Copyright © Open access article with CC BY-NC-ND 4.0

تقييم طريقة الانحراف التراكمي للأمطار في تغذية المياه الجوفية في منطقة سد الوند باستخدام برنامج HARTT

م.م. صابرين إسماعيل شوكه الجاف

قسم الجغرافية- كلية اللغات والعلوم الإنسانية - جامعة گەرميان

Sabrin.ismael@garmian.edu.krd

المستخلص:

نظراً لكون المياه الجوفية مصدراً أساسياً من مصادر إمداد السكان بالمياه في المناطق الواقعة في النطاق الجاف والشبه الجاف ومن ضمنها منطقة سد الوند ، وعليه فإن إستغلالها دون توفر معلومات عن كيفية تغذية الآبار واتجاه المياه على المدى البعيد يعد مشكلة بحد ذاتها ، لذلك إرتأت الباحثة لإستخدام برنامج HARTT و تطبيقها لدراسة وتحليل العلاقة بين الامطار التراكمية ومستوى المياه الجوفية لسبعة آبار في منطقة سد الوند ، وتكمن هدف البحث في معرفة مدى تأثير الامطار في تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة ومعرفة الوقت بالشهور التي تستغرقه المياه للوصول الى منسوب المياه الجوفية، ومن خلال النتائج التي توصلت اليها الدراسة تبين لنا أن هناك تأثيراً متبايناً للأمطار على مستوى المياه الجوفية للآبار اذ كانت قوية في معظم الابار وضعيفة في البعض الاخر ، أما بالنسبة الى قيمة P-value لبيان موثوقية العلاقة بين متغيري المطر والزمن ومستوى المياه الجوفية فقد كانت قوية جدا في جميع الابار باستناء بئرين بالنسبة لمتغير الزمن ، أما فيما يخص مدة التأخير بالأشهر بين تساقط الامطار وإستجابة المياه الجوفية فقد كانت بين (٠-١) شهر أي لا يوجد تأخير في وصول الامطار الى باطن الأرض ، بالنسبة الى اتجاهات مستوى مياه الابار على المدى البعيد فقد كانت بإتجاه الزيادة في معظم الابار وبإتجاه النقصان للبعض الاخر .

الكلمات المفتاحية : الأمطار ،المياه الجوفية، الإنحراف التراكمي ، سد الوند، HARTT .

Recieved: 12/8/2024
Accepted: 3/9/2024

E-ISSN: 2790525-X
P-ISSN: 27905268

المقدمة

تعد المياه الجوفية من المصادر الرئيسية في امداد السكان بالمياه في العديد من البلدان التي تقع ضمن النطاق الجاف والشبه الجاف والتي تندر فيها سقوط الامطار ومن ضمنها منطقة سد الوند، كما وتعد المياه الجوفية مصدراً مهماً في تزويد سكان المنطقة بالمياه للاستخدامات المختلفة بما في ذلك الاستخدامات المنزلية والزراعية والصناعية ، لذلك فإن المياه هي أهم وأول ما يستدعي الانتباه عند التفكير في بناء مستقبل اقتصادي في أي منطقة، وعند اجراء أي دراسة هيدرولوجية لابد من دراسة الظروف المناخية لتلك المنطقة ولاسيما الامطار وكميتها وفصلية تساقطها وتأثيرها على مستوى المياه الجوفية .

تعتمد هذه الدراسة على التحليل الاحصائي باستخدام برنامج HARTT لبيان مدى تأثير الامطار في تغذية المياه الجوفية في منطقة سد الوند والوقت التي تستغرقه المياه للوصول الى مستوى المياه الجوفية لعدد ٧ آبار جوفية خلال المدة (٢٠١٢-٢٠٢٢) ، وللوصول الى نتائج فرضية للبحث العلمي .اعتمدت الباحثة الأسس العلمية الآتية :

أهمية البحث :

تكمن أهمية البحث في التعرف على العلاقة بين الامطار وكميتها وتأثيرها في تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة والمدة التي تستغرقها الامطار في الوصول الى منسوب المياه الجوفية .

مشكلة البحث :

تتمثل مشكلة البحث في الأسئلة التالية التي أثارتها الدراسة :

١-هل للأمطار دور في تغذية بحيرة الوند ، وبالتالي تأثيرها في تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة ؟.

٢- هل هناك دور لبرنامج HARTT في تحديد مدى درجة تأثير الامطار التراكمية في منسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة ؟.

فرضية البحث :

هناك عدة فرضيات تتضمن إجابات مسبقة لمشكلة البحث، وهي كالآتي:

١-للأمطار تأثير في تغذية بحيرة الوند وبالتالي في تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

٢- لبرنامج HARTT دور كبير في تحديد مدى تأثير الامطار التراكمية في منسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

هدف البحث :

تهدف البحث الى عدة أمور منها :

١-معرفة مدى تأثير الامطار في تغذية المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

٢- معرفة الوقت بالشهور التي تستغرقه المياه للوصول الى منسوب المياه الجوفية.

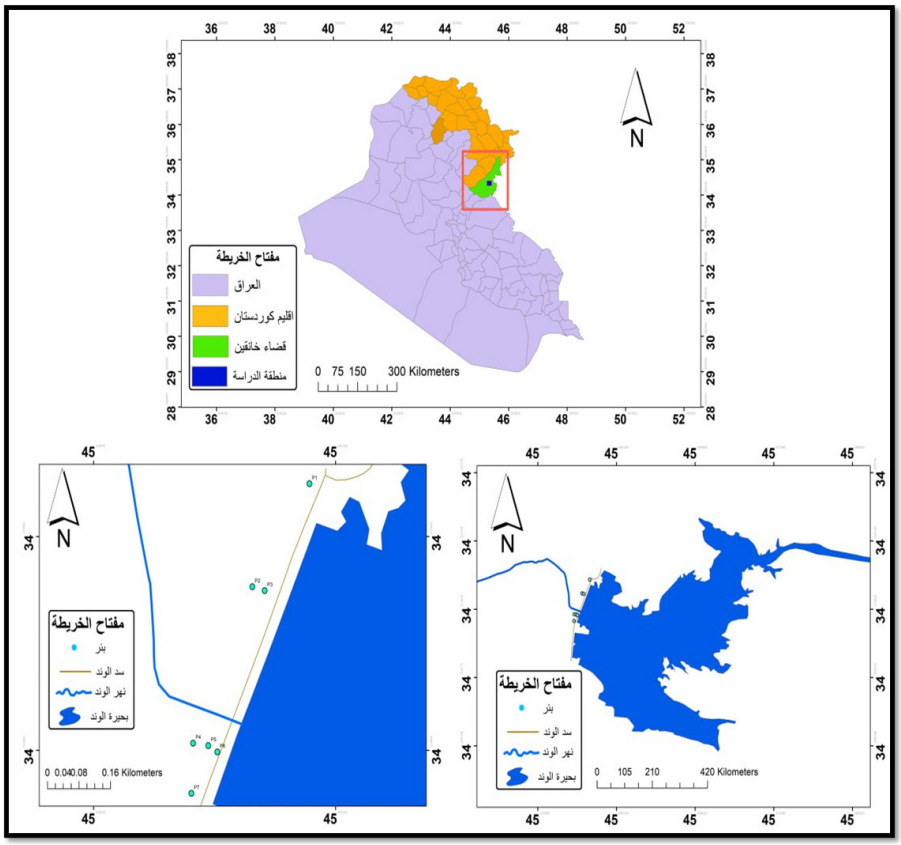
٣- معرفة الدور الذي يلعبه برنامج HARTT في تحديد مدى تأثير الامطار التراكمية في منسوب المياه الجوفية في منطقة الدراسة .

حدود البحث :

فلكياً يقع آبار منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (٣٠″:٨١′:٣٤° - ٠″:٩١′: ٣٤°) شمالاً وبين خطي طول (٠″:٢٧′:٤٥° – ٠٣″:٦٢′:٤٥°) شرقا، خريطة (١). جغرافياً يقع جميع الآبار في منطقة سد الوند الواقعة ضمن قضاء خانقين على بعد ٧ كم جنوب شرق مدينة خانقين وعلى مسافة ٦ كم من الحدود العراقية الإيرانية.

منهجية البحث :

استخدمت الباحثة المنهج التحليلي والتحليل الكمي من خلال استخدام القوانين والمعادلات الاحصائية والبيانات الخاصة بها والأسلوب الاحصائي من خلال استخدام برنامج متخصص في تحليل علاقة الأمطار بالمياه الجوفية والمتمثل ببرنامج HARTT وكذلك برنامج Arc gis لرسم الخريطة الخاصة بمواقع الآبار في منطقة الدراسة .



خريطة (١) الموقع الجغرافي للآبار الجوفية في منطقة سد الوند

المصدر: من عمل الباحثة أعتماداً على خارطة العراق الإدارية ، ٢٠٢٣ ، والمرئية الفضائية لمنطقة الدراسة (Landsat ٩) , ومخرجات برنامج (Arc Gis ١٠,٨) .

طريقة البحث :

لقد تم الحصول على البيانات الشهرية للأمطار من المحطة المناخية لمدينة خانقين للمدة (٢٠١٢-٢٠٢٢) ،ملحق(١)، وكذلك بيانات مناسيب المياه الجوفية (البيزومترية) لسبعة آبار في المنطقة المحيطة بسد الوند من المديرية العامة لمشروع سد الوند للمدة (٢٠١٣-٢٠٢٢) ،وتم تحليل البيانات احصائيا عن طريق استخدام برنامج HARTT على النحو الآتي :

١-تحليل الرسم المائي : الامطار والاتجاهات الزمنية (HARTT)

(Hydrograph Analysis : Rainfall and Time Trends)

قام Ferdowsian واخرون عام (٢٠٠١) بتقديم طريقة إحصائية جديدة لتحليل الرسم المائي تسمى (HARTT)

تعنـي (Hydrograph Analysis : Rainfall and Time Trends) تسـتند هـذه الطريقـة عـلى تقنيـة ((CDFM وتعنـي (Cumulative deviation from mean rainfall) ، حيـث تـم تطويـر الانحـراف التراكمـي عـن متوسـط سـقوط الامطـار ((CDFM مـن خـلال McCarron و Ferdowsian عـام (٢٠٠١) والـذي هـو أسـاس التحليـل المـائي وسـقوط الامطـار واتجاهـات الزمـن عـن طريـق برنامـج (CSIRO) ، (HARTT، ٢٠١٠،P٢٧).

يقصـد بالانحـراف التراكمـي عـن متوسـط سـقوط الامطـار ((CDFM : تقنيـة حسـابية بسـيطة يتـم اسـتخدامها لتقييـم سـقوط الامطـار ، وفي هـذا الأسـلوب يتـم طـرح المتوسـط عـلى المـدى البعيـد مـن قيمـة المطـر الفعليـة لـذات المـدة الزمنيـة المحـددة، ويتـم رسـم الانحرافـات بشـكل تراكمـي في رسـم تخطيطـي، انظـر ملحـق (٢)، يبـين فـترات سـقوط الامطـار فـوق المتوسـط في شـكل رسـم بيـاني يميـل الى اعـلى وفـترات سـقوط الامطـار دون المتوسـط في شـكل رسـم يميـل الى الأسـفل . وهـذا مـا يؤكـده محـاكاة نمـوذج الميـاه الجوفيـة (HARTT) ، والطريقـة المسـتخدمة في هـذا البرنامـج تقـوم عـلى نفـس التقنيـة المسـتخدمة في ((CDFM بالإضافـة الى انـه يسـتخدم تحليـل الانحـدار المتعـدد لإبعـاد تأثـير قيـم الامطـار الشـاذة عـن الاتجـاه الزمنـي للمـدة حيـز الدراسـة ، وكذلـك المـدة الفاصلـة بـين سـقوط الامطـار وتأثيرهـا عـلى مسـتوى الميـاه الجوفيـة (Yesertener ،C،٢٠٠٨،P٣) .

وتعتـبر هـذه الطريقـة قـادرة عـلى التمييـز بـين تأثـير تذبـذب سـقوط الامطـار وبـين الاتجـاه الأسـاسي لمنسـوب الميـاه الجوفيـة عـلى طـول المـدة الزمنيـة (Ferdowsianان أسـاليب تحليـل بيانـات السلاسـل الزمنيـة وغيرهـا هـي أسـاليب قـادرة عـلى شرح بعـض التبايـن الموسـمي في مسـتويات الميـاه الجوفيـة اذا هـي منتظمـة ومتكـررة ومـع ذلـك فإنهـا لا تـشرح الاختـلاف (التبايـن) بسـبب الاحـداث الشـاذة لسـقوط الامطـار او الامطـار السـنوية غـير النمطيـة والتـي هـي واضحـة في سلسـلة معظـم البيانـات (Ferdowsian et al،p.٢٠٠١b٥٤٩.) .

ان برنامـج HARTT لا يأخـذ في الاعتبـار التبخـر النتـح Evapotranspiration وهـذا العيـب يتضـح في المناطـق ذات الميـاه الجوفيـة الضحلـة ، ففـي الآبـار الضحلـة التـي اعماقهـا اقـل مـن ٥ امتـار (وهـذا لا يتواجـد في منطقـة الدراسـة) يتطلـب إضافـة المزيـد مـن المتغـيرات الى النمـوذج، لأنـه عـلى مقربـة مـن تصريـف المنطقـة وهـذا يعنـي ان معـدل التبخـر والتـدرج الهيدروليـكي يؤثـر عـلى التغـير في مسـتوى الميـاه الجوفيـة (Yohannes Yihdego.p٩٦-٩٩) . لقـد تـم التحقـق مـن كفـاءة برنامـج HARTT ، فكانـت متوافقـة مـع مخرجـات مـن نمـاذج أخـرى (I.Emelyanova،R et al،٢٠١٣،p.٣٣٦) .

لقـد تـم تطبيـق برنامـج HARTT لحسـاب تراكـم الامطـار السـنوية المتبقيـة (AARR) عـلى ٧ ابـار حسـب احداثياتهـا بمنطقـة سـد الونـد كـما في الجـدول (١)، والتـي تتغـذى عـلى ميـاه بحـيرة الونـد المعتمـدة بشـكل رئيـسي عـلى ميـاه الامطـار، وقـد كانـت بيانـات الميـاه الجوفيـة عـلى شـكل سلاسـل زمنيـة تختلـف فيـما بينهـا مـن حيـث طـول المـدة ، ويتميـز البرنامـج بالتعامـل مـع البيانـات المتباعـدة بصـورة غـير منتظمـة والقيـم المفقـودة، (Ferdowsian et al،p.٢٠٠١a٨٧٠.) (وبنـاءً عـلى موقـع محطـة امطـار مدينـة خانقـين وقربهـا نسـبياً مـن منطقـة سـد الونـد ، حيـث يمكـن للمحطـة ان تغطـي اكـثر مـن بـئر واحـدة.

٢- النموذج الرياضي لبرنامج HARTT)) -:

HARTT :- هـو نمـوذج الانحـدار الاحصـائي الـذي ينطـوي عـلى انشـاء الاتجـاه الزمنـي المقـدر في مسـتوى الميـاه الجوفيـة عـن طريـق فصـل تأثـير سـقوط الامطـار فـوق وتحـت المتوسـط . يوجـد هنـاك شـكلان مـن الامطـار التراكميـة المتبقيـة المسـتخدمة في هـذا البرنامـج وهـما :

(Ferdowsian et al،p.٢٠٠١b٨٦٣-٨٦٤.) و (Adelana Michael،٢٠١٢،p.٨٠)

*الأول منها التراكم الشهري المتبقي من مياه الامطار (AMRR)

ولحساب تراكم الانحراف عن متوسط سقوط الامطار (شهرياً)، يتم تحديد سقوط الامطار المتبقية عن طريق:

$$AMRR= \sum_{i=1}^{t} (Mij - Mj) \sum_{i=1}^{t} (Mij - Mj)$$

حيث AMRR هي : Accumulative monthly residual rainfall

AMRR = تعني تراكم الامطار الشهرية المتبقية .

Mij = سقوط الامطار في الشهر الأول من العام الاول .

Mj= متوسط سقوط الامطار الشهرية .

*الثاني هو التراكم السنوي لهطول الامطار المتبقية (AARR)

ولحساب تراكم الانحراف عن متوسط سقوط الامطار (سنوياً)، يتم تحديد سقوط الامطار المتبقية عن طريق:

$$AARR= \sum_{i=1}^{t} \left(Mi - \frac{A}{12}\right) \sum_{i=1}^{t} \left(Mi - \frac{A}{12}\right)$$

حيث AARR هي : Accumulative annual residual rainfall

AARR = تعني تراكم الامطار السنوية المتبقية .

$\bar{A}\bar{A}$= المتوسط السنوي للامطار .

Mi= قيمة الشهر لكل مدة الدراسة (لجميع الأشهر) .

ومن اجل استخلاص استنتاجات حول العلاقة بين اتجاهات المياه الجوفية ومياه الامطار يتم استخدام المعادلة الاتية:

$$Depth. = K0 + k1 * AARRt - L + k2 * t. = K0 + k1 * AARRt - L + k2 * t$$

Depth = عمق المياه الجوفية (غير المحصورة) تحت سطح الأرض .

t= الأشهر منذ بدء الملاحظات.

L= طول المدة الفاصلة بين الأشهر منذ سقوط الامطار وتأثيرها على المياه الجوفية .

K٠،K١،K٢= هي معلمات تقدر من خلال تحليل الانحدار (David Mitchell،٢٠٠٩،p.٩.).

K٠= تساوي تقريبا الى العمق الأول للمياه الجوفية (متر).

K١= تأثير اعلى او اقل من متوسط الامطار على مستوى المياه الجوفية (متر).

K٢= معدل الاتجاه من ارتفاع المياه الجوفية او انخفاضها على مر الزمن (متر) .

٣- تفسير بعض مخرجات برنامج HARTT :-

تظهر نتائج HARTT على شكل ملفين اكسل Excel، الأول خاص بالامطار فقط ، والملف الثاني يتعلق بالتحليل الاحصائي للعلاقة بين الامطار ومستويات المياه الجوفية والزمن وتمثيلها على شكل رسم منحنيات كما سيتبين من خلال نتائج الدراسة .

نعتمد في تفسير مخرجات البرنامج على قيمة مستوى الثقة (P-value) لهطول الامطار والزمن كما في الجدول(١)، وهي توضح مصداقية العلاقة بين المتغيرات ، فإذا كانت P-value أقل من ٠,٠٥ بالنسبة لجميع الابار فهي تشير الى ان هناك علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستوى المياه الجوفية وتراكم الامطار السنوية (ARR) في هذا البئر ، اما اذا كانت قيمة P-value للأمطار تجاوزت ٠,٠٥ فهذا يدل على عدم وجود علاقة مهمة بين مستوى المياه الجوفية و ARR وان هناك عوامل أخرى يرجح ان تؤثر في الرسم المائي ، وينطبق هذا ايضاً على P-value الخاصة بالزمن من حيث التأثير على

مستوى المياه الجوفية .

أما بخصوص منحنيات الرسم فإن الخط الأزرق مع علامات زرقاء يمثل قياس مستويات المياه الجوفية ، والمنحنى الأحمر هو منحنى التوافق لجميع الفترات الشهرية ، والخط الأزرق الخفيف يمثل تفسير تأثير سقوط الامطار ، اما الخط الأخضر فيفسر اتجاه ARR ، اما الخط المقطع فهو يمثل اتجاه مستوى مياه البئر.

خامساً : علاقة هطول الامطار وإعادة تغذية المياه الجوفية

إن تذبذب كمية هطول الامطار يؤدي الى تغير في تغذية المياه الجوفية ، وحيث ان المناخ المستقبلي الأكثر جفافاً -حسب العديد من الدراسات- يعني انخفاضاً في المتوسط السنوي للأمطار، مما يؤدي الى التناقص في تغذية المياه الجوفية ، وبما ان تغذية آبار منطقة الدراسة تعتمد بشكل أساسي على مياه بحيرة الوند المعتمدة بشكل رئيسي على مياه الامطار فإنها سوف تتأثر بأي تغير يحدث في المناخ . وفي بلد مثل العراق ذي المناخ الجاف وشبه الجاف تعتمد على ٩٥٪ من استهلاكها على المياه الجوفية ، فمن المحتمل ان يزداد الطلب على المياه الجوفية مع زيادة الاستهلاك ، لذلك من المهم تقييم تأثير الامطار على تغذية المياه الجوفية .

الجدول (١) والاشكال البيانية في ملحق (٢) هي من نتائج تقييم تأثير الامطار على تغذية المياه الجوفية باستخدام برنامج HARTT فقد تم تحليل بيانات ابار المياه الجوفية بمنطقة سد الوند من ٢٠١٣-٢٠٢٢ ، ويعتمد التحليل على تفسير المتغير المستقل المتمثل في الامطار والزمن وتأثيره على المتغير التابع المتمثل في المياه الجوفية ،ولأهمية كل متغير فقد تم اختباره باستخدام مستوى الدلالة P-value لمعرفة ما اذا كان متغير هطول الامطار والزمن مؤثرين أم لا في تغير منسوب المياه الجوفية ، فكلما كانت P-value أقل من ٠,٠٥ كلما كانت الأدلة اقوى لرفض الفرضية الصفرية التي لا تفترض وجود علاقة بين الذبذبات التراكمية للأمطار على المدى البعيد ومستويات المياه الجوفية . كما ان الاتجاه العام يحدد أهميته بواسطة R٢ ، فإن كانت القيمة ضعيفة فإن الارتفاع والانخفاض غير موثوق به، عادة كلما كانت R٢ قريبة من (١)،يكون النموذج اكثر دقة من حيث التوقعات ، فعندما تكون R٢ ضعيفة فهذا يدل على وجود بعض الاختلافات غير المفسرة التي قد تكون ناتجة عن معلومات أخرى مثل : التبخر ، القيم المتطرفة في قراءات منسوب المياه الجوفية ، استخراج المياه الجوفية . (W.McLean،et al،٢٠١١،p.٣٩.).

أما الوقت المستغرق بالاشهر بين هطول الامطار وتأثيرها على منسوب المياه الجوفية والذي يرمز له في المعادلة بحرف (L) – انظر النموذج الرياضي لبرنامج HARTT – عادة ما يكون الوقت المتأخر أياماً في حالة المياه الجوفية الضحلة ، ولكن يمكن ان تكون بضعة اشهر بسبب وجود التركيب الجيولوجي ، وعوامل جيومورفولوجية محددة ، واستخدام الارض .

من خلال نتائج HARTT كما في الجدول (١) لعدد (٧) آبار في منطقة الدراسة ، يمكن تقسيمها حسب قيمة R٢ على النحو الآتي :

١-قيمة R٢ المرتفعة (٠,٨٠ - ٠,٨١):

تبينت لنا من النتائج بأن هناك ٢ آبار قيمة R٢ فيها مرتفعة وهما آبار (p٤ وp٧) مما يدل على وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين تأثير سقوط الامطار والزمن على مستويات المياه الجوفية ، وقد اتضح لنا بأن قيمة P-value لمتغيري الامطار والزمن منخفضة جداً وكانت اقل من (٠,٥) مما يعني موثوقية برنامج HARTT في تقديرها للنتائج بإستثناء متغير الزمن لبئر p٧ اذ بلغ (٧,٠٢١) ولكن نظراً لإرتفاع قيمة R٢ فإن قيمة الزمن لا ينظر لها من حيث القبول او الرفض . اما بالنسبة الى مدة التأخير فقد اختلفت ما بين البئرين اذ بلغت (٠) في البئر (p٤) أي لا يوجد تأخير

بینما بلغت في البئر (p٧) (١) شهر بمعنى ان هناك شهر واحد يتأخر فيه الامطار في الوصول الى باطن الأرض .
يتبين لنا من الجدول كذلك بأن معدل الزيادة والنقصان في مستويات المياه الجوفية خلال المدة المدروسة بلغت (١,١٦٨سم ، ١,٣٢٦سم) على التوالي ، مما يدل على وجود زيادة في مستويات المياه الجوفية للآبار المذكورة خلال المدة المدروسة .

٢-قيمة R٢ المائلة الى الارتفاع (٠,٦٤ – ٠,٦٦) :

يتضح لنا من الجدول (١) بأن هناك بئرين قيمة R٢ فيها تميل الى الارتفاع وهما بئرا (p١ و p٣) مما يعني وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين متغيري المطر والزمن ومستويات المياه الجوفية . اما بالنسبة الى قيمة P-value لكل من متغيري المطر والزمن فقد بلغت (٠,٠٠) لكلا البئرين ، مما يشر الى موثوقية تأثير المطر والزمن على مستوى المياه الجوفية . أما بالنسبة الى مدة التأخير ما بين سقوط المطر واستجابة منسوب المياه الجوفية فقد كانت (١) شهر لكلا البئرين . ويتضح لنا بان مستوى المياه الجوفية في البئر الأول بلغت (٠,٢٣١ سم في السنة) أي انها اتجهت نحو الزيادة بينما بلغت (٠,٠٤٨- سم في السنة) في البئر الثالث أي انها اتجهت نحو النقصان .

٣-قيمة R٢ المنخفضة (٠,٢٥ – ٠,٣٦) :

بالنسبة الى الابار التي كانت قيم R٢ فيها منخفضة هي آبار (p٢ و p٥ وp٦)، اذ بلغت قيمها (٠,٣٦٠، ٠,٢٥٢ ، ٠,٤٧٩) ، مما يشير الى ضعف العلاقة بين تساقط الامطار واستجابة المياه الجوفية ، ويرجع سبب هذا الانخفاض الى عوامل أخرى مثل القيم المتطرفة في قراءات مستوى المياه الجوفية ، ومحيط مناطق التصريف ، والانحدار الهيدروليكي .
اما بالنسبة الى قيمة P-value لمتغير المطر فقد كانت منخفضة واقل من (٠,٥) للآبار الثلاثة بمعنى ان للمطر تأثيراً كبيراً في مستوى المياه الجوفية ولكن نظراً لأنخفاض قيمة R٢ فإن قيمة المطر لا ينظر لها من حيث القبول او الرفض والزمن فقد كانت منخفضة في بئري (p٢ و p٦) بينما في بئر (p٥) بلغت (٠,٧٧) مما يشير بأن الزمن لا يؤثر على المياه الجوفية . اما من حيث مدة التأخير فقد بلغت (٠) لبئري (p٢ و p٥) و(١) شهر للبئر (p٦) . بينما اتجهت مستوى المياه الجوفية نحو النقصان في البئر (p٢ و p٥) ونحو الزيادة في البئر (p٦) .

جـدول (١) نتائـج التحليـل الاحصـائي للعلاقـة بـين الامطـار ومسـتويات الميـاه الجوفيـة في منطقـة سـد الونـد بإسـتخدام برنامـج HARTT

Bore	Rainfall Variable	Depth(m)		Delay (months)	selected one	C	Residual Rainfall (mm)		Time (month)		period (years)	No. readings	Rate of rise (m/yr)
		Initial	Final	AARR/ AMRR			value	p	value	p			
P١	AARR	٢٠٣,٤	٢٠٧,٦١	١	٠.٦٤٩	٢٠٥,٧٩	٠,٠٠٤٧٥	٠,٠٠٨٢٢	٠,٠١٩٢٨	٠,٠٠٤٦١	٩	٤٠	٠,٢٣١
P٢	AARR	١٩٦,٣	١٩٥,٣٥	٠	٠.٣٦٠	١٩٥,٤٧	٠,٠٠٤٨٧	٠,١٧٥١١	٠,٠٠١٤٧-	٠,٢٣٦١٥	٩	٤٠	٠,٠١٨-
P٣	AARR	١٩٧,٤	١٩٥,٥١	١	٠.٦٦٦	١٩٥,٩٢	٠,٠٠٠٥٧	٠,٠٠٠٩٧١	٠,٠٠٣٩٩-	٠,٠٠٠٤٤	٩	٤٠	٠,٤٠٠-
P٤	AARR	١٨٩,٥٦	٢٠٠,٨٥	٠	٠.٨٠٤	١٩١,٨٦	٠,٠٠٣٦١	٠,٠٠٠٥٥٤	٠,٠٠٩٧٢٩	٠,٠٠٠٧٩٤	٩	٤٠	١,١٦٧
P٥	AMRR	١٩٣,٣٣	١٩٧,١١٤	٠	٠.٢٥٢	١٩٨,١٨	٠,٠٠٤٠٢	٠,١٧٦٠٨	٠,٠٠٢٨٧-	٠,٧٧٠١١	٩	٤٠	٠,٠٤٠-
P٦	AMRR	٢١٠,٣	٢٠٧,٢٤	١	٠.٤٧٩	٢٠٦,٧٨	٠,٠٠٢١٣	٠,٢٧٩٤٦	٠,٠٠٤٨٥	٠,٤٨٨٩٢	٩	٤٠	٠,٠٥٨
P٧	AMRR	١٩٢,٥٥	٢٠٥,٧٤	١	٠.٨١١	١٩٥,٣٣	٠,٠٠٦٤٤	٠,٣٢٠٩٨	٠,١١٠٤٧	٧,٠٢١٧٤	٩	٤٠	١,٣٤٦

Bore= تعني البئر .

Rainfall Variable= متغير المطر (AARR المطر السنوي التراكمي ، AMRR المطر الشهري التراكمي).

Depth(m) =العمق بالمتر Initial) تعني بداية عمق ماء البئر ، Final تعني نهاية عمق ماء البئر).

= مدة التأخير المقدرة بين سقوط المطر واستجابة المياه الجوفية بالشهر. Best Fit Delay(months)

من الواحد كان النموذج اكثر دقة من حيث التنبؤات.R٢ يقصد به تفسير تاثير متغير المطر والزمن في منسوب المياه الجوفية فكلما اقتربت for selected one R٢=

C = العمق المقدر عن طريق تحليل الانحدار ، ودائما يكون قريباً من عمق البئر الحقيقي في حالة التقدير ممتاز (قارن بين عمود C وعمود Initial).

Acc. Residual Rainfall (mm)= الامطار التراكمية بالمليمتر (value معامل المطر المقدر ، p مستوى الثقة اقل من ٠,٠٥ دائما يعني ان المتغير ذو تأثير كلما قل الرقم زادت الأهمية) .

Time (month)= الزمن بالشهر (value معامل الزمن لتقدير -/+ في مستوى المياه لجوفية بالسنتمتر في الشهر) .

Monitoring period(years) =عدد السنوات . No. readings = عدد القراءات لكل بئر . (Rate of rise(m/yr= تقدير-/+ في مستوى المياه الجوفية بالسنتمتر في السنة .

نتائج الدراسة :

من خلال تطبيق برنامج (HARTT) على (٧) آبار في منطقة سد الوند لمعرفة مدى تاثير الامطار التراكمية في مستوى المياه الجوفية توصلت الدراسة الى النتائج الآتية :

١-الامطار لها تأثير مباشر على مياه بحيرة الوند والتي بدورها تؤثر على مستويات المياه الجوفية في منطقة الدراسة ،لان من الأهداف الرئيسة لبناء السدود هو تجميع المياه السطحية وتغذية المياه الجوفية.

٢-من خلال التحليل الاحصائي بإستخدام برنامج (HARTT) اتضح لنا بأن قوة العلاقة بين مستويات المياه الجوفية و الأمطار التراكمية متباينة من بئر الى اخرى في منطقة الدراسة ، اذ كانت العلاقة قوية في معظم الآبار ومتوسطة في بعضها وضعيفة في البعض الاخر ، اذ تراوحت قيمة R٢ بين (٠,٨٠-٠,٨١) في بئرين وهما بئرا (p٤ وp٧) مما يدل على وجود علاقة ذات دلالة إحصائية قوية بين متغيري الزمن والامطار ومستوى المياه الجوفية ،وهناك بئران تراوحت قيمة R٢ فيها بين (٠,٦٤-٠,٦٦) وهما بئرا (p١ و p٣) ، بينما هناك ٣ آبار تراوحت قيمة R٢ (٠,٢٥-٠,٣٦) وهي آبار(p٢ و p٥ وp٦) بمعنى بأن هناك علاقة ذات دلالة إحصائية ضعيفة بين متغيري الامطار والزمن ومستوى المياه الجوفية.

٣-بالنسبة الى قيمة متغيري المطر والزمن فقد تم اختبارهما بإستخدام مستوى الدلالة (P-value) لمعرفة تأثيرهما على منسوب المياه الجوفية وكانت الأدلة قوية في جميع الابار بإستثناء بئرين بالنسبة الى متغير الزمن اذ كانت اكبر من (٠,٥) وهما بئرا (p٥ و p٧) .

٤-بالنسبة الى مدة التأخير مابين سقوط الامطار واستجابة المياه الجوفية فقد كانت مابين (٠-١) أي لا يوجد تأخير في وصول الامطار الى باطن الأرض لكون مكونات منطقة الدراسة حصوية مما يساعد على تسرب المياه الى باطن الأرض.

٥-أما بخصوص الاتجاه الزمنى المقدر لمستوى المياه الجوفية فقد كانت مائلة نحو الزيادة في آبار (P١،p٤،p٦،p٧) اذ تراوحت بين (٠,٠٥٨سم -١,٣٢٦سم) في حين اتجهت نحو النقصان في آبار (P٢، P٣، P٥) وتراوحت بين (-٠,٠١٨ سم _ -٠,٠٤٨ سم).

التوصيات :

١-إقامة محطات مناخية أخرى في قضاء خانقين من اجل اخذ البيانات المناخية منها وعدم الاضطرار الى اخذ بيانات المحطة المناخية لمدينة خانقين على الرغم من بعد المسافة بينها.

٢- محاولة دوائر المياه اخذ قياسات مناسيب المياه الجوفية للآبار الموجودة في قضاء خانقين من اجل إمكانية توفير فرص اكبر لعمل بحوث في هذا المجال.

٣- تشجيع الباحثين على اجراء دراسات اكبر على المياه الجوفية في المنطقة نظراً لأهميتها بالنسبة لسكان المنطقة .

هەڵسەنگاندنی شێوازی لادانێکی کەڵەکەبووی بارانبارین لە پڕکردنەوەی ئاوی ژێر زەوی لە ناوچەی بەنداوی ئەڵوەند بە بەکارهێنانی بەرنامەی HARTT

پوختە:

بە سەرنجدان بەوەی کە ئاوی ژێر زەوی سەرچاوەیەکی سەرەکی دابینکردنی ئاوە بۆ دانیشتووان لەو ناوچانەی کە لە مەودای وشک و نیمچە وشکدا هەڵکەوتوون، لەوانەش ناوچەی بەنداوی ئەڵوەند، و بەو هۆیەوە ئیستغلالکردنی بەبێ ئەوەی زانیاری لەسەر چۆنیەتی بارگاویکردنەوەی بیرەکان و ئاراستەی... ئاو لە درێژخایەندا بۆ خۆی کێشەیەکە، بۆیە تۆێژەر بڕیاریدا بەرنامەی HARTT و بەکارهێنانەکەی بەکاربهێنێت بۆ لێکۆڵینەوە و شیکردنەوەی پەیوەندی نێوان بارانبارینی کەڵەکەبوو و ئاستی ئاوی ژێر زەوی بۆ حەوت بیر لە ناوچەی بەنداوی ئەڵوەند ئامانجی توێژینەوەکە بریتییە لە زانینی ڕادەی کاریگەری باران لەسەر بارگاویکردنەوەی ئاوی ژێر زەوی لە ناوچەی لێکۆڵینەوەکە و زانینی ئەو کاتە بە چەند مانگێک کە پێویستە بۆ ئەوەی ئاو بگاتە ئاستی ئاوی ژێر زەوی، و لە ڕێگەی ئەو ئەنجامانەی کە ئەنجامی توێژینەوەکە نیشانیداین کە هەیە کاریگەرییەکی جیاوازی باران لەسەر ئاستی ئاوی ژێر زەوی بیرەکان، چونکە لە زۆربەی بیرەکاندا بەهێز بوو و لە هەندێکی تردا لاواز بوو سەبارەت بە بەهای P بۆ ئاماژەدان بە متمانەپێکراوی پەیوەندی نێوان گۆڕاوەکانی باران، کات و ئاستی ئاوی ژێر زەوی، زۆر بەهێز بوو لە هەموو بیرەکاندا جگە لە دوو بیر لە پێوەندی لەگەڵ گۆڕاوەی کات، وەک بۆ ماوەی دواکەوتن بە چەند مانگێک لە نێوان بارانبارین و وەڵامدانەوەی ئاوی ژێر زەوی، لە نێوان (٠-١) مانگ بوو. واتە هیچ دواکەوتنێک لە گەیشتن بە زەویدا نییە سەبارەت بە ڕەوتی ئاستی ئاوی بیرەکان لە درێژخایەندا، بە ئاراستەی زیادبوونی زۆربەی بیرەکان و کەمبوونەوەی بیرەکانی تر بوو.

وشەی سەرەکی: بارانبارین، ئاوی ژێر زەوی، لادانێکی کەڵەکەبوو، بەنداوی ئەلوەند، HARTT

Evaluation of the Cumulative Rainfall Deviation Method in Groundwater Recharge in the Al-Wand Dam Area

Using HARTT Program

Abstract

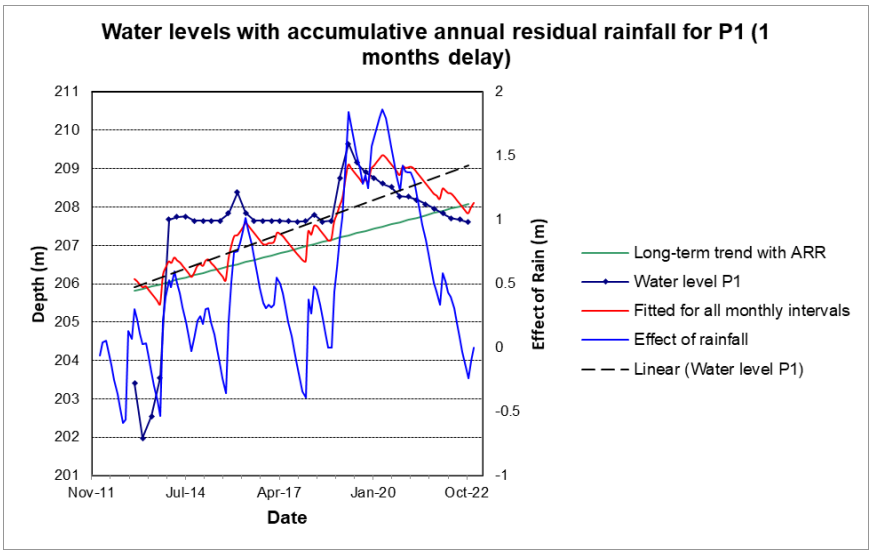
Given that groundwater is a primary source of water supply for the population in areas located in the dry and semi-dry range, including the Al-Wand Dam area, and therefore its exploitation without the availability of information on how to feed the wells and the direction of the water in the long term is a problem in itself, so the researcher decided to use the HARTT program and apply it to study and analyze the relationship between cumulative rainfall and the groundwater level for seven wells in the Al-Wand Dam area. The aim of the research is to know the extent of the impact of rain on feeding groundwater in the study area and to know the time in months that it takes for water to reach the groundwater level. Through the results reached by the study, it became clear to us that there is a different effect of rain on the groundwater level of the wells, as it was strong in most wells and weak in others. As for the P-value to show the reliability of the relationship between the variables of rain, time and level Groundwater was very strong in all wells except two wells for the time variable, as for the delay period in months between rainfall and groundwater response, it was month, i.e. there was no delay in the arrival of rain to the ground, as for the trends of the (١-٠) between water level of the wells in the long term, it was in the direction of increase in most wells and in the direction .of decrease for some others. Keywords: Rain, groundwater, cumulative deviation, Al-Wand Dam, HARTT

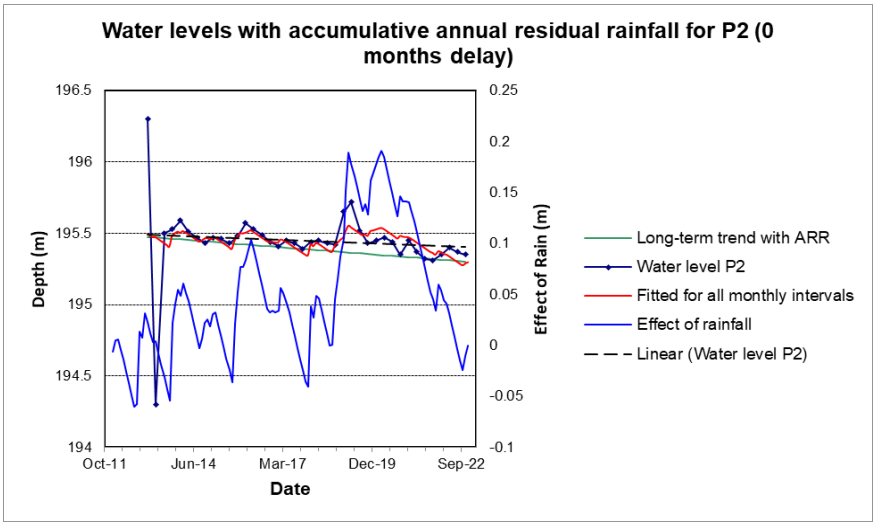
ملحق (١) محطة امطار مدينة خانقين

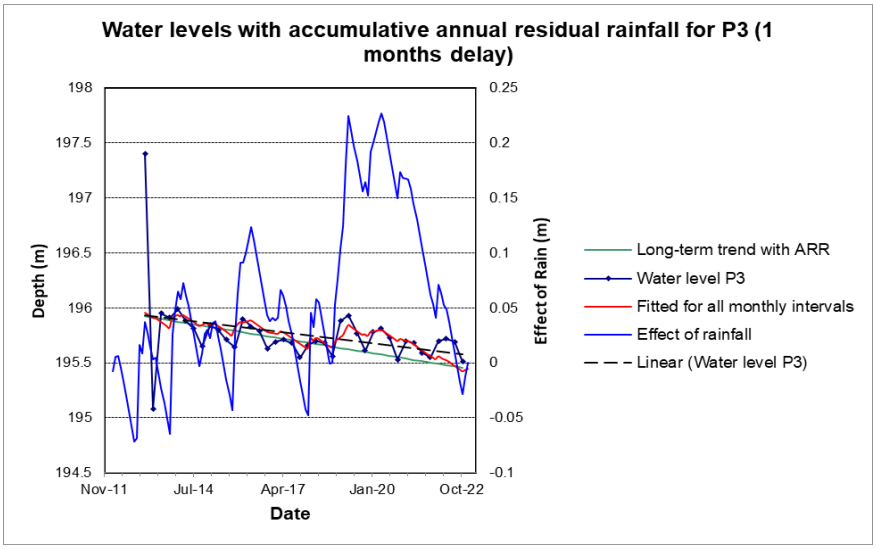
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
2012	11.3	45.9	25.6	4.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	29.8	170.4	10.8
2013	72.7	6.7	0.9	6.3	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.1	62.0
2014	52.1	12.1	49.1	3.8	8.9	0.0	0.001	0.0	0.0	43.9	54.9	31.1
2015	10.4	48.2	26.3	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	140.9	90.2	72.3
2016	24.6	38.3	44.0	44.4	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	28.3
2017	20.4	27.7	68.6	14.1	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.6	1.8
2018	14.2	185.5	0.5	68.6	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	116.0	63.8
2019	69.8	60.6	118.8	101.2	1.9	0	0	0	0	38.4	3.0	92.9
2020	38.7	40.1	39.4	37.3	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.2	14.0
2021	22.4		9.804	0.001	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	10	2.1
2022	75.9	11.2	4.8	17.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	52.4	45.2

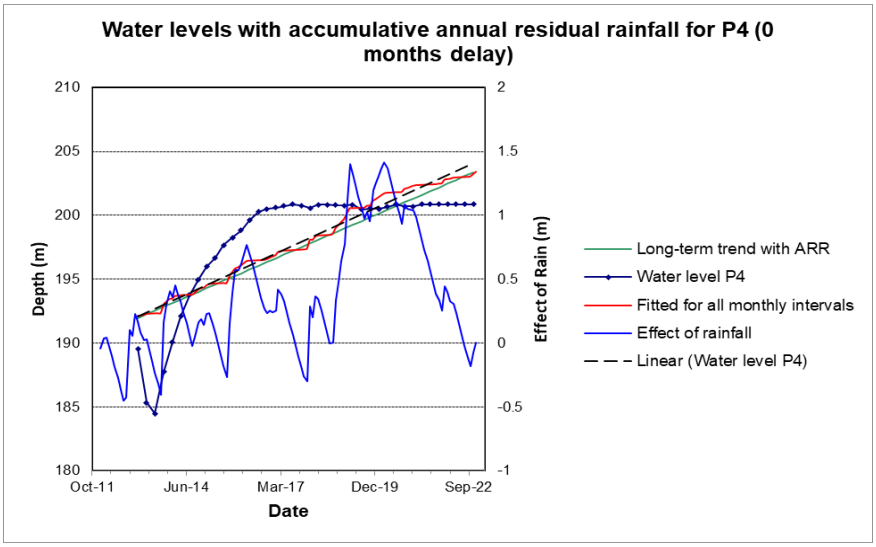
المصدر: وزارة النقل والمواصلات ،الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ،قسم المناخ ،بيانات غير منشورة.

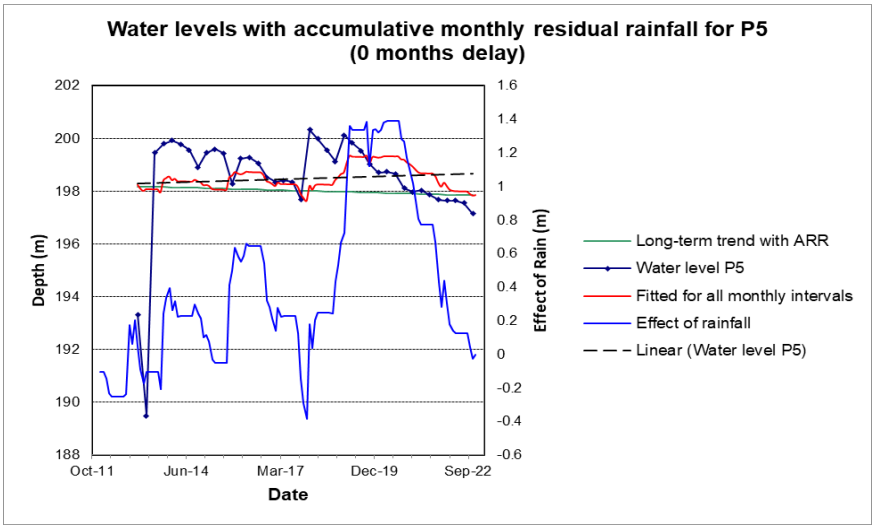
ملحق (٢) نتائج التحليلات الإحصائية لآبار مدينة خانقين بإستخدام برنامج HARTT

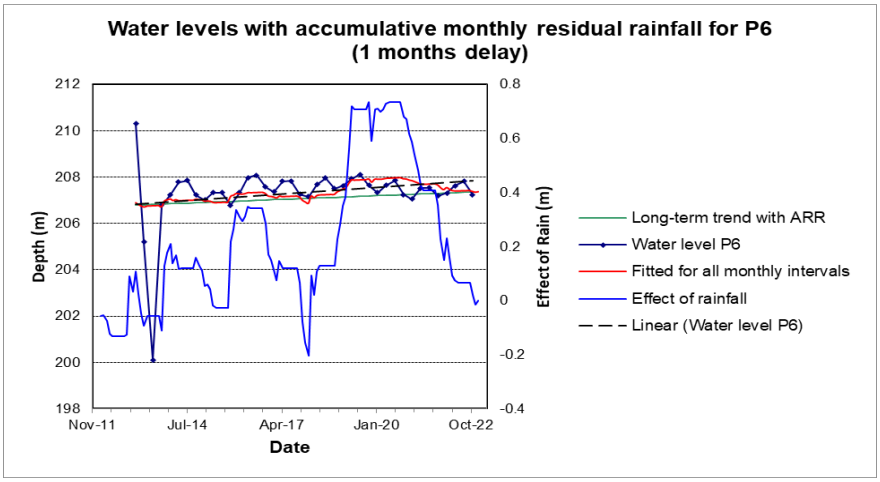


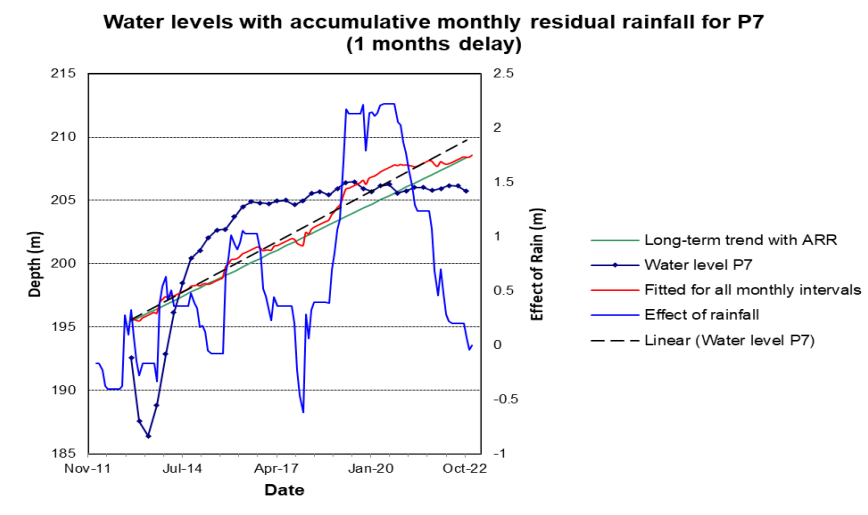





Water levels with accumulative annual residual rainfall for P4 (0 months delay)
Depth (m)
Effect of Rain (m)
Date
Oct-11
Jun-14
Mar-17
Dec-19
Sep-22
Long-term trend with ARR
Water level P4
Fitted for all monthly intervals
Effect of rainfall
Linear (Water level P4)


Water levels with accumulative monthly residual rainfall for P5 (0 months delay)
Depth (m)
Effect of Rain (m)
Date
Oct-11
Jun-14
Mar-17
Dec-19
Sep-22
Long-term trend with ARR
Water level P5
Fitted for all monthly intervals
Effect of rainfall
Linear (Water level P5)


Water levels with accumulative monthly residual rainfall for P6 (1 months delay)
Depth (m)
Effect of Rain (m)
Date
Nov-11
Jul-14
Apr-17
Jan-20
Oct-22
Long-term trend with ARR
Water level P6
Fitted for all monthly intervals
Effect of rainfall
Linear (Water level P6)



المصدر : من عمل الباحثة بإستخدام برنامج HARTT.

المصادر

اولاً : المصادر العربية :

١- وزارة النقل والمواصلات ،الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ،قسم المناخ ،بيانات غير منشورة.

٢- وزارة الموارد المائية، الهيأة العامة للسدود والخزانات ، إدارة مشروع سد الوند، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢.

ثانيا : المصادر الأجنبية :

-1CSIRO (2010) Groundwater methods used in the South-West Western Australia Sustainable Yields Project، CSIRO Water for a Healthy Country Flagship، Australia، ISSN 1835095-X.

-2 Yesertener، C. (2008) ، Assessment of the Declining Groundwater Levels in th Gnangara Groundwater Mound. Report HG14،Hydrogeological Record Series، Department of Water، Government of Western Australia، Perth، Australia.

-3Ferdowsian، R. Pannell D.J. (2009)، Explaining long-term trends in Groundwater Hydrographs، MODSIM Congress، Cairns، Australia.

-4Ferdowsian، R. Pannell D.J. (2001b)، Explaining trends in groundwater depths: distinguishing between atypical rainfall events، time trends، and the impacts of treatments. MODSIM 2001 Congress Proceedings، Canberra.

-5 Yihdego Yohannes،Webb.John A،Characterizin groundwater dynamics using Transfer Function-Noise and auto-regressive modeling in Western Victoria، Australia، Water and، Geosciance Australia، ISBN: 978-1-160 474--960.

-6 I.Emelyanova، R.et al،(2013)، Evaluating the cumulative rainfall deviation approach for projecting groundwater levels under future climate، IWA ، Journal of Water and Climate Change.

-7 Ferdowsian، R.، Pannell D.J.، McCarron، C.، Ryder A. and Crossing، L. (2001a)، Explaining Groundwater Hydrographs: Separating Atypical Rainfall Events from Time Trends. Australian Journal of Soil Research.

39، 861875-.

-8 Adelana ،Michael.(2012) ، Changes in Groundwater Level Dynamics in Aquifer Systems – Implications for Resource Management in a SemiArid Climate، Studies on Water Management Issues، ISBN: 978-953-5-961 307-.

-9 Mitchell David،(2009)، A case study of integrated hydrology research in the Macquarie Catchment: Sloanes Creek Catchment Key Site، Industry and Investment NSW Orange، NSW، Australia.