٤												
اشهر السنة	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت١	ك١
معدل درجة الحرارة	٩,٦	١٢,٢	١٦,٨	٢٣,١	٢٩	٣٢,٩	٣٥,٣	٣٤,٦	٣٠,٦	٢٤,٦	١٦,٣	١١,٣
ساعات السطوع الشمسي	٦,٣	٧,٤	٧,٨	٨,٩	١٠,١	١٢,١	١٢,٤	١١,٨	١٠,٦	٨,٧	٧,٣	٦,٢
التساقط المطري ملم	٢٥,٩	١٤,٥	١٦,٩	١٥,٨	٤,٢	–	–	–	٠,١	٦,٣	٢١,٨	١٨
التبخر ملم	٤٠,٦	٦٣,٥	١٠٤,٧	١٧٧,٣	٣٢٠,٦	٣٩١,٥	٤٣٦,٨	٤٠٤,٨	٣٠٩,٢	١٩٢,٥	٩٢,٩	٤٧,٩
العجز او الفائض المائي	١٤,٧ –	٤٩	٨٧,٨	١٦١,٥	٣١٦,٤	٣٩١,٥	٤٣٦,٨	٤٠٤,٨	٣٠٩,١	١٨٦,٢	٧١,١	٢٩,٩ –

المصدر: الهيئة العامة للانواء الجوية العراقية من ١٩٨٠ – ٢٠١٤ ، بيانات غير منشورة.

الاستنتاجات:

١- توصل البحث الى ان محطات منطقة الدراسة اظهرت اختلافاً لاحوال المناخ من منطقة لأخرى الامر الذي انعكس على الموازنة المائية بين محطة واخرى.

٢- اظهر البحث ان المحطات المناخية سجلت عجزاً مائياً خلال فصلي الصيف والشتاء.

٣- كشف البحث بأن محطة سنجار هي الاعلى استلاماً لكميات التساقط المطري كونها الاقرب الى المنطقة الجبلية.

٤- بين البحث ان محطة الرمادي هي الاكثر عجزاً مائياً من بين المحطات الاخرى كونها تقع في منطقة الاقليم الصحراوي الجاف.

٥- كشف البحث ان محطة الرمادي هي الاقل تساقطاً للامطار والاعلى في درجات الحرارة مما انعكس على حجم الموازنة المائية التي اصبحت الاكثر عجزاً.

٦- بين البحث ومن خلال تطبيق معادلتي نجيب خروفة وايفانوف ان كل المحطات تسجل عجزاً مائياً وان ظهر فرقاً بسيطاً بين المحطة الاولى والثانية.

الهوامش

[١] – عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص٢٢٢-٢٢٣.

[٢] – حلمي عبد القادر حمود، الموازنة المائية في الجزائر، مجلة معهد البحوث والدراسات العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، العدد الثامن، مطبعة جامعة القاهرة، ١٩٧٧، ص٣٣٤.

[٣] – محمد جعفر السامرائي، مشاريع الري والبزل في محافظات (ميسان وذي قار والبصرة) دراسة في جغرافية الموارد المائية، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الاداب، جامعة بغداد، ١٩٩٩، ص٢٥٩.

[iv] – علي مصطفى القيسي، هو ر الحمار، دراسة في الجغرافيا الطبيعية، اطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٩٤، ص٦٧.

[v] – سلام هاتف احمد الجبوري، الموازنة المائية المناخية لمحافظات (الموصل، وبغداد، والبصرة)، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية (ابن رشد)، جامعة بغداد، ٢٠٠٥، ص١٨٦.

[vi] – فاضل الحسني ومهدي الصحاف، اساسيات علم المناخ التطبيقي، دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠، ص٩٧.

[vii] – عدنان عودة فليح الطائي، الفرات مهد الحضارات، دار نيبور للطباعة، ط١، بغداد، ٢٠١٩، ص٢٩٦.

References

1. Helmy Abdelkader Hammoud, Water Balance in Algeria, Journal of the Institute for Arab Research and Studies, Arab Organization for Education, Culture and Science, No. 8, Cairo University Press, 1977, p. 334.
2. Salam Ahmad al-Jubouri's phone, the climate water balance for the governorates (Mosul, Baghdad, and Basra), PhD thesis (unpublished), College of Education (Ibn Rushd), University of Baghdad, 2005, p. 186.
3. Adel Saeed Al-Rawi and Qusay Abdul-Majeed Al-Samarrai, The Applied Climate, pp. 222-223.
4. Adnan Oudeh Al-Taie, Al-Furat, the Cradle of Civilizations, Nippur House for Printing, 1st Edition, Baghdad, 2019, page 296.
5. Ali Mustafa al-Qaisi, he is the donkey, a study in physical geography, doctoral thesis, College of Arts, University of Baghdad, 1994, p. 67.
6. Fadel Al-Hasani and Mahdi Al-Sahaf, Fundamentals of Applied Climate Science, Dar Al-Hikma, Baghdad, 1990, p. 97.
7. Muhammad Jaafar al-Samarrai, irrigation and drainage projects in the governorates of (Maysan, Dhi Qar and Basra), a study in the geography of water resources, a doctoral thesis (unpublished), College of Arts, University of Baghdad, 1999, p. 259.