الموازنة المائية لحوض أربيل الشمالي (شمال العراق)

أيسر محمد الشماع, أروى شاذل طاقة*, مريوان أكرم حمه سعيد**

قسم علوم الارض-كلية العلوم-جامعة بغداد، العراق-بغداد.

**قسم الجيولوجي-كلية العلوم التطبيقية-جامعة ذمار, اليمن-ذمار.*

***قسم الجيولوجي-كلية العلوم-جامعة صلاح الدين, العراق-صلاح الدين.*

الملخص

يقع حوض كه بران الثانوي في الجزء الشمالي الشرقي من العراق والذي يمثل الجزء الشمالي من حوض أربيل حيث تبلغ مساحته 802كم^2 . المناخ السائد في المنطقة قاري جاف الى شبه جاف، حيث تم حساب التبخر – نتح الكامن نظريا وبثلاث طرق وهي Thornthwaite, Blany Cridle, and Kharufa حيث كان التبخر-النتح (1242.8) ملم و (1629.271) ملم و (1799.059) ملم سنويا على التوالي. الزيادة المائية المحسوبة بالطرق الثلاث كانت نسبها 30.35% و 27.49% و 27.48% على التوالي. بلغ معدل تصريف الأبار (34.26×10^6) م3 / سنة ومعدل عدد ساعات تشغيل البئر (7) ساعة / يوم لذا تكون كمية المياه المستهلكة السنوية (43.767×10^6) م3 / سنة ، ويكون الفرق في الخزين بحدود (1.573×10^6) م3 / سنة.

Abstract

Erbil northern sub-basin is located in the northeastern part of Iraq, covering an area of (802) km^2. This sub-basin is one of three sub-basins that formed Erbil hydrogeological Basin. The climate is characterized by continental dry to semi dry weather, where water surplus calculated by three different methods (i.e. Thornthwaite, Blany Cridle and Kharufa methods) gives 30.5%, 27.49% and 27.48% respectively. The obtained annual groundwater recharge was 60.55×106 m3/year, while surface runoff was 41.54 mm and soil moisture equal to 23.39mm. Basin subsurface outflow is equal to 15.21×106 m3/year so that the change in storage reaches to 1.573×106 m3/ year.

المقدمة

يقسم حوض أربيل الى ثلاثة أحواض ثانوية هي حوض أربيل الشمالي ، والوسطي ، وحوض أربيل الجنوبي. وقد تناولت هذه الدراسة حوض كه بران الثانوي (حوض أربيل الشمالي) والذي يقع في الجزء الشمالي الشرقي من العراق بين دائرتي عرض $36^{o}09^{-}$ - $36^{o}26^{-}$ شمالا ودائرتي طول $43^{o}37^{-}$ - $44^{o}13^{-}$ شرقا، وتبلغ مساحة الحوض 802 كم^2 . الصخور المنكشفة في الحوض هي صخور رسوبية المنشأ المتمثلة بتكوينات المقدادية وباي حسن وترسبات العصر الرباعي تتراوح أعماق الآبار المحفورة في منطقة الدراسة بين 207-100 متر وعددها يصل الى 500بئر منها 90 بئرا مؤشرة في شكل (1) وبياناتها مثبتة في جدول (1) ، وحركة المياه الجوفية تكون من الشرق والشمال الشرقي والجنوب الغربي بأتجاه نهر الزاب الكبير.

تهدف دراسة المناخ في الدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية الى وضع صيغة الموازنة المائية للحوض. وللمناخ دور مهم في تحديد الصفات الهيدرولوجية للحوض اذ يؤثر على العلاقة بين كمية الأمطار الساقطة والمتبخرة والمترشحة التي تسهم في تغذية المياه الجوفية. تمت الأستفادة من أطلس مناخ العراق (1989) والمعلومات المسجلة في محطة الأنواء الجوية في أربيل للفترة من (1992-2002) .تعد الأمطار والرطوبة النسبية أهم عناصر توفر المياه في الحوض في حين تعد درجات الحرارة والسطوع الشمسي وسرعة الرياح والتبخر من حوض صنف "أ" الأرضي وتبخر–نتح الكامن العناصر الأساسية لفقدان المياه (جدول 2)، ويمثل شكل (2) العلاقة بين العناصر المناخية هذه.

التبخر – نتح الكامن Potential Evapotranspiration

يعد التبخر – نتح الكامن مؤشرا مهما في الموازنة المائية ، ويعرف بأنه أقصى تبخر محتمل للسطوح المائية ويعرف أيضا بمقدار التبخر الناتج عن الأرض المشبعة بالمياه والمغطاة بغطاء نباتي كثيف. أما التبخر الحقيقي Actual evapotranspiration (AE) فهو يعرف بأنه الكمية الحقيقية للتبخر والنتح لسطح ما تحت العوامل المناخية [1] وهذا يكون أكثر قبولا في حسابات الموازنة المائية. هنالك عدة طرق لحساب التبخر – نتح الكامن نظريا.

تم أستخدام طرق Thornthwaite, Blany Cridle and Kharufa لكونها ملائمة لمناخ الحوض.

طريقة ثورنثويت(1948) Thornthwaite Method

تعتمد الطريقة على معدل درجات الحرارة الشهرية ومعدل درجات الحرارة السنوية ومعامل خط العرض، حيث يحسب التبخر–نتح الكامن من تطبيق المعادلة الأتية:

$$PE = LF\ 16\ (10t/J)^a$$

$$J = \sum_{I=1}^{12} j$$

$$j = (t/5)^{1.514}$$

$$a = (675\times10^{-9})\ J^3 - (771\times10^{-7})\ J^2 + (1.792\times10^{-2})\ J + 0.492$$

حيث ان:

PE : التبخر–نتح الكامن (ملم/شهر)

LF : عامل تصحيح أعتمادا على خطوط العرض وهو معامل عدد ساعات السطوع الشمسي (يستخرج من جداول خاصة)

t : المعدل الشهري لدرجات الحرارة (م°)

j : معامل الحرارة الشهري

J : معامل الحرارة السنوي

a : ثابت (تعتمد قيمته على معامل الحرارة السنوي) وكانت قيمته 2.3266 حسب المعلومات المناخية لمحطة أربيل

ان المجموع السنوي لقيمة PE المحسوبة بهذه الطريقة يساوي (1242.8) ملم . يبين جدول (3) قيمة PE للفترة (1992-2002) ، وشكل (3) العلاقة بين الأمطار و PE لحوض كه بران الثانوي و المحسوب بطريقة ثورنثويت.

طريقة بلاني كريدل (1972) Blany Cridle

تعتمد هذه الطريقة على درجات الحرارة الشهرية وساعات السطوع الشمسي ، والمعادلة العامة تكون كما يلي:

$$PE = KS\ (0.46t + 8.13)$$

حيث ان:

PE : مقدار التبخر–نتح الكامن الشهري (ملم)

K : عامل التصحيح ($K = 0.0311t + 0.24$)

t : المعدل الشهري لدرجات الحرارة (م°)

S : النسبة المئوية لعدد ساعات السطوع الشمسي الشهري الى عدد ساعات السطوع السنوي

يبين جدول (3) قيم PE المحسوبة بطريقة بلاني كريدل ويلاحظ ان المجموع السنوي للتبخر يساوي (1629.271) ملم اي اكثر من القيمة المحسوبة بطريقة الثورنثويت وذلك لوجود متغيرين في المعادلة بدلا من متغير واحد كما هو الحال في معادلة ثورنثويت. يبين الشكل (4) العلاقة بين الأمطار وPE لحوض كه بران الثانوي بطريقة بلاني كريدل.

كان من الصعب أستخدام معادلة بلاني كريدل المطورة (Modified) وذلك لأنها تعتمد على عامل نوعية المحصول (KP) حيث يصعب الحصول على هذه القيمة للتباين الكبير في نوعية المحاصيل الزراعية في المنطقة، والمعادلة تكون كما يلي:

$$PE = 4.55\ KP\ (t + 17.8)$$

حيث ان:

PE : مقدار التبخر–نتح الكامن الشهري (ملم)

KP : عامل نوعية المحصول

t : المعدل الشهري لدرجات الحرارة (م°)

طريقة خروفة Kharufa Method (1984)

تعتمد هذه الطريقة على درجات الحرارة والسطوع الشمسي، وهذه الطريقة ملائمة جدا لمناخ شمال العراق لكونها أعتمدت على ظروف مناخ العراق[2] . والمعادلة تكون كالآتي:

$PE / \rho = at^m$

حيث ان:

PE : التبخر–نتح الكامن الشهري (ملم)

ρ : النسبة المئوية لعدد ساعات السطوع الشمسي الشهري الى عدد ساعات السطوع الشمسي السنوي.

a : ثابت (0.33)

m : ثابت (1.31)

t : المعدل الشهري لدرجات الحرارة

وتم تبسيط المعادلة الى:

$$PE = \rho / 3t^{1.31}$$

ان المجموع السنوي لقيمة PE المحسوبة بهذه الطريقة يساوي (1799.06) ملم(جدول 3) كما ويبين الشكل (5) العلاقة بين الأمطار وPE لحوض كه بران الثانوي بطريقة خروفه.

نوع المناخ Type of Climate

يمكن تحديد نوع المناخ حسب معادلة كروموف (Khromov) المعبر عنها بالصيغة التالية:

$$K = \frac{S - 5.4 \sin L}{S} \times 100$$

حيث ان:

K : النسبة القارية

L : دائرة عرض المحطة

S : المدى الحراري السنوي المئوي

ومن خلال قيمة K يتم تحديد نوع المناخ هل هو قاري ام بحري وكالآتي:

K>50 مناخ قاري

K<50 مناخ بحري

ومن تطبيق معادلة كروموف نحصل على ما يلي:

$$K = \frac{21.72 - 5.4 \sin 36.2}{21.72} \times 100$$

$K = 88.5$

من خلال قيمة K يتبين ان نوعية المناخ قارية.

أما (Griffith, 1976) فيعتبر المناخ قاريا اذا زاد المعدل الحراري السنوي فيه عن 17 °م وقارية جدا اذا بلغ 37 °م او اكثر[3] .

أما (Mather, 1974) فقد أعتمد على العلاقة بين الأمطار والتبخر–نتح الكامن [4] حسب المعادلة الأتية:

$$Im = [(P - PE) - 1] / 100$$

حيث ان:

Im : مؤشر المناخ

PE : التبخر–نتح الكامن السنوي (ملم)

P : المعدل السنوي للساقط المطري (ملم)

يكون (Im) سالب في المناخ الجاف وموجب في المناخ الرطب. يبين جدول(4) التقسيمات المناخية بحسب Mather (1974) . عند تطبيق المعادلة على المعلومات المناخية P وPE فأن قيمة Im تكون سالبة وتشير الى المناخ القاري(Arid) في حالة أستخدام طريقة بلاني كريدل وخروفة وشبه قاري (semi arid) في حالة أستخدام طريقة ثورنثويت.

الموازنة المائية Water Balance

يعبر عن الموازنة المائية لأي حوض بالمعادلة التالية:

$$Input = Output \pm \Delta S$$

حيث ΔS يمثل الفرق في الخزين. تتمثل المياه الداخلة الى الحوض بالأمطار اما المياه الخارجة من الحوض فتتمثل بالتبخر ورطوبة التربة والجريان السطحي والجريان تحت السطحي والتصريف من الأبار.

الزيادة المائية Water Surplus

تكون هنالك زيادة مائية عندما يكون معدل سقوط الأمطار أعلى من معدلات التبخر–نتح الكامن

$WS = P - PE$ ……P >PE…… (Brickle, 1995)

حيث ان:

WS : الزيادة المائية (ملم)

P : الأمطار (ملم)

PE : التبخر – نتح الكامن (ملم)

وعند أستخدام هذه المعادلة يلاحظ ان أشهر تشرين الثاني لغاية آذار تعد فترات الزيادة المائية حيث ان P>PE (جدول 5) . يتبين من الجدول ان قيم الزيادة المائية تراوحت بين 27.18ملم في شهر تشرين الثاني و 73.21 ملم في شهر كانون الثاني عند حساب PE بطريقة ثورنثويت، و 2.067ملم في شهر تشرين الثاني و55.56ملم في كانون الثاني عند حساب PE بطريقة بلاني كريدل (جدول 6)، و 21.39ملم في شهر شباط و58.18ملم في شهر كانون الثاني عند حساب PE بطريقة خروفة (جدول7).

اما الزيادة المائية من الأمطار السنوية والتي تمثل تغذية المياه الجوفية والسيول ورطوبة التربة يمكن حسابها حسب المعادلة الأتية:

$$WS\% = WS / P \times 100$$

وفي هذه الأشهر يكون AE = PE ، ويتبين من الجداول (5,6,7) ان WS% يكون 30.35 و27.49 و27.48 على التوالي.

الزيادة المائية بأستخدام المعدل السنوي

تم أعتماد طريقة (1955) Turce في[5] والتي تعتمد على معدل سقوط الأمطار السنوي ودرجات الحرارة وذلك للحصول على التبخر–نتح الحقيقي Actual Evapotranspiration (AE) وحسب المعادلة الأتية:

$$AE = \frac{P}{[\,0.9 + (P/Lt)^2\,]^{0.5}}$$

$$Lt = 300 + 25t + 0.05\,t^3$$

$$F = [\,P / Lt\,]^2$$

حيث ان:

AE : التبخر – نتح الحقيقي (ملم)

P : المعدل السنوي للأمطار (ملم)

Lt : معامل درجات الحرارة

t : معدل درجات الحرارة السنوي

عندما يكون F<0.1……P= AE

وعندما F>0.1…...……..P>AE

وعندما يكون F>0.1 تكون هنالك زيادة مائية واذا كان F<0.1 لاتكون زيادة مائية وعند تطبيق المعادلات أعلاه على المعلومات المناخية لحوض كه بران الثانوي نلاحظ ما يأتي:

$$Lt = 300 + (25 \times 21.717) + [\,0.05 \times (21.717)^3\,]$$
$$Lt = 7327.217$$
$$F = [P/Lt]^2 = [425.83 / 7327.217]^2$$
$$F = 0.003377$$

وبما ان F<0.1 لذلك لا توجد زيادة مائية وتكون P=AE .

النقصان المائي Water Deficit

تشمل هذه الفترة الأشهر غير المطيرة حيث تعلو قيم التبخر–نتح الكامن على معدل الأمطار.

WD = PE – P ……..P<PE

حيث ان WD : النقصان المائي

وتشمل هذه الفترة الأشهر من نيسان ولغاية تشرين الأول حسب ثورنثويت وبلاني كريدل والأشهر من نيسان ولغاية تشرين الثاني بحسب خروفة كما في الجداول (5,6,7) وتكون في هذه الحالة AE=P

تغذية المياه الجوفية Groundwater Recharge

يمكن حساب تغذية المياه الجوفية بالأعتماد على كمية الأمطار الساقطة السنوية ومساحة الحوض (A) . بلغ معدل الساقط المطري السنوي للفترة من (1992-2002) 425.83 ملم وحسبت الزيادة المائية حيث بلغت 253.52 ملم و 139.928 ملم و140.427 ملم حسب ثورنثويت وبلاني كريدل و خروفه على التوالي، علما ان مساحة الحوض تبلغ 802 كم^2 . تم حساب الجريان السطحي من المعادلات الرياضية وأستخدمت المعادلة الآتية [6] لحساب كميات المياه السنوية والتي تغذي المياه الجوفية في الحوض.

$$Rn = (P - 178)\,P / 2540$$
$$= 41.54 \text{ mm}$$
$$Re = 0.87\,(P - 50)$$
$$= 75.5 \text{ mm}$$
$$Sm = 23.39 \text{ mm}$$
$$G.W.R. = A \times Re$$
$$= 802 \times 75.5 = 60.55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ year}$$

حيث: Rn : الجريان السطحي (ملم)

P : معدل الأمطار السنوي (ملم)

Re : التغذية (ملم)

Sm : رطوبة التربة (ملم)

G.W.R. : تغذية المياه الجوفية (م^3 / سنة)

A : مساحة الحوض (م^2)

اما كمية المياه الجوفية الخارجة من الحوض (Groundwater outflow) فقد تم حسابها حسب قانون دارسي وكما يلي:

$$Q = KIA$$
$$A = bL$$
$$Q = KbLI = TLI$$

حيث ان:

T : معامل الناقلية (م^2 / يوم)

L : طول خط تساوي منسوب المياه الجوفية (م)

I : الأنحدار الهيدروليكي

K : التوصيلية الهيدروليكية (م/ يوم)

b : السمك (م)

$$Q= 731\times 9500\times 0.006 = 41667\ m^3 / day$$
$$Q= 41667 \times 365 = 15.21 \times 10^6\ m^3 / year$$

كمية المياه المستهلكة Amount of Consumptive Use of Water

لغرض تقييم الأستهلاك السنوي للمياه الجوفية تم جرد جميع الأبار الموجودة والمنتشرة في منطقة الدراسة وجميعها ابار عميقة أنبوبية حيث تتراوح أعماقها بين 250-100متر. تكون كمية المياه المستهلكة السنوية ($10^6\times$ 43.767) م^3/سنة (جدول8).

اما كمية المياه المستهلكة بواسطة الأبار وكمية المياه الخارجة من الحوض فأنها تساوي :

$$43.767 \times 10^6 + 15.21 \times 10^6 = 58.977 \times 10^6\ m^3 / year$$

لذلك فان الفرق في الخزين يساوي:

$$\Delta S = (60.55 \times 10^6) - (58.977 \times 10^6)$$
$$= 1.573 \times 10^6\ m^3 /year$$

الأستنتاجات Conclusion

حسب التبخر-نتح الكامن بثلاث طرق (Thornthwaite, Blany Cridle and Kharufa) حيث كان مساويا الى 1242.8ملم و 1629.271ملم و 1799.059 ملم سنويا على التوالي. وبحسب طريقتي بلاني كريدل وخروفه فأن مناخ المنطقة من النوع القاري ، وشبه القاري بحسب طريقة ثورنثويت.

اما الزيادة المائية فهي 30.35% و27.49% و27.48% على التوالي. حسبت تغذية المياه الجوفية بالأعتماد على كمية الأمطار الساقطة السنوية ومساحة الحوض (A) ، وحسب الجريان السطحي من المعادلات الرياضية وبلغ 41.54ملم ورطوبة التربة 23.39 ملم فتكون تغذية المياه الجوفية 75.5 ملم.

لغرض تقييم الأستهلاك السنوي للمياه الجوفية تم حساب العدد الكلي للآبار وكانت 500 بئرا ومعدل التصريف للآبار (34.26$\times 10^6$) م^3 / سنة ومعدل عدد ساعات تشغيل البئر (7) ساعة / يوم حيث تكون كمية المياه المستهلكة سنويا (43.767$\times 10^6$) م^3 / سنة، ويكون الفرق في الخزين بحدود (1.573$\times 10^6$ م^3 / سنة.

جدول (1) إحداثيات لبعض الآبار لحوض أربيل الشمالي و
البحر.(TM System)

I)	Z(m.)	W.No.	X(UTM)	Y(UTM)	Z(m.a.s.l.)
6	769	46	404227	4015473	368
4	649	47	405715	4014511	393
8	626	48	409642	4014751	407
0	650	49	407588	4013822	410
7	672	50	408617	4012588	423
1	693	51	403156	4013966	374

جدول(2)العناصر المناخية لحوض أربيل الشمالي لفترة (1992-02

T C° 1992-2002	W.Sp.(m.) 1992-2002	S.Sh(hour) 1992-2002	EPAN(mm) 1992-2002
24.28	2.36	8.162	188.42
15.59	2.32	5.217	86.91

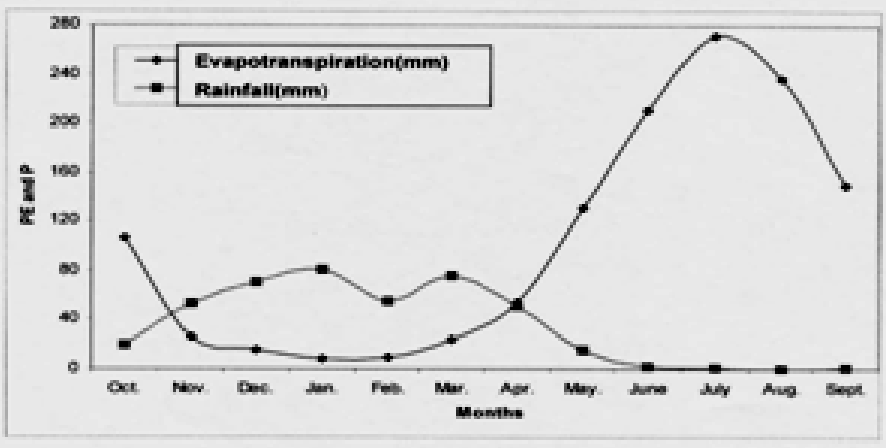
جدول (4) تقسيم المناخ حسب (974

	Im in Studied Area		
	Im PE(Thornthwaite)	Im PE(Blany Cridle)	Im PE(Kharufa)

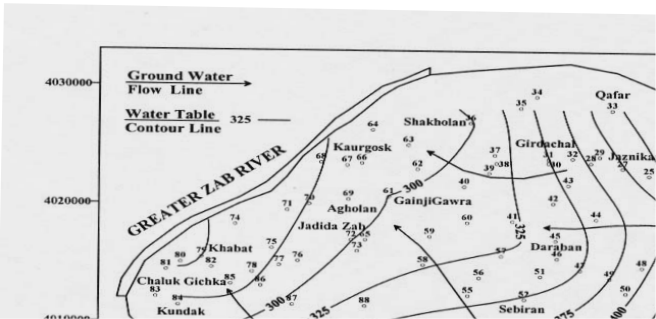
0

عند حساب PE بطريقة Blany Cridle لحوض أربيل الشمالي.

Month	P	PE	AE	WS
Oct.	19.87	156.7031	19.87	
Nov.	53.35	51.28252	51.28	2.067
Dec.	70.66	32.51923	32.52	38.14
Jan.	81.15	25.59044	25.59	55.55
Feb.	54.71	35.69879	35.70	19.01



الشكل(3) العلاقة بين الامطار وتبخر نتح- الكامن بطريقة ثورنثويت لحوض اربيل الشمالي



المصادر

1. Brickle,P., Rodriguez,V.T. & Patrida,E.G., **1998**; *The water balance for the basin of the valley of Mexico and future water consumption*. Hydrogeology, Vol.6 : 500-517.

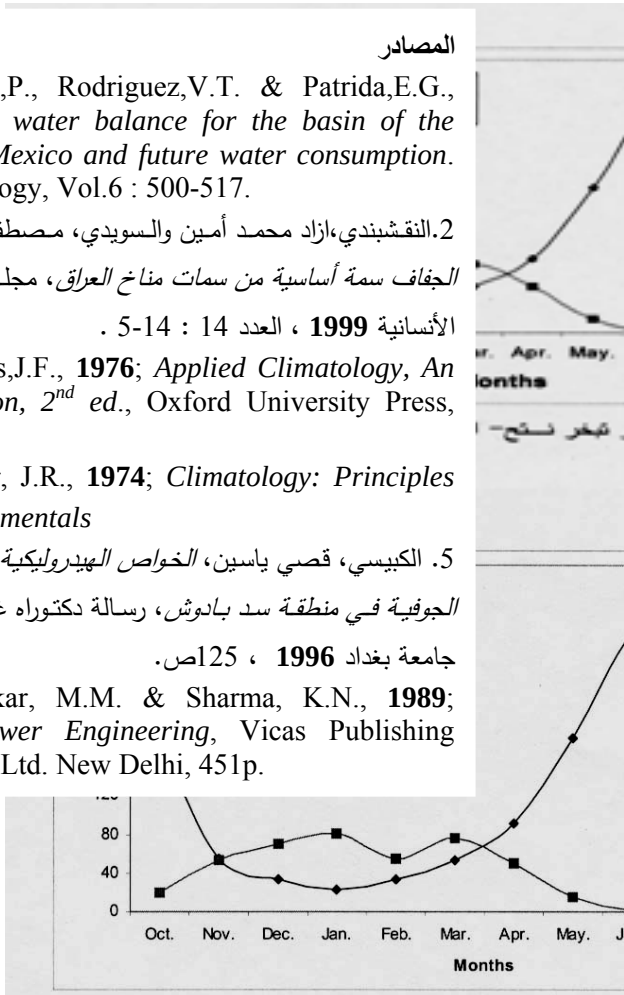
2.النقشبندي،ازاد محمد أمين والسويدي، مصطفى عبد الله، *الجفاف سمة أساسية من سمات مناخ العراق*، مجلة زانكو للعلوم الأنسانية **1999** ، العدد 14 : 5-14 .

3. Griffiths,J.F., **1976**; *Applied Climatology, An Introduction, 2nd ed*., Oxford University Press, U.K.

.4. Mather, J.R., **1974**; *Climatology: Principles and Fundamentals*

5. الكبيسي، قصي ياسين، *الخواص الهيدروليكية لمكمن المياه الجوفية في منطقة سد بادوش*، رسالة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد **1996** ، 125ص.

6. Dandekar, M.M. & Sharma, K.N., **1989**; *Water Power Engineering*, Vicas Publishing House Pvt.Ltd. New Delhi, 451p.



و تبخر نتح- الكامن بطريقة خروفه لحوض أربيل الشمالي