

استخدام تقنيات حصاد مياه الضباب لتنمية موارد المياه

في مديرتي كسمة والجبين - محافظة ريمة

أمين يحيى محمد راجح

مدير عام المركز الوطني للتدريب الزراعي - الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي

الملخص:

نفذت تقنية حصاد مياه الضباب في محافظة ريمة 2011/2010م، في مديرتي كسمة والجبين، كون هذه المناطق تعاني من شح المياه في موسم الشتاء. الهدف من تطبيق هذه التقنية هو مساعدة المجتمع على هذه تبني التقنية لتوفير مياه الشرب. بعد تركيب 4 وحدات حصاد مياه الضباب، بواقع وحدتين لكل مديرية، أخذت نتائج الحصاد لمياه الضباب يومياً من كل وحدة حصاد ولمدة 3 أشهر (يناير - فبراير - مارس) لعام 2011م. كانت كمية المياه في مديرية كسمة في شهر يناير 420 لتراً/ شهر، بمعدل 14 لتراً/ يوم. وتقل تدريجياً في شهري فبراير ومارس، بينما في الجبين كانت أقل كمية للمياه الحاصل عليها 315 لتراً/ شهر، أي بمعدل 10 لتر/ يوم. وتقل الكمية تدريجياً في شهري فبراير ومارس، نتيجة قلة كثافة الضباب ونسبة الرطوبة في هذه الفترة بهذه المنطقة. ومن خلال نتائج هذه الدراسة نوصي بأن تُنفذ هذه التقنية في أكبر مساحة لكي يستفيد أكبر عدد من المجتمع بهذه المناطق.

الكلمات المفتاحية: المياه - الضباب - حصاد مياه الضباب - ريمة.

The Use of Fog Water Harvesting Techniques for Water Resources Development in Kusma and Algabim Districts - Raymah Governorate

Ameen Yahya Mohammed Rageh

Researcher in Environment and Water - Director of the National Agricultural Training Center (NATC) -Agricultural Research and Extension Authority (AREA).

Abstract:

Fog water collection technique has been conducted in Raymah governorate/ Yemen during 2010/2011 winter season. Two districts, Kusma and Algabim were chosen because they suffer from water shortage during winter. The aim of this study was to help local society to adopt the technology to save drinking water. After installing 4 units for harvesting fog water, at the rate of two units for each district. Water collection was monitored over a period of three months (January-March, 2011). The largest quantity of water was collected in Kusma district with an average of 14 liter/day (~420 liter/month). Less water was collected during February and March. In Algabim district, 10 liter/day (315 liter/month) was collected. Larger quantities of water were collected during January compared to February and March due to reduced Fog. Based on the results obtained by this study, we recommend to apply the Fog Fence technique on a larger area for the profit of more people in this region.

Keywords: Water - Fog - Fog Water Harvest – Raymah.

المقدمة

و 100 ملم/سنة في المناطق الساحلية، وأقل من 50 ملم/سنة في المحافظات الشرقية. المرتفعات الجبلية والتي بالطبع تكثر فيها الأنشطة الزراعية المطرية والمروية فإن فجوة الاحتياج من المياه في المرتفعات الجبلية قد توسعت خلال السنوات الماضية. وتقدر كميات مياه الأمطار الهائلة على جميع الأراضي العربية بحوالي 2300 مليار متر مكعب سنويًا (أكساد، 1988م، ص: 114)، منها حوالي 83 مليار متر مكعب نسبة الهطول السنوي على اليمن سنويًا. تعتبر اليمن

تعاني الكثير من مناطق المحافظات الشمالية والشمالية الغربية من شح مصادر المياه، ولكنها تعتمد على مياه الأمطار السنوية، وتعتمد أيضاً على مياه الأمطار المخزونة بين حبيبات التربة عبر السنين. وهذه مياه جوفية متجددة فتكون شحيحة عندما تتحبس وتقل الأمطار، ويزداد منسوبها بزيادة هطول الأمطار. يتراوح معدل كمية الأمطار المتساقطة على اليمن سنويًا ما بين 400 و 600 ملم/سنة في المرتفعات الجبلية (الخرساني، 2014م، ص 24)، وما بين 50

إنّ الضباب عبارة عن سحب منخفض يُلامس سطح الأرض، ويكثر في المناطق الجبلية المرتفعة الباردة، وفيها نسبة الرطوبة عالية.

أنواع الضباب:

عادة ما يشار إلى ضباب بأنه كثيف أو متوسط أو خفيف وفقاً لمدى الرؤية المتاحة عند تواجده. ففي الضباب الكثيف يتراوح مجال وضوح الرؤية من العدم إلى حوالي واحد كيلو متر، فوق هذا المجال وحتى مدى الخمسة كيلومترات يكون الضباب متوسط الكثافة. أما مجال وضوح الرؤية في حالة الضباب الخفيف فهو من 5 كيلو مترات إلى 11 كيلو متراً (المسيوني، 2020م). حصاد مياه الضباب للحياة في مواجهة الجفاف، (www.syr-res.com/amp).

هناك سبعة أنواع للضباب، سُميت أربعة منها بناءً على مكان تشكّل الضباب والطريقة التي يتشكّل بها، وهي: ضباب الإشعاع، ضباب البحر، ضباب البخار، وضباب التآفق أو ذو الانتقال الأفقي" (Werner, 2008, p. 28). في حين أنّ الأنواع الثلاثة الأخرى قد سُميت بناءً على جغرافيا المكان، بغض النظر عن أين تشكّل الضباب، وكيف تشكّل، وهي: ضباب السّاحل، ضباب الوادي، وضباب الجبل (الشكل:

من أشدّ الدول فقراً بالمياه، حيث يبلغ نصيب الفرد اليمنيّ من المياه من أدنى المستويات عالمياً، حيث انخفضت حصّة الفرد من 205 متر مكعب عام 2005م إلى 177 متراً مكعباً عام 2010م، ويتوقّع انخفاضه إلى 120 متراً مكعباً عام 2025م (الموارد المائية، 2010م، ص 32). لذلك فإنّ اليمن بحاجة إلى كلّ قطرة مياه كونه يقع بالمناطق الجافة وشبه الجافة (حزام، 2001م، ص: 177). وحصاد الضباب عبارة عن اصطياح قطرات المياه العالقة بالهواء عند وجود رطوبة مناسبة في الموسم الشتويّ، وتجميعها لاستخدامها كمصدر لمياه الشرب وأيضاً للزراعة. وتستخدم المياه المجمّعة من حصاد الضباب في أغراض الشرب والرّي في العديد من البلدان، إلا أنّ هذه التقنية لا زالت في بدايتها وتحتاج إلى التشجيع والحثّ على انتشارها في مناطق اليمن المناسبة (محرم، 2003م، ص 18).

تعريف الضباب:

الضباب عبارة عن قطرات صغيرة سحابية (المقصود بسحابية أنها عالية) معلقة في الهواء، تُخفّض من مجال الرؤية المتاح، وذات حجم أقلّ من 200 ميكرون. ومن حيث المبدأ يمكن القول

(1). حين يتجاوز 50 ميكروناً في حالة الضباب.

الإشعاعي الكثيف (Mussie, 2014, p. 49).

5. ضباب الساحل (Coastal fog): هو عبارة

عن ضباب ذي حركة أفقية، يتشكل في السواحل

عندما يكون سطح اليابسة أدفاً من سطح الماء

الملاقي له؛ إذ تنقل الرياح الأفقية ضباب البحر

الكثيف إلى المناطق القريبة من الشاطئ.

6. و7. ضباب الوادي (Valley fog)، وضباب

الجبل (Mountain fog): إن ضباب الوادي

هو ضباب إشعاعي يتشكل في الواديان بين

الجبال، أما ضباب الجبل فهو سحب يتحرك

على ارتفاع معين فوق الأرض ليلا مس سفوح

الجبال، (Bruijnzeel, et al., 2006, p. 139).

1. الضباب الإشعاعي (Radiation fog): نجد

هذا النوع بكثرة في المناطق التي يتراكم فيها

الهواء البارد ليلاً، أو فترات طويلة في فصل

الشتاء.

2. و3. ضباب البحر (Sea fog)، وضباب

البخار (Steam fog): يلاحظ هذان النوعان في

المحيطات المفتوحة، مع فرق مميز بينهما، هو

أن ضباب البحر يتشكل نتيجة تبريد الهواء

الرطب فوق سطح المحيط البارد، في حين أن

ضباب البخار يتشكل نتيجة التقاء الهواء غير

المشبع ببخار الماء مع سطح الماء الدافئ.

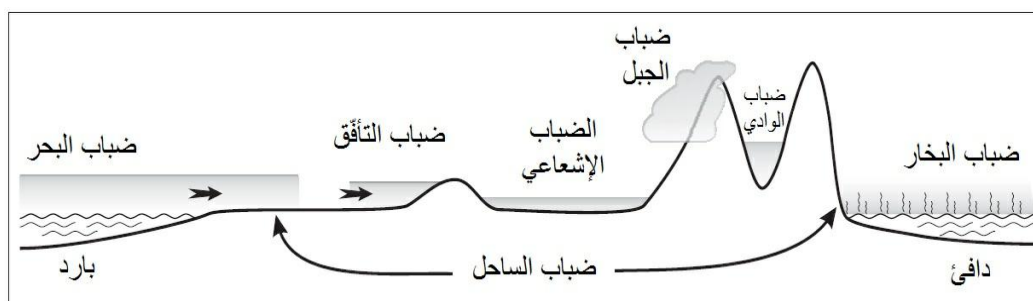
4. ضباب التآفق (ذو الحركة الأفقية)

(Advection fog): يتطلب تشكل هذا الضباب

رياحاً ثابتة الاتجاه، تدفع طبقة الضباب المتشكلة

فوق موقع معين. يتراوح حجم قطرات الماء

لضباب التآفق في المجال (1-30) ميكرون، في



الشكل (1): أنواع الضباب وفقاً لتقسيم (Bruijnzeel).

مشكلة البحث:

إنّ جدوى الحصول على مياه الضّباب على الرّغم من قلّتها، يكمن في أنّ عديداً من المناطق الجافّة في العالم يندر فيها وجود الماء العذب، وفي هذه الحالة تكون مشاريع حصاد مياه الضّباب هي الحلّ الأمثل، لا سيّما في المناطق الجافّة وشبه الجافّة. ومع تفاقم أزمات المياه في المنطقة اليمنية، وزيادة الطلب عليها، يدعونا الواجب كباحثين الاتجاه إلى التنقيب عن تطبيق تقنيات لحصاد المياه، ومنها تقنية حصاد مياه الضباب، كي يستفيد منها المجتمع في مثل هذه المناطق؛ لذلك هناك الكثير من البدائل، سيكون في توظيفها وتطويرها ضمان لتعظيم الأمن المائيّ (أبو علي، 2010م، ص: 77). جاءت فكرة حصاد الضّباب في مناطق ريمة نتيجة شحّ المياه وتلوّثها؛ حيث إنّ منطقتي كسمة والجبين في محافظة ريمة من أكثر المناطق شحاً في المياه، خاصّة مياه الشّرب. إذ يعتمد الأهالي على مياه البرك المغلقة والبرك المفتوحة، والقليل جداً من الغيول التي تجفّ مع مطلع الشتاء. لذلك كانت لفكرة حصاد الضّباب أهميّة كبيرة لتوفير مياه الشّرب لتلك القرى المرتفعة، والحصول على مياه نقيّة، خاصّة في فصل الشتاء الذي

تتعاظم فيه كمّيّات الضّباب.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

- حصاد مياه الضّباب بالمرتفعات الجبلية في بعض المناطق بمحافظة ريمة التي تتميّز بكثافة الضّباب في الموسم الشتوي.
- تطبيق تقنيات حصاد مياه الضباب وتوظيفها، لتحقيق أقصى حدّ ممكن من الاستفادة.
- تقييم نوعيّة المياه الناتجة من تقنية الحصاد ومقارنتها بالمعايير المحليّة الخاصّة بمياه الشّرب.
- تقييم الممارسات المحليّة الموروثة لدى المجتمعات المحليّة في منطقة الدراسة.

الموقع الجغرافي:

تقع محافظة ريمة في الجزء الغربيّ من اليمن ضمن المرتفعات الغربية، وسط غرب سلسلة جبال اليمن الغربية المواجهة للبحر الأحمر. وتبلغ مساحتها الكلية: 163,057,7 هكتار (1900 كم²)، (مروان، 2021م). وتتكوّن من ستّ مديريّات هي: كسمة، الجبين، الجعفرية،

ج- النطاق المعتدل/ البارد: وهو ما يزيد ارتفاعه عن (2500م) عن سطح البحر، ويشمل معظم القمم الجبلية، بما فيها مراكز مديرتي كسمة والجبين. وتصل درجات الحرارة بين (5-15). وتهبط في الشتاء إلى الصفر وما تحت الصفر. المناخ في الموقعين المختارين (كسمة والجبين) يُصنّف ضمن النطاق الثالث (مثنى، 2016م، ص 29)، الشكل (2)، خريطة النطاق المناخي للمديرتين اللتين تمّ تنفيذ الدراسة فيهما.

2. كمية الأمطار: متوسط الأمطار عموماً في النطاق الحارّ/ الدافئ يتراوح ما بين (300-600 مم/ سنة)، وبعد ارتفاع (1500م) تصل إلى (800 مم/ سنة). وهو المعدل السائد في منطقتي كسمة والجبين تقريباً.

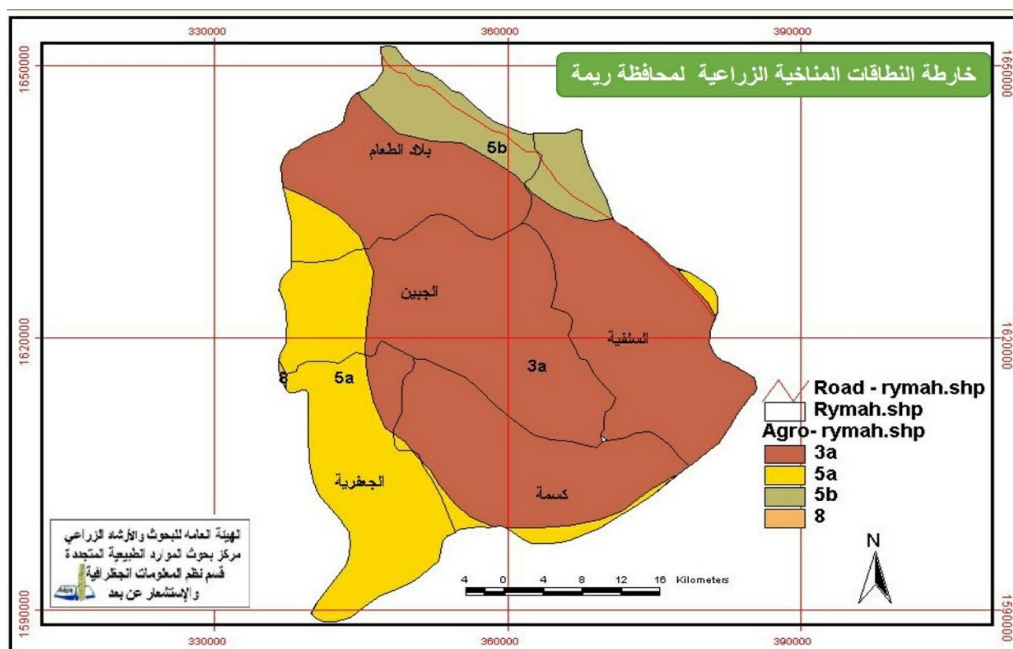
3. الرطوبة النسبية: في فترة تواجد الضباب في الثلاثة الأشهر (يناير، فبراير، ومارس) تكون نسبة الرطوبة في مديرتي كسمة (70، 64، 50)، أما في مديرتي الجبين فهي (60، 54، 50) في الثلاثة الأشهر المذكورة حسب الترتيب.

مزهر، السلفية، وبلاد الطعام. وهي من أكثر المناطق ازدحاماً، خصوصاً في النطاق الواقع بين (2400-2700 متر)، كما تصل في القمة إلى (2950 متر) عند جبل برد (كسمة) (المركز الوطني للمعلومات، 2013م).

الظروف المناخية:

هناك جملة من السمات المناخية التي تتميز بها محافظة ريمة عن غيرها من المحافظات اليمنية المجاورة. فإنّ إطلال جبال ريمة على سهل تهامة والبحر الأحمر غرباً، ووجود عدد من الوديان والسفوح والتضاريس والمروج الخضراء قد ساعدها على وجود مناخ محليّ متميز يتّصف بالمزايا والخصائص الآتية:

1. التنوع في درجة الحرارة؛ حيث يمكن تقسيمها إلى ثلاثة نطاقات مناخية، وهي:
 - أ- النطاق الحارّ/ الدافئ: ويشمل المناطق الواقعة بين ارتفاع (400م - 1500م) عن سطح البحر.
 - ب- النطاق الدافئ/ المعتدل: ويشمل المناطق الواقعة بين (1500م - 2500م). وهو أكثر النطاقات سكناً وسكناً، ولا يشعر ساكنوه بوطأة الحرّ والبرد. ويصل معدل درجة الحرارة بين (15-20).



الشكل (2): خريطة النطاق المناخي لمحافظة ريمة وللمواقع المختارة.

منهجية البحث:

منهجية البحث تتضمن عدة إجراءات، كما يلي:

1- جمع البيانات:

- جمع البيانات الأولية للمناطق المستهدفة (دراسات سابقة - تقارير).
- بيانات عن المناخ والأمطار والتضاريس ودرجة الحرارة والرطوبة.
- خرائط (مناخية - هيدرولوجية - تضاريس).

2- العمل الميداني:

- تحديد المناطق المناسبة لتنفيذ تقنية حصاد مياه الضباب، وطرح الفكرة على المجتمع المحلي لتسهيل مهمة الباحث وتبني التقنية مستقبلاً.

- تحديد المواقع في كل مديرية وبواقع 2 وحدات/مديرية.

3- العمل المخبري:

- جمع عينات مياه الحصاد وإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

مواد وطرق البحث:

– آلة حصاد مياه الضباب:

هي عبارة عن شبكات بسيطة مستطيلة الشكل مصنوعة من مادة النايلون أو البوليثلين الآمن غذائياً (Klemm, 2012, p. 185)، الشكل (3).



الشكل (3): أنواع النسيج المستخدمة في شبكات حصاد مياه الضباب.

– مكونات وحدة الحصاد:

1. الشبّك المستخدم في المشاتل، وصفائح من المعدن.
2. قطع بلاستيكية شفافة كلّها بأحجام 1م². وتمّ وضعها على حوامل خشبية ومعدنية على ارتفاع 1م، و1.5م عن سطح الأرض. وتمّ ربطها بمواسير مياه بلاستيكية أمكن من قصّها طولياً لتشكل ميزاباً أو قناة مائلة لتجمّع المياه. وفي نهاية الأنبوب تمّ تثبيت
3. وعاء بلاستيكيّ أو معدنيّ لجمع المياه (الشكل: 4).



الشكل (4): خطوات تجميع وتركيب وحدة حصاد مياه الضباب.

حصادها خلال فترة (3) شهور (يناير، فبراير، مارس) لبعض وحدات الحصاد بلغ: 420، 375، 260 لترا/ شهر، من وحدة واحدة في الموقع الأول بكسمة جبل برد، في حين تمّ الحصول على 405، 387، 245 لترا/ شهر من الوحدة الأخرى بالموقع الثاني بمديرية كسمة. أيضاً كانت كمية المياه الحاصل عليها من وحدتي مديرية الجبين هي: 315، 270، 180 لترا/ شهر بالموقع الأول، والموقع الثاني: 275،

النتائج والمناقشة:

تمّ حصاد قرابة أكثر من 30 لتراً، و25 لتراً خلال 10 ساعات في موقعي كسمة، مع أنّ الوحدات الأخرى في الجبين في نفس اليوم ونفس الوقت 10 ساعات قد تفاوتت بين 20 و18 لتراً؛ وذلك يرجع إلى عدد من الأسباب: المكان، والارتفاع، واتجاه الضباب، والسبب الرئيسي هو كثافته في هذه الفترة بموقعي كسمة. ويمكننا أن نقول بأنّ إجمالي كمية المياه التي تمّ

وصل أكبر معدل للمياه الحاصل عليها بمتوسط 14 لترا لليوم في الموقع الأول في مديرية كسمة، وأقل كمية هي حوالي 4 لترات لليوم في الموقع الثاني في شهر مارس بمديرية الجبين، كما هي موضحة في الجدول (1)، والشكل (5). لذلك يظهر أن النتائج تعطي إشارة للتوسع في وحدات حصاد مياه الضباب بشكل أكبر نتيجة لكفاءة المردود اليومي الذي تجاوز الـ 5 لترات لليوم الواحد لكل متر مربع من وحدة حصاد مياه الضباب.

256، 135 لترا/ شهر في ثلاثة شهور، بالترتيب (يناير - فبراير - مارس). وتم تفسير هذه النتيجة بقلّة كثافة الضباب في هذين الموقعين، وانخفاض نسبة الرطوبة. ومن خلال ذلك اتضح أن فتره تكوّن الضباب بشكل كبير في شهر يناير كانت أكثر كمية لتجميع المياه؛ وذلك نتيجة كثافة الضباب، وزيادة الرطوبة النسبية خلال هذه الفترة. وأيضاً لهذه الأسباب التي تم ذكرها كانت مديرية كسمة أكثر حصاداً لمياه الضباب، ثم الجبين. وهذا المؤشر يبيّن أن الموقعين يعتبران مطابقين وبكفاءة جيّدة، حيث

الجدول (1): كميات المياه الحاصل عليها للموقعين شهرياً (لتر/شهر)، ويومياً (لتر/يوم).

كميات حصاد مياه الضباب بالشهر واليوم						اسم الموقع	
مارس		فبراير		يناير			
لتر/يوم	لتر/شهر	لتر/يوم	لتر/شهر	لتر/يوم	لتر/شهر		
8	260	12	375	14	420	1	كسمة
8	245	13	387	13	405	2	
6	180	9	270	10	315	1	الجبين
4	135	8	256	9	275	2	

الجدول (2): تحليل كمية المياه المجمعة في اليوم (لتر/يوم).

متوسط المناطق	مارس	فبراير	يناير	
11.33	8.00	12.50	13.50	كسمة
7.67	5.00	8.50	9.50	الجبين
	6.50	10.50	11.50	متوسط الفترة
	التداخل بين المديريات	بين الفترات 1.327	بين المديريات 1.084	Lsd

	والفترات 1.877			
			7.7	C.V%

بفارق معنوي عن متوسط شهر مارس والذي سجل متوسط 6.5 لتر في اليوم، بينما لم يسجل فارق معنوي بين متوسط كمية المياه المتجمعة في شهر يناير وفبراير والذي سجل متوسط كمية مياه 10.5 لتر في اليوم. ويعود السبب في ذلك إلى أن كمية الكثافة الضبابية وسرعة حركة الرياح في شهري يناير وفبراير أكثر مما هي عليه في شهر مارس.

تأثير التدخل:

أظهرت النتائج وجود فارق معنوي لحاصل التداخل بين الفترات والمواقع على متوسط كمية المياه المتجمعة في اليوم، حيث سجلت أعلى كمية مياه متجمعة في مديرية كسمة في شهر يناير بلغ 13.5 لتر بفارق معنوي عن أقل متوسط كمية مياه متجمعة في مديرية الجبين في شهر مارس والتي بلغت 6.5 لتر في اليوم.

الجدول (3): تحليل كمية مياه الضباب المتجمعة في الشهر (لتر/ شهر).

الموقع	يناير	فبراير	مارس	متوسط المناطق
كسمة	412.5	381.0	252.5	348.7
الجبين	345.0	263.0	157.5	255.2
متوسط الفترة	378.8	322.0	205.0	
Lsd	للمدريات 37.45	الفترات 45.86	التداخل 64.86	
C.V%	8.4			

تأثير المواقع:

تم استخدام برنامج GenStat عند التحليل الإحصائي حيث أظهرت النتائج في الجدول (2) وجود فارق معنوي بين المديرية في كمية المياه المتجمعة في اليوم، حيث سجلت متوسط كمية المياه المتجمعة في كسمة متوسط 11.33 لتراً في اليوم، بفارق معنوي عن متوسط مديرية الجبين التي سجلت 7.67 لتراً في اليوم، وهذا راجع إلى أن الظروف البيئية المناسبة نتيجة كثافة الضباب في مديرية كسمة أكثر ملائمة منها في مديرية الجبين.

تأثير الفترات:

بيّنت النتائج في الجدول (2) وجود فارق معنوي عالٍ بين الفترات في متوسط كمية المياه المتجمعة خلال اليوم، حيث سجل شهر يناير متوسط كمية مياه بلغت 11.5 لتر في اليوم،

تأثير المواقع:

وفبراير والذي سجل متوسط كمية مياه 322.0 لتر في الشهر.

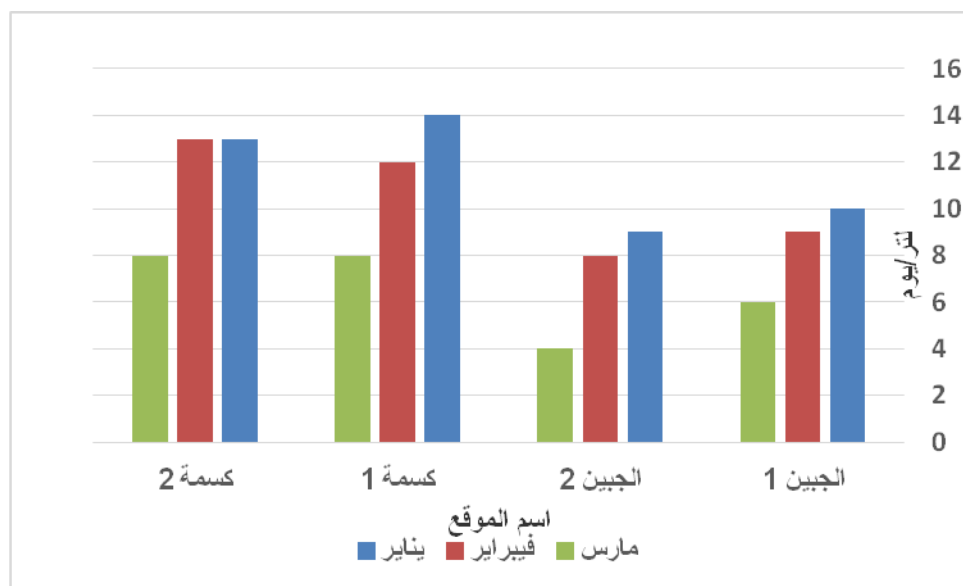
تأثير التدخل:

أظهرت النتائج وجود فارق معنوي لحاصل التداخل بين الفترات والمواقع على متوسط كمية المياه المتجمعة في الشهر، حيث سُجّلت أعلى كمية مياه متجمعة في مديرية كسمة في شهر يناير، ووصلت إلى 412.5 لتر بفارق معنوي عن أقل متوسط كمية مياه متجمعة في مديرية الجبين في شهر مارس والتي بلغت 157.5 لتر في الشهر. وقد تراوحت كمية مياه الضباب في الشهر بين تلك القيمتين، أي أنّ أعلى كمية مياه تم الحصول عليها كانت 412.5 لتر في شهر يناير في مديرية كسمة، وأقل كمية للمياه كانت 157.5 لتر في الشهر تم الحصول عليها في شهر مارس في مديرية الجبين.

أظهرت النتائج في الجدول (3) وجود فارق معنوي بين المديرّيات في كمية المياه المتجمعة في الشهر حيث سجلت متوسط كمية المياه المتجمعة في كسمة متوسط 348.7 لتر في الشهر بفارق معنوي عن متوسط مديرية الجبين التي سجلت 255.2 لتر في اليوم، وهذا راجع إلى أنّ الظروف البيئية المناسبة في مديرية كسمة أكثر ملائمة منها في مديرية الجبين.

تأثير الفترات:

بيّنت النتائج أيضاً وجود فارق معنوي عالٍ بين الفترات في متوسط كمية المياه المتجمعة خلال الشهر، حيث سجل شهر يناير متوسط كمية مياه بلغت 378.8 لتر في الشهر بفارق معنوي عن متوسط شهر مارس والذي سجل متوسط 205.0 لتر في الشهر، بينما لم يُسجّل فارق معنوي بين متوسط كمية المياه المتجمعة في شهر يناير



الشكل (5): توضيح متوسط كمية المياه الحاصل عليها يومياً في المواقع بالمديريتين.

كبيرة من المياه نتيجة لقرب المنطقة من السهل النّهامي، خاصة السقوح الغربية؛ حيث تعتبر السقوح الغربية لمديرتي كسمة والجبين من أكثر المناطق تواجداً للضباب (الغيوم). وقد دلت النتائج والقراءات على أنّ الكميات المجمعة تتفاوت من يوم لآخر بحسب كمية الضباب. وقد كانت أصغر قراءة تمّ تسجيلها أقل من 2 لتر/يوم، وأعلى قراءة سُجّلت تجاوزت الـ 30 لتراً، لفترة ضباب استمرت بشكل متلاحق خلال 24 ساعة. ويتواجد الضباب بالمنطقة في أغلب الأوقات من بعد الساعة الثالثة عصراً، وقد يستمرّ حتى ساعات الصباح. مع العلم أنّ موسم الضباب الحقيقيّ خلال فترة الشتاء، وهو الموسم الذي تشحّ فيه المياه، وتختفي في العيون، وتسود

وهذه النتائج تعطينا مؤشرات أوليّة، لتوفير جزء من الاحتياجات اليومية من المياه النظيفة في تلك القرى النائية والشحيحة المياه. ويمكن أن يساهم في التخفيف من مشكلة الندرة للمياه في هذه المناطق. حيث يمكن القول إنّ الوحدة الواحدة من حصاد مياه الضباب يمكنها أن تغطّي احتياجات أسرة مكونة من أربعة أفراد من مياه الشرب إذا كان معدل الاحتياج الفردي للشرب 3 لترات للشخص الواحد في مناطق مديرية كسمة، بينما في مناطق الجبين تحتاج كلّ أسرة إلى تركيب وحدتين لحصاد مياه الضباب لتغطية احتياجاتها من مياه الشرب.

من النتائج التي تمّ الحصول عليها أثناء وبعد التركيب تشير إلى وجود غيوم محتملة بكميات

قليلة الاحتواء على الأملاح المعدنية الذائبة TDS في كسمة 51 ملغ/لتر، بينما في الجبين 30 ملغ/لتر، نلاحظ أنها تقلّ بدرجة كبيرة عن الحدّ الأمثل لها، وهو 650 ملغ/لتر، والمحدّدة بالمعايير المحليّة، ومعايير منظمة الصّحة العالميّة. لذلك عند استخدامها للشرب يُفضّل أن تُخلط مع مياه ذات مصدر آخر، مثل: مياه الغيول أو المياه الجوفيّة.

المنطقة فترة جفاف عصبية. ومن نتائج الدراسة أيضاً أنه تمّ أخذ عينات مياه للمواقع التي تمّ فيها حصاد مياه الضباب، ومقارنتها مع المعايير اليمنيّة الخاصّة بمياه الشرب (المواصفات والمقاييس اليمنية للمياه، 1999م). ومن خلال التحليل ظهر أنّ المياه المجمّعة من الضباب كانت نقيّة جدّاً، وشبه خالية من الأملاح. وكما هو معروف أنّ المياه تكون قليلة الاحتواء على الأملاح كمياه الأمطار (الجدول: 4). وكونها

الجدول (4): التحليل الكيميائي لمياه الضباب المجمّعة من موقعي كسمة والجبين ومقارنتها بالمعايير اليمنية بمياه الشرب (1999م).

م	المادة	الرمز	الوحدة	الحد الأمثل	الحد الأقصى المسموح به	كسمة	الجبين
1	الأملاح الذائبة الكليّة	T.D.S.	ملغ/لتر	650	1500	51	30
2	التساوية الكليّة	T.H	= =	100	500	17.4	9.4
3	البيكربونات	HCO ₃	= =	150	500	9	9.5
4	الكوريد	CL	= =	200	600	18.6	3
5	الكبريتات	SO ₄	= =	200	400	3	1.5
6	الكالسيوم	Ca	= =	75	200	6.4	2.4
7	المغنيسيوم	Mg	= =	30	30 - 150	0.4	0.7
8	الصوديوم	Na	= =	200	400	9.1	1.8
9	البوتاسيوم	K	= =	8	12	0.22	0.16
10	الحديد	Fe	= =	0.3	1	0	0.21
11	المنجنيز	Mn	= =	0.1	0.2	0	0
12	PH			6.5-9		6.5	6.7
13	EC		ميكروموز سم	450-1000		80	50

حصاد الضباب التقليدي (النظام الصخري):

اعتمدت فكرة حصاد الضباب في مديرتي كسمة والجبين في محافظة ريمة كمحاكاة لنظام الحفر الصخرية التي تتمتع بها المنطقة ومنذ الأزمنة القديمة، والتي لا يُعرف تاريخ إنشائها. وهو نظام يُستخدم لزراعة البُن فقط، وخاصة في المرتفعات والسقوح والمدرجات الزراعية التي تواجه الضباب، وتحظى بنصيب وافر منه في أغلب أيام السنة.

شيدت أنظمة وتقنيات حصاد مياه الأمطار والضباب كنظام فريد من الأحجار بطرق هندسية متعدّدة الأشكال، يمكن مشاهدتها في مناطق مختلفة من مديرتي كسمة والجبين وغيرها من المناطق المرتفعة. وتعمل على رفع مستوى الإنتاجية لأشجار البُن. وهو ما شجّع مزارعي تلك المناطق على اتباع هذه الطرق الفريدة والتي يُفترض أن تُسجّل كإرث حضاري إنساني متبّع على مرّ الأجيال. وأهمّ ما يمكن التطرّق إليه في النظام الصخري لحصاد الضباب هو أنّ تلك

الحفر الصخرية التي تُبنى من الأحجار البركانية المنتشرة في المنطقة على هيئة دوائر بعرض يتفاوت بين (1 - 2) متر، وبأعماق مختلفة بين (0.5 - 3) أمتار بحسب طبوغرافية المنطقة؛ لتحقق العديد من الفوائد من كمية المياه المحصودة يوميًا من خلال تلامس أسطح الأحجار والصخور المكوّنة لتلك الأشكال الأسطوانية والتي قد تصل مساحة الواحدة منها أكثر من ثلاثة أمتار، ما يعني أنها قد تحصد كميات لا بأس بها من المياه يوميًا، فيما لو تمّ المقارنة مع الحاصدات الحديثة التي تمّ إنشاؤها في نفس المنطقة، مع اختلاف الوضع وطبيعة الصخور وتوزيعها في هذا النظام الصخري (الصورة: 1).

ومن أهمّ المميّزات لهذا النظام ثبات البنية، وخبزنها للمياه، ومقاومتها للانجرافات، ونقل المُخصّبات، ومكافحة الآفات وغيرها من الفوائد، مثل: التقليل من النّتح والتّبخر، والمحافظة على رطوبة التربة.



الصورة (1): النظام التقليدي لدى المزارعين في تطبيق تقنية حصاد مياه الأمطار ومياه الضباب.

التوصيات:

- العمل على تطوير ونشر التراث التقليدي في مجال حصاد المياه بشكل عامّ ومنها حصاد مياه الضباب واستثمارها لكلّ الظروف البيئية والمناخية السائدة بالمرتفعات الجبلية.
- ضرورة العمل على الاستفادة من فترات تواجد الضباب التي تتواجد على معظم مناطق المرتفعات الجبلية، وذلك من خلال تطبيق نظام إدارة حصاد مياه الضباب، والتدخلات التي من شأنها تقليل الفاقد من شحّ المياه بالمنطقة.
- استشعاراً بحجم المشكلة، وللتخفيف من معاناة المواطنين في المناطق المستهدفة تحتاج إلى التدخلات في هذا المجال؛ وذلك بتشديد عدد من وحدات حصاد الضباب لغرض التخفيف من معاناة المجتمع في شحّ المياه، ولكن بإشراك المجتمع المستفيد لكي تدفع بالمستفيدين وتحفزهم على اتباع تلك الطرق للحصول على المياه للشرب والاستخدامات المنزلية وتحقيق الاكتفاء الذاتي.
- تشجيع وتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه بشكل عام في معظم مديريات محافظة ريمة.
- تعزيز دور منظمات المجتمع المدني الوطنية لتطوير نظم حصاد المياه.
- تعزيز استخدام التقانات الحديثة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.
- نشر الوعي المائي والبيئي بين قطاعات المجتمع.
- نشر وسائل تقنيات متطورة لحصاد مياه الضباب في مناطق المرتفعات الجبلية التي يتواجد فيها الضباب ليتمّ استخدامها للأغراض المنزلية وتخفف من معاناة المجتمع بهذه المناطق.
- إجراء البحوث في مجال التوسّع في استخدام تقنيات حصاد المياه، وخصوصاً مياه الضباب بالمناطق الجبلية التي تتميز بتواجد الضباب فيها.
- نقل تقانات حصاد مياه الضباب لمشاريع رائدة إلى مناطق مناسبة وتحقيق الانتشار الواسع بها، واعتماد طرق زراعة البنّ بالمناطق الجبلية على هذه التقنية.

المراجع:

- أبو علي، منصور (2010م). جغرافية المناطق الجافة، الطبعة الأولى، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
- أكساد (1988م). تقييم الموارد المائية في الوطن العربي، المركز العربي لدراسة المناطق القاحلة والأراضي الجافة (ACSAD)، إدارة الدراسات المائية، دمشق، سوريا.
- الخرساتي، محمد (2014م). دليل المناخ الزراعي في اليمن، هيئة البحوث الزراعية، ذمار، اليمن.
- المركز الوطني للمعلومات (2013م). أرقام وحقائق، ريمة، اليمن.
- حزام، منذر (2001م). الأمن المائي العربي الواقع والتحديات، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الأولى، بيروت، لبنان.
- مثنى، صالح (2016م). أطلس خرائط محافظات الجمهورية اليمنية، مركز بحوث الموارد الطبيعية، ذمار، اليمن.
- محرم، إسماعيل (2003م). تجربة اليمن في حصاد مياه الضباب، صنعاء، اليمن.
- مروان، محمد (2021م). مساحة اليمن، <https://www.mawdoo3.com>
- هيئة الموارد المائية (2010م). تحديد نطاق حماية المياه الجوفية في حوض صنعاء، صنعاء، اليمن.

References:

- Bruijnzeel, A., Eugster, W., Burkard, R., Holwerda, F., Scaten, N. (2006). Characteristics of fog and fog water, Fluxes in a Puerto Rican elfin cloud forest, Agricultural and Forest Meteorology, p. 139.
- Klemm, O. (2012). Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives, Biology, Medicine.
- Mussie, F. (2014). Fog - water collection for community use, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Werner, E. (2008). Fog Research Nebelforschung, La Serena, Chil

www.yemen-)

(nic.info/gover/riymaa/brife/

المسيوني، عمار (2020م). حصاد مياه

الضباب للحياة في مواجهة الجفاف، مجلة

الأبحاث السورية، <https://www.syr->

[21110=res.com/amp.php?id](https://www.syr-21110=res.com/amp.php?id)