كُتيّب فني
حصاد مياه الأمطار

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان **كرامةُ الإنسان**

رؤيتنا

طاقاتٌ وابتكار، ومنطقتُنا استقرارٌ وعدلٌ وازدهار

رسالتنا

بشغَف وعزْم وعَمَل: نبتكِر، ننتج المعرفة، نقدِّمُ المشورة،
نبني التوافق، نواكب المنطقة العربية على مسار خطة عام 2030.
يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلِّ إنسان.

E/ESCWA/CL1.CCS/2021/BOOKLET.4

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

كُتيِّب فني
حصاد مياه الأمطار

الأمم المتحدة
بيروت

©2021 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المطبوعة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجّه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org.

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو موظفيها أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.

جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

المقصود بالدولار دولار الولايات المتحدة الأمريكية ما لم يُذكر غير ذلك.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،

صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org.

فريق الإعداد

الفريق الذي أعدّ الكتيب الفني مؤلف من:

ريم النجداوي

لارا جدع

ساره دانيال

الفريق الذي قام بتنقيح الكُتيِّب وقدم مساهمات أخرى:

فريق الإسكوا: كريم حسن وزياد خياط وزهر بو غانم

خبير مستقل: كاميرون ألين

فريق التصميم الأشكال: سما عبد الشاكور وفاطمة عبد العزيز

الترجمة والتصميم العام: فريق من قسم إدارة المؤتمرات في الإسكوا

مقدمة

يواجه قطاع الزراعة والأغذية في المنطقة العربية تحديات بارزة تتعلق بندرة الموارد الطبيعية، والوصول إلى المدخلات الزراعية، والوصول إلى الأسواق، والتغيرات المناخية المتزايدة. وتعتبر التكنولوجيات الزراعية الخضراء من الحلول التي تساهم في التخفيف من هذه التحديات وتعزيز قدرات المزارعين على الصمود ولكن لا يزال اعتماد التكنولوجيات الخضراء غير منتشر على صعيد المنطقة العربية بسبب محدودية المعلومات والوصول إلى آليات التمويل الملائمة.

لهذا الغرض، طوّرت الإسكوا الكتيب الفني هذا حول تكنولوجيا حصاد مياه الأمطار التي تؤمن للمزارعين مصدراً بديلاً للمياه يُستخدم في ري المحاصيل، والاستخدام المنزلي، وإعادة تأهيل المراعي وغيرها من الاستخدامات، ما يخفّف الضغط على مصادر المياه التقليدية ويعزّز المحافظة على النظم البيئية ويساعد المزارعين على تخطي فترات الجفاف.

يندرج إصدار هذا الكتيب تحت إطار مشروع حساب التنمية التابع للإسكوا بعنوان "تعزيز مرونة واستدامة القطاع الزراعي في المنطقة العربية" والذي يهدف إلى تعزيز القدرات الوطنية على معالجة مرونة القطاع الزراعي واستدامته في المنطقة مع استهداف ثلاثة بلدان عربية وهي الأردن ولبنان وفلسطين.

وبالإضافة إلى الكتيب الفني هذا، أعدت الإسكوا مواد تدريبية حول موضوع حصاد مياه الأمطار، تم تقديمها خلال ورش عمل تدريبية وطنية نفّذت في البلدان الثلاثة المستهدفة. كما طورت الإسكوا دليلاً تدريبياً حول تطبيقات أنظمة حصاد مياه الأمطار يمكن استخدامه في الإرشاد الزراعي أو في حلقات تدريبية أخرى حول هذه التكنولوجيا.

المحتويات

فريق الإعداد ص. 3

مقدمة ص. 4

ملخص تنفيذي ص. 6

وصف التكنولوجيا ص. 7

اعتبارات التصميم ص. 18

مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها ص. 21

المراجع ص. 23

ملخص تنفيذي

نظراً إلى أن المياه هي من العوامل المقيدة في الزراعة، وخاصة في المنطقة العربية، يمكن أن يكون حصاد مياه الأمطار الحل لتزويد القطاع بمصدر إضافي للمياه. فهي تكنولوجيا تسمح بتجميع المتساقطات من أي سطح مناسب لتخزينها بغية استخدامها في وقت لاحق أو استخدامها مباشرة في الزراعة أو الاستخدامات المنزلية أو حتى لتوفير مياه الشرب للإنسان والحيوان إذا تمت معالجتها على النحو الصحيح. وقد ثبت أنّ حصاد مياه الأمطار له آثار إيجابية على البيئة من خلال الحفاظ على الموارد المائية، والحد من الاستغلال المفرط لمصادر المياه التقليدية، والحد من تآكل التربة وتدهورها، بالإضافة إلى الفوائد الاجتماعية والاقتصادية لأنه يقلل من فاتورة المياه للمستهلك. وتوجد عدة نُظُم لحصاد مياه الأمطار حسب نوع المستجمعات المائية وحجمها وطريقة تخزين المياه. كما وأنّ تطبيقها يمكن أن يكون بسيطاً جداً على المستويين المنزلي والتجاري، ولا سيما في قطاع الزراعة لأغراض الري أو لتوفير مصدر إضافي للمياه.

وصف التكنولوجيا

تستخدم عملية حصاد مياه الأمطار منذ العصور القديمة من قِبل الحضارات في وادي السند (المناطق الشمالية الغربية من جنوب آسيا)، وفي بلاد ما بين النهرين، وخلال عهد الأنباط في الأردن، وخلال العصر الهلنستي في اليونان وغيرها من الحضارات[1]، وهي تكنولوجيا قديمة جداً لتخزين المياه اعتُمدت لمواجهة تحديات ندرة المياه في هذه المناطق. ولا تزال المواقع الأثرية التي فيها صهاريج وبنية أساسية لحصاد المياه موجودة في الوقت الحاضر في هذه المناطق.

إن حصاد مياه الأمطار تكنولوجيا تستخدم أساساً في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وتتألف من تجميع الجريان السطحي للمتساقطات من مستجمعات مائية إما للاستخدام المباشر أو للتخزين. ويمكن استخدام مياه الأمطار المجمعة للاستخدام المنزلي (التنظيف والتدبير المنزلي، وتنظيف المراحيض، وغسل اليدين، والاستحمام...)، والزراعة (الري، والاستهلاك الحيواني، والاستخدام في المزرعة) أو لتوفير مياه الشرب مع تأمين المعالجة المناسبة للمياه. ويختلف النظام المنفذ والمستوى المطلوب لمعالجة المياه حسب غاية الاستخدام.

وفيما يلي العناصر الرئيسية لنُظُم حصاد مياه الأمطار:

- **مستجمع المياه:** السطح الذي يتلقى المتساقطات ويسمح بتجميع جريان مياه الأمطار بواسطة حوض ترشيح أو نظام تجميع وتحويله لاحقاً إلى الاستخدام النهائي. ويمكن أن يكون مستجمع المياه أي سطح يتلقى المتساقطات مثل التربة والصخور وسطح منشأة (مبنى، منزل، مزرعة، دفيئة...)، والطرق، وظل الشجر، والأغطية البلاستيكية...
- **نظام النقل أو التصريف:** يتكون من المزاريب أو مواسير التصريف أو الأنابيب أو القنوات الترابية التي تجمع المياه من المستجمع المائي وتوصلها للاستخدام النهائي أو الخزان.
- **نظام التخزين:** مثل خزان، أو بركة، أو سدود صغيرة، أو غيرها حيث يتم تخزين مياه الأمطار المجمعة لاستخدامها في وقت لاحق. يمكن أن تكون المواد المستخدمة للتخزين من الخرسانة، أو البلاستيك، أو الألياف الزجاجية أو حتى من التراب أو الصخور. ويمكن أن تكون خزانات التخزين موجودة فوق أو تحت الأرض.
- **نظام المعالجة:** يمكن أن تختلف المعالجة بشكل كبير تبعاً للاستخدام النهائي للمياه وجودتها المطلوبة. ويمكن أن تكون المعالجة من خلال مرحلة فلترة بسيطة، أو مرحلة ترسيب داخل الخزان، أو ترشيح، أو تعقيم المياه أو غيرها من طرق المعالجة.
- **نظام التوزيع:** يشمل هذا المكون التوصيلات والقنوات وخطوط الأنابيب والمضخات اللازمة لتوصيل المياه من الخزان إلى نقطة الاستخدام.
- **المنطقة المستهدفة:** هي نقطة الاستخدام النهائي للمياه المجمعة (الاستخدام المنزلي والمحاصيل والحيوانات...).

أنواع نُظُم حصاد مياه الأمطار

توجد عدة تصنيفات لأنظمة حصاد مياه الأمطار حسب نوع وحجم المستجمعات المائية وطرق التخزين. ويمكن تصنيف الأنواع الرئيسية لنُظُم حصاد مياه الأمطار على أساس نوع المستجمعات المائية على النحو التالي:

1 AbdelKhaleq and Alhaj Ahmed, 2007; Beckers, 2007; Yannopoulos and others, 2016.

حصاد المياه من السطح/الفناء الخارجي

في عملية حصاد المياه من السطح، يتم تجميع المياه من سطح منشأة (منزل، مدرسة، دفيئة، مزرعة...) وتخزينها في خزان لاستخدامها في المستقبل. وتعتبر هذه الطريقة الأفضل في المناطق التي يزيد فيها هطول الأمطار عن 200 ملم (Prinz, 2013 and Mekdaschi and Liniger, 2013). ويتألف النظام أساساً من المكونات التالية: المستجمع المائي، ونظام التجميع أو التصريف (مزراب، وماسورة تصريف)، ونظام التخزين ونظام التوزيع. ولا بد عادة من مرحلة معالجة المياه في هذه النُظُم لتحسين نوعية المياه وتعزيز كفاءة التجميع. لإزالة الحطام والملوثات غير المرغوب فيها، يمكن أن تشمل المعالجة الفلترة والترسيب والترشيح والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية والتهوئة داخل الخزان في بعض الأحيان لتجنب الطحالب وتفشي الآفات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن إضافة نظام تدقق أوّلي إلى النظام قبل خزان المياه لإزالة الأمطار الأولى غير المرغوب فيها التي تكون عادة ملوثة بالغبار والأوراق والحطام والحشرات وغيرها من الملوثات. وتُستخدم نُظُم حصاد المياه من الأسطح والفناءات الخارجية لتوفير المياه للاستخدام المنزلي والمرافق الصحية والاستهلاك الحيواني والري للحدائق والمحاصيل/الأشجار الصغيرة وفي مرافق تصنيع المنتجات الزراعية.

يوجد عدة تصاميم لحصاد المياه من السطح تبعاً للاستخدام النهائي للمياه والسياق الذي سينفذ فيه النظام. وفي ما يلي التصاميم الرئيسية[2]:

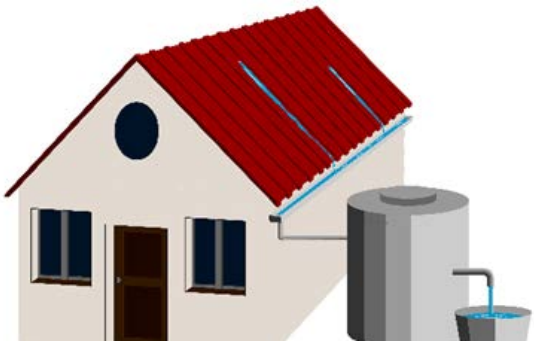
- برميل المياه/المطر: هذا هو الشكل الأساسي جداً لحصاد مياه الأمطار؛ ويتكون من حاويات كبيرة تجمع مياه الأمطار مباشرة عند هطولها أو من خلال أنابيب لتصريف مياه الأمطار. ولديه تطبيقات محدودة؛ ويستخدم عادة لري الحدائق.
- نُظُم التغذية بالمضخة: تعتمد هذه النُظُم على مضخة لتوصيل المياه للاستخدام. ويمكن أن تكون هذه النُظُم مباشرة أو غير مباشرة:
  - الضخ المباشر: يتم تخزين مياه الأمطار المجمعة في خزان ثم ضخها مباشرة إلى نقطة الاستخدام. ويستخدم هذا النوع من النُظُم عادة في ممارسات الري البستانية.
  - الضخ غير المباشر: يكون خزان التخزين/التجميع في هذا النظام تحت الأرض ومتصل بخزان آخر داخل المنشأة الذي يمكن أن يكون موقعه بالنسبة للخزان الأوّل على أي مستوى كان. يتم ضخ المياه من خزان التخزين إلى الخزان الداخلي المجهّز أيضاً بمضخة أخرى لتوصيل المياه إلى النقطة النهائية للاستخدام.
- نُظُم التغذية بالجاذبية: كما يشير اسمها، تعتمد هذه النُظُم على الجاذبية:
  - في النظام الذي يعتمد على الجاذبية فقط، تتم تصفية مياه الأمطار المجمعة وتوصيلها بالأنابيب بواسطة الجاذبية إلى خزان التخزين ثم يتم ايصالها إلى نقطة الاستخدام عن طريق الجاذبية. إن هذا النظام ممكن فقط عندما يكون خزان التخزين موجوداً أسفل نظام التجميع (المزراب) ولكن أعلى من نقطة الاستخدام.
  - في النظام الهجين، يتم ضخ المياه من خزان التخزين إلى خزان آخر داخلي في موقع أعلى للسماح للمياه بالوصول إلى أجهزة الاستخدام النهائي عن طريق الجاذبية. وإنه مشابه لنظام الضخ غير المباشر، لكن يجب أن يكون الخزان الداخلي في هذا النظام أعلى من نقطة الاستخدام خلافاً لنظام الضخ غير المباشر.

يتعلق بحصاد المياه من الفناء الخارجي، يتم جمع المياه من أسطح مكونة من الصخور أو التربة المضغوطة أو معبدة أو مغطاة بالأغطية البلاستيكية أو غيرها من الأغطية. ويتألف النظام من مستجمع مائي وشبكة النقل وخزان التخزين (فوق الأرض أو تحتها). ويستخدم حصاد المياه من الفناء الخارجي أساساً لتوفير المياه للاستخدام المنزلي والاستهلاك الحيواني.

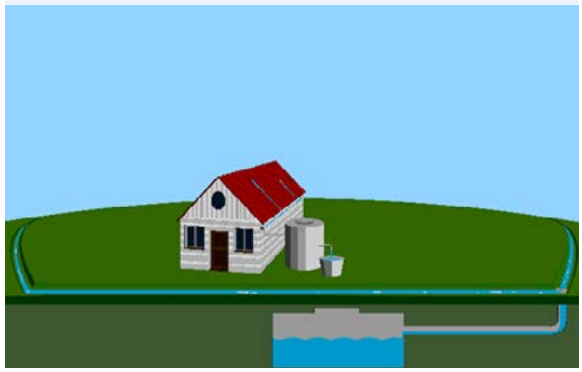
إن التكاليف التشغيلية لنظام حصاد المياه من السطح/الفناء الخارجي ضئيلة نسبياً، مقارنة بتكاليف البناء والتركيب التي تحتاج إلى اليد العاملة واستثمارات أولية، ويعتمد مقدارهما على حجم النظام وتصميمه. فعلى سبيل المثال، تم في لبنان تطبيق نظام الفناء

2 Ministry of Environment in Lebanon and UNDP, 2016.

حصاد مياه الأمطار من السطح



حصاد مياه الأمطار من الفناء الخارجي



الخارجي في مدرسة رسمية بتكلفة حوالي 15,000 دولار أمريكي. وشمل النظام خزانين من البولي إيثيلين (بحجم = 44,000 لتر) لتخزين المياه، ومحطة معالجة المياه للاستخدام المنزلي، وخزان بولي إيثيلين آخر (22,000 لتر) للمياه الخاضعة للمعالجة، ونظام الأنابيب، والمضخات[3]. وفي الأردن، أظهرت عروض الأسعار من مشاريع حصاد مياه الأمطار المنفذة في محافظتي المفرق والكرك أن متوسط تكلفة تركيب خزان إجاصي الشكل بحجم أقصى يبلغ 50 متراً مكعباً (50,000 لتر) يبلغ 33 دولاراً أمريكياً/متراً مكعباً (حوالي 1,650 دولاراً أمريكياً للخزان الواحد) وتكلفة تركيب خزان خرساني تحت الأرض، أعلى وتتراوح بين 2,000 دولار أمريكي لخزان بحجم أقل من 20 متراً مكعباً وصولاً إلى 6,000 دولار أمريكي لخزان بحجم حوالي 100 متراً مكعباً مع اختلاف في التكلفة من منطقة إلى أخرى[4].

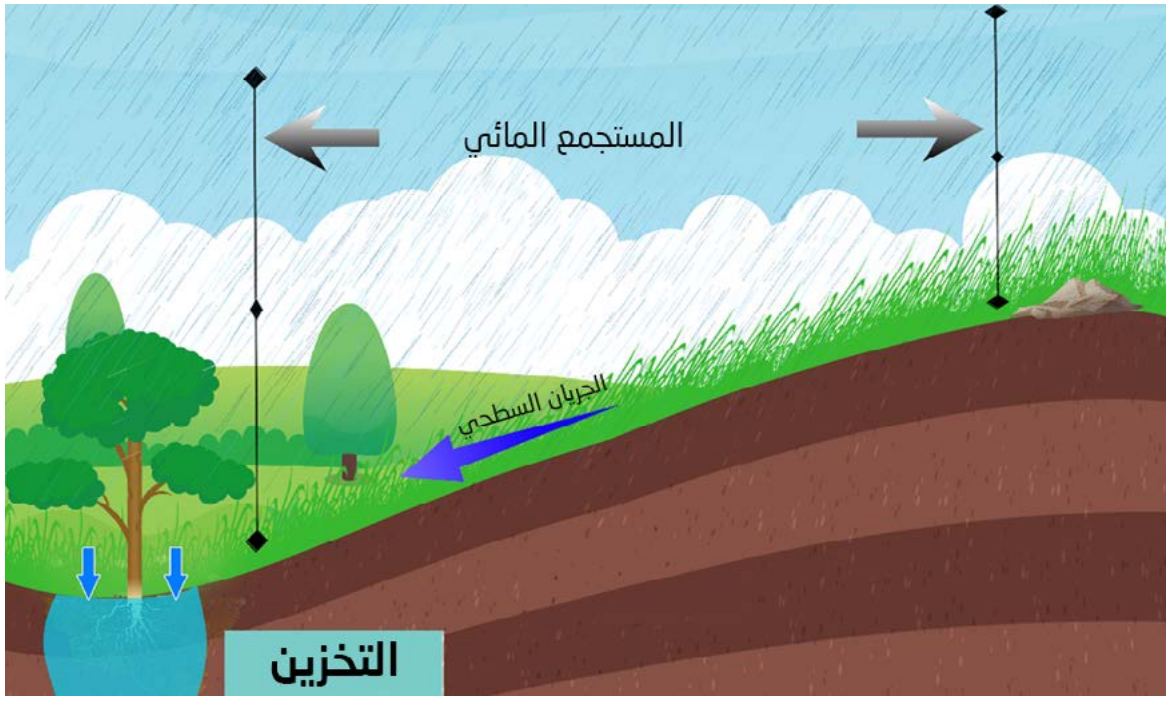
نظام المستجمعات الصغيرة

تتألف هذه الطريقة في حصاد مياه الأمطار من تقنيات زراعية تُعتمد في المزارع لاستحداث ثقوب وحفر وأحواض وشرائط وحواجز ومصطبات وغيرها في التربة تسمح بجمع مياه الجريان السطحي من المستجمعات الصغيرة المجاورة للمحاصيل/النباتات. وترد في الجدول 1 معلومات إضافية عن تصاميم مختارة لأنظمة المستجمعات الصغيرة المستخدمة في الزراعة.

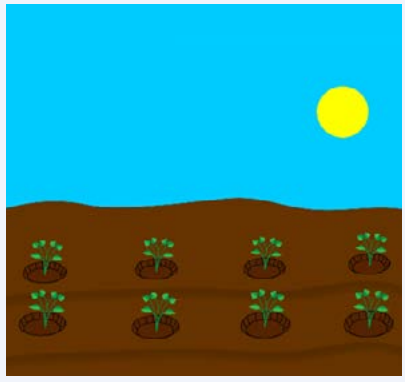
في نُظُم المستجمعات الصغيرة، يتم توجيه المياه إلى منطقة التطبيق وتخزينها في التربة في مكان الجذور لاستخدامها مباشرة. وتكون المستجمعات المائية عادة هي التربة الجرداء ولا حاجة إلى نظام نقل لأن منطقة التجميع قريبة ومتصلة مباشرة بحوض الترشيح أو المنطقة المستهدفة. وإنها مناسبة لري جميع أنواع المحاصيل تقريباً (المحاصيل السنوية، والأشجار أو الشجيرات الفردية...) وتُستخدم أيضاً في إعادة تأهيل المراعي. ويتراوح طول المستجمع المائي بين 1 و30 متراً ومساحته بين أمتار مربعة قليلة إلى 1,000-500 متر مربع (Mekdaschi and Liniger, 2013 and Prinz, 2013) داخل حدود المزرعة مما يسهل على المزارع التحكم به. ويتطلب هذا النظام اليد العاملة، ويجب إعداد الأرض (المستجمع المائي ومنطقة الترشيح) في كل موسم للمحاصيل السنوية. ومع ذلك، فهو تصميم بسيط وغير مكلف ويمكن للمزارعين تكييفه بسهولة بحسب احتياجاتهم. كما أنّه يتيح الاستخدام الكفؤ للأراضي والمدخلات الزراعية مثل الأسمدة مقارنة بالممارسات التقليدية لإعداد الحقول. وإن طرق حصاد المياه من المستجمعات الصغيرة هي الأنسب للمناطق التي تتراوح فيها الأمطار السنوية بين 200 ملم و800 ملم (Mekdaschi and Liniger, 2013) .

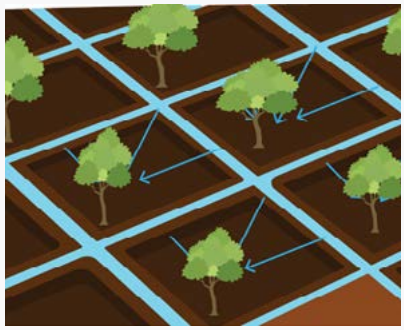
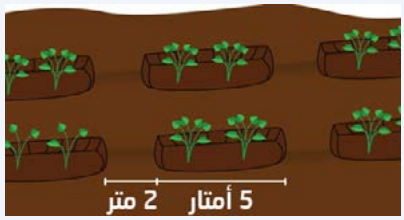
3 Ministry of Energy and Water in Lebanon and UNDP, 2016.

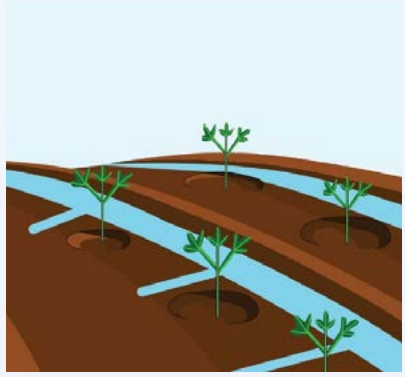
4 Abdullah, 2019.

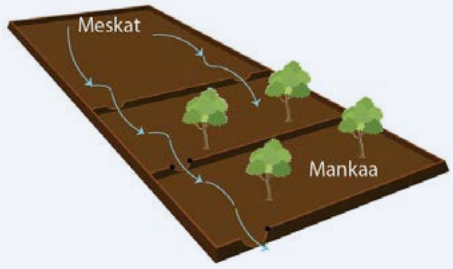
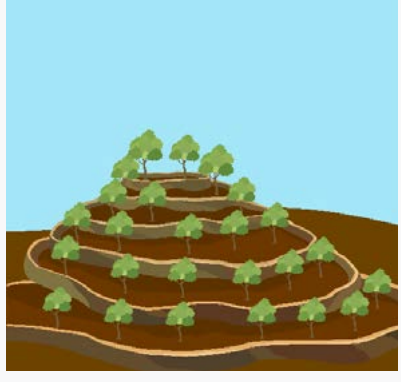


الجدول 1. أنواع مختارة لنُظُم المستجمعات الصغيرة وميزاتها الرئيسية

نظم المستجمعات المائية الصغيرة	التصميم	الميزات الرئيسية
نُظُم الحُفَر (Small pits)		• تكون الحُفَر عادة بعرض 20-30 سم وعمق 20-30 سم وتباعد 60 سم-1 متر عن بعضها البعض. • تُستخدم عادة لزراعة بذور المحاصيل السنوية أو الدائمة. • يُفضَّل اعتمادها في الأرض المسطحة أو المنحدر البسيط الذي يصل انحداره إلى 5 في المائة. • غالباً ما يضاف الزبل أو السماد في الحُفَر لتحسين نمو النبات. **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.

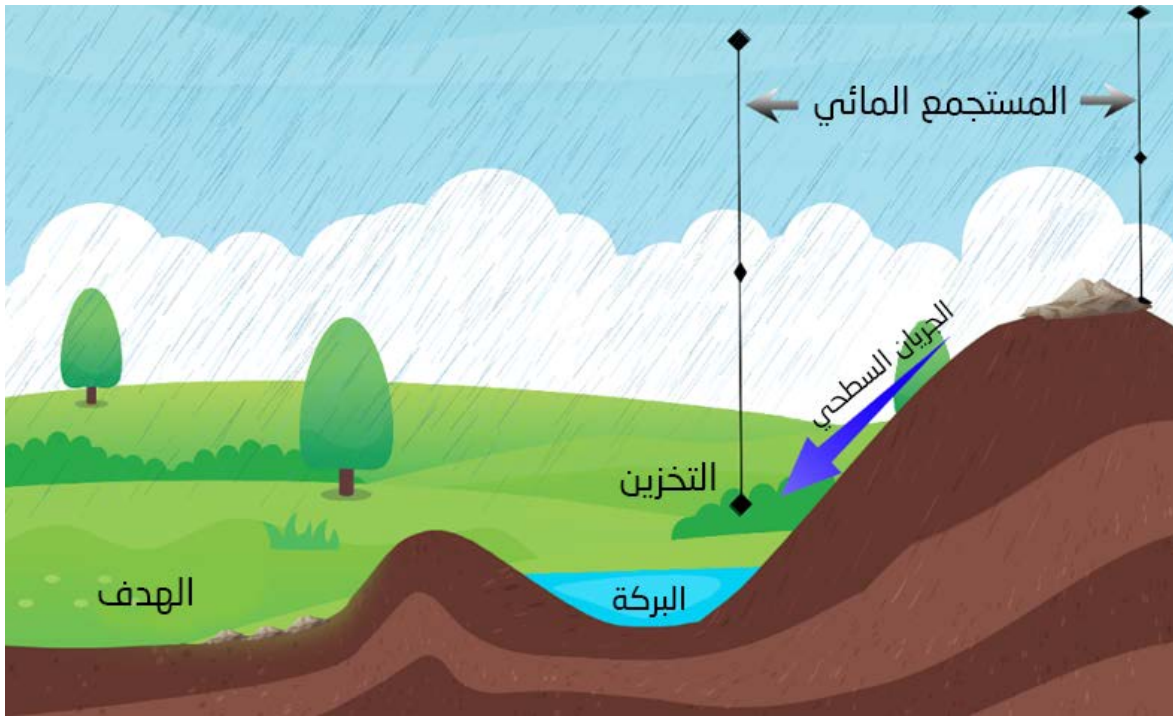
أحواض الجريان السطحي - نجاريم (Negarim)		• أحواض صغرية لها شكل الماس وتحدها حواجز ترابية قليلة الارتفاع. • عادة، يمكن أن يتراوح حجمها بين 10 و100 متر مربع تبعاً لأنواع الأشجار. • تُستخدم أساساً لزراعة الأشجار أو الشجيرات. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يتراوح انحدارها بين 1 و5 في المائة. **المصدر:** Critchley and others, 1991.
أحواض فاليراني (Vallerani)		• شبه دوائر يتمّ خلقها في التربة بواسطة محراثٍ جرّارٍ مصممٍ خصيصاً لذلك. • طول حوض فاليراني 4-5 أمتار وعرضه 40 سم وعمقه 40 سم. • تُستخدم أساساً للتشجير وتحسين المراعي. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يتراوح انحدارها بين 2 و10 في المائة. **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.
متون هلالية أو نصف دائرية (Semi-circular Bunds)		• هي حواجز مصنوعة من التربة أو الصخور في شكل شبه دائرة أو هلال حيث تكون أطرافها المحيطية مواجهة لأعلى المنحدر. • يتراوح قطر المتون الهلالية عادة بين مترين و8 أمتار (يمكن أن يصل إلى 12 متراً) وارتفاعها بين 30 و50 سم. • يتم ترتيبها بالتناوب للسماح للخط الأدنى باعتراض الجريان السطحي القادم من الخط الأعلى. • تُستخدم أساساً لإعادة تأهيل المراعي وإنتاج العلف (المتون الكبيرة والمتباعدة على نطاق واسع) ولزراعة الأشجار والشجيرات (المتون الأصغر والمتباعدة على نطاق ضيق). • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات البسيطة التي لا تنحدر أكثر من 5 في المائة خاصة بالنسبة للمتون الترابية. ويمكن اعتماد المتون الحجرية في المنحدرات التي تصل نسبة انحدارها إلى 15 في المائة. **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.

حواجز/متون الكفاف (الكنتورية) **(Contour bunds/ ridges)**		• هي عبارة عن حواجز ترابية متوازية محيطية (منشأة طول خطوط الكفاف/الكنتور)، تتباعد بين 5 و20 متراً. • تُطرح التربة المستخرجة من أخدود أعلى المنحدر إلى أسفل لإنشاء الحواجز/المتون. • ينقسم النظام إلى مستجمعات مائية صغيرة بواسطة حواجز ترابية صغيرة (وصلات) عمودية لجهة المتون لتجنب تدفق المياه الجانبي. • يمكن استخدام هذا النظام لزراعة المحاصيل السنوية والأشجار. • يتم إنشاء حفر لترشيح المياه بين المتون والحواجز الصغيرة (الوصلات) في حالة زراعة الأشجار. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يتراوح انحدارها بين 1 و25 في المائة. **المصادر:** Critchley and others, 1991; ICARDA, 2012 and Mekdaschi and Liniger, 2013.
شرائط الجريان السطحي (Runoff strips)		• تُستخدم أساساً لإنتاج المحاصيل (الحبوب والبقوليات...). • تنقسم الأرض إلى أحزمة أو شرائط على طول الكفاف: يستخدم الشريط العلوي كمستجمع مائي غير مزروع، بينما يزرع الشريط السفلي. • يتراوح عرض الشريط المزروع بين متر و3 أمتار ويُفضَّل أن يكون عرضه مترين على المنحدرات البسيطة لتجنب توزيع المياه بشكل غير موحد. • يعتمد عرض شريط المستجمع المائي على كمية المياه المطلوبة. • يُفضَّل اعتماد شرائط الجريان السطحي في المنحدرات البسيطة من المنحدرات المسطحة إلى انحدار 5 في المائة. **المصادر:** Oweis and others, 2001 and ICARDA, 2012.

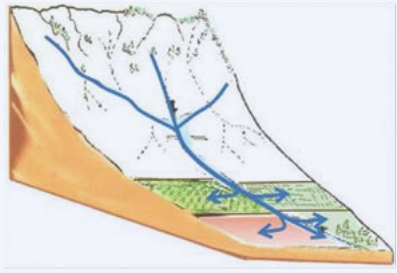
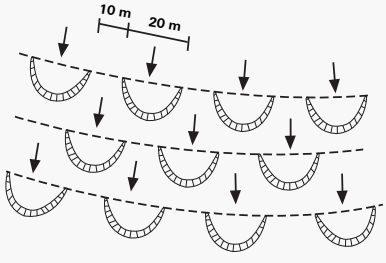
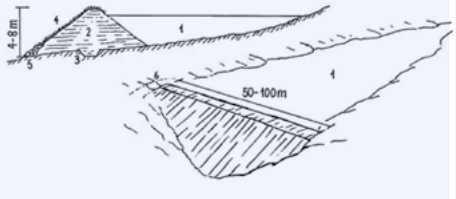
نُظُم المسقاة (Meskat)		• المستجمعات الصغيرة من نوع مسقاة هي أحواض جريان مستطيلة تتكون من مستجمع مائي (المسقاة) يبلغ حجمه حوالي 500 متر مربع ومن مساحة زراعية واحدة أو أكثر (مانكى) تبلغ مساحة كل منها حوالي 250 متراً مربعاً. • يحيط بالنظام حاجز ارتفاعه 20 سم، يتضمّن مجارٍ أو ممرات مائية تسمح بتدفق جريان المياه من مانكى إلى الآخر. • تُستخدم أساساً لزراعة الأشجار. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يتراوح انحدارها بين 2 و15 في المائة. **المصادر:** Prinz, 1996 and Mekdaschi and Liniger, 2013.
مدرّجات مصطبات الكِفاف		• هي مصطبات مسطحة أو منحدرة بشكل بسيط (إلى الوراء أو إلى الأمام). • يتم تزويد المصطبات عادة بالمصارف لتصريف المياه الفائضة بأمان تفادياً للإنجرافات. • يُزرع العشب أو العلف عادة أو يتم بناء الجدران الحجرية لحماية المنصات المرتفعة للمصطبات. • تُستخدم لزراعة الأشجار والشجيرات والمحاصيل. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يتراوح انحدارها بين 20 و50 في المائة، وفي التربة العميقة لتجنب خطر الانهيارات الأرضية. **المصادر:** Prinz, 1996; Oweis and others, 2001 and Liniger and others, 2011.
مصطبات هلالية على شكل الحاجب		• أحواض صغرية على شكل الحاجب، وغالباً ما تكون مصنوعة من التربة والحجارة. • تُستخدم أساساً لتزويد الأشجار أو الشجيرات بالمياه ويمكن استخدامها لإعادة تأهيل المراعي. • يتراوح حجم مصطبات الحاجب بين 5 و50 متراً مربعاً. • يمكن استخدامها في منحدرات يصل انحدارها إلى 50 في المائة. ولا بد من إضافة المزيد من الحجارة لتعزيز الهيكل على المنحدرات الأكثر انحداراً. **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.

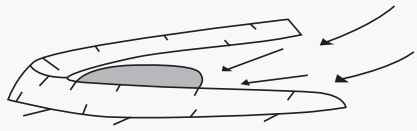
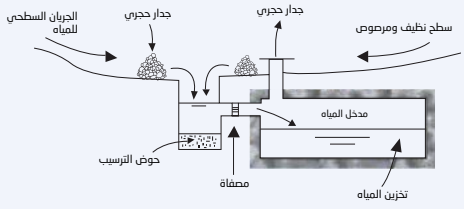
نُظُم المستجمعات الكبيرة

إن نُظُم المستجمعات الكبيرة هي نُظُم أكبر حجماً حيث يمكن أن تكون منطقة مستجمعات المياه خارج حدود المزرعة ويتراوح حجمها بين 0.1 هكتار و200 هكتار في بعض الحالات (ESCWA, 2017). ويمكن تنفيذ هذه النُظُم في مناطق تتراوح كمية هطول الأمطار فيها بين 200 ملم و1,500 ملم (Mekdaschi and Liniger, 2013). ويتم تجميع المياه من مستجمعات مائية طبيعية مثل التلال والمنحدرات الجبلية والغابات وغيرها وتحويلها مباشرة إلى الحقول المزروعة أو تخزينها في مرافق التخزين مثل البرك والسدود الترابية والحجرية الصغيرة والخزانات... ويتم تنفيذ هذا النظام لتوفير المياه للاستخدام المنزلي والاستهلاك الحيواني ولري المحاصيل السنوية والدائمة. وتسهم إسهاماً كبيراً في الحد من انجراف التربة ومخاطر الفيضانات. وترد في الجدول 2 معلومات إضافية عن تصاميم مختارة للأحواض الصبّابة الكبرى.

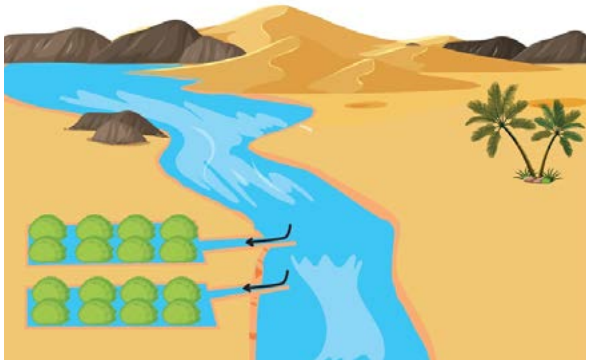


الجدول 2. أنواع مختارة لنُظُم المستجمعات المائية الكبيرة وميزاتها الرئيسية

	التصميم	الميزات الرئيسية
نُظُم جريان المياه السطحي على طرف الهضبة	 **المصدر:** Oweis and others, 2001.	• يتم توجيه جريان المياه من خلال قنوات صغيرة إلى حقول مسطحة (انحدار 1-10 في المائة) تقع عند سفح المنحدر. • تتم تسوية الحقول وترسيم حدودها من خلال ضفاف أو حواجز صغيرة مزوّدة بمجارٍ أو مفيضات تسمح للمياه بالانتقال من حقل إلى آخر. • بمجرد امتلاء الحقول بالمياه، يسمح بتدفق المياه المتبقية إلى الوادي. • الاستخدامات: ري جميع المحاصيل والأشجار. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يفوق انحدارها 10 في المائة لتجنب الترسيب. **المصادر:** Mekdaschi and Liniger, 2013 and Oweis and others, 2001.
المتون الكبيرة (Large bunds)	 **المصدر:** Prinz D., 1996.	• حواجز ترابية كبيرة (نصف دائرية، أو شبه منحرفة، أو على شكل حرف V) موزعة في خطوط متعرّجة. • غالباً ما يتم تشييدها باستخدام الآلات مع تدعيم الجدران الجانبية للحواجز بالأحجار. • طول المتن: (المسافة بين أطرافه) 10-100 متر. • ارتفاع المتن: متر أو مترين. • المسافة بين كل متن: ما يعادل نصف طوله. • الاستخدامات: ري المحاصيل والأشجار، وإعادة تأهيل المراعي. • تسمى المتون الكبيرة في تونس "طابيا" (Tabia). **المصادر:** Prinz, 1996; Oweis and others, 2001 and Mekdaschi and Liniger, 2013.
خزانات صغيرة تم إنشاؤها بواسطة السدود	 **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.	• في حال مرور وادٍ عبر مزرعة، يمكن بناء سد صغير في الوادي لتخزين المياه. • الحجم: 500,000-1,000 متر مكعب. • الاستخدامات: ري جميع المحاصيل، وللاستهلاك المنزلي والحيواني. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يفوق انحدارها 10 في المائة لتجنب الترسيب. **المصادر:** Oweis and others, 2001 and Mekdaschi and Liniger, 2013.

الخزانات والحفائر (حفير)	 **المصدر:** Beckers and others, 2013.	• خزانات ترابية أو برك محفورة في الأرض في مناطق المنحدرات البسيطة وتتلقى مياه الجريان السطحي إما عن طريق التحويل من الوديان أو من منطقة مستجمعات كبيرة. • يتراوح حجمها بين 200-500 متر مكعب للاستخدام الفردي (يسمى حفير) و10,000 متر مكعب للاستخدام الجماعي. • للحد من تسرب المياه، يمكن رص قاع الخزانات أو وضع طبقة خرسانية أو غطاء بلاستيكي. • الاستخدامات: توفير المياه للاستخدام المنزلي، وللاستهلاك الحيواني والري. • المشاكل المرتبطة بالخزانات: المياه الراكدة قد تكون ملوثة وتصبح مصدراً للمرض، كما أنّ عدم وجود سياج قد يؤدي إلى حوادث غرق تطال الناس والحيوانات. **المصادر:** Oweis and others, 2001 and Mekdaschi and Liniger, 2013.
الصهاريج الأرضية	 **المصدر:** Oweis and others, 2004.	• هي صهاريج محفورة تحت الصخور أو مغطاة لمنع التبخر. • الحجم: 10-1,000 متر مكعب. • تجمع مياه الجريان السطحي من مستجمعات قريبة أو المياه التي يتم توجيهها من مستجمعات بعيدة. • يتم عادة تحويل جريان مياه الأمطار الأولى في الموسم بعيداً عن الصهريج لتجنب تلوث المياه. • يتم عادة إنشاء مصائد أو أحواض ترسيب عند مدخل الخزان لتقليل كمية الرواسب. وإلا، ينبغي تنظيف الخزان بشكل دوري (مرة واحدة كل عام أو كل عامين). • الاستخدامات: الري، والاستهلاك الحيواني. **المصادر:** Mekdaschi and Liniger, 2013 and Oweis and others, 2001.

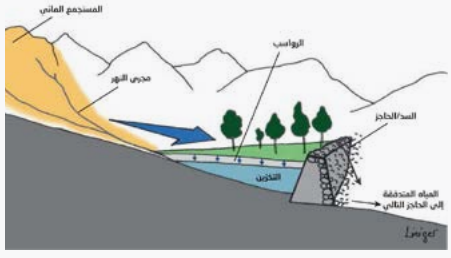
نُظُم حصاد مياه السيول



إن حصاد مياه السيول هو جمع وتخزين مياه قناة مؤقتة تتدفق من مستجمع مائي يمكن أن يمتد على عدة كيلومترات وتفوق مساحته 200 هكتار. ويمكن استخدام هذه المياه في ري المحاصيل والأشجار، ولإعادة تغذية المياه الجوفية. ويتطلب هذا النظام بنى تحتية معقدة من السدود وشبكات التوزيع. ويمكن أن يكون نظاماً خارج قاع قناة المياه/الوادي حيث يتم تحويل المياه إلى الحقول المجاورة،

ويسمى أيضاً نظام ري الفيض أو نظام نشر المياه، أو داخل قاع القناة/الوادي حيث يتم تخزين المياه داخلها بواسطة السدود والبرك. وتوفر هذه النُظُم المياه للمساحات الشاسعة التي تتم زراعة المحاصيل فيها وتسمح بالسيطرة على السيول وما يتصل بها من عواقب سلبية. غير أن الطبيعة غير المتوقعة للسيول تزيد من خطر تدمير هذه النُظُم أو انسدادها، مما يؤدي إلى تكبد تكاليف باهظة للبناء والصيانة. وترد في الجدول 3 معلومات إضافية عن تصاميم مختارة لنظم حصاد مياه السيول.

الجدول 3. أنواع مختارة لنُظُم حصاد مياه السيول وميزاتها الرئيسية

نُظُم حصاد مياه السيول	التصميم	الميزات الرئيسية
نظم نشر المياه	 **المصدر:** Prinz, 1996.	• تضطر مياه الوادي إلى الانحراف عن مسارها الطبيعي عن طريق إقامة حاجز يرفع من مستوى المياه أو هدار (weir) من الحجارة أو الأسمنت أو أكياس حجارة (gabion) وذلك لري المحاصيل في المناطق المجاورة. • تتم الاستعانة بمتون لإخراج المياه من الوادي. • الاستخدامات: ري جميع المحاصيل والأشجار. • تتطلب هذه النُظُم أرضية متجانسة ومنحدرة قليلاً مع تدرج كاف للسماح بتدفق المياه الكافي ومنع تراكم الرواسب. **المصادر:** Mekdaschi and Liniger, 2013 and Oweis and others, 2001.
استصلاح مجرى القناة / زراعة قاع الوادي / جسور	 **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.	• منشآت جدارية من الحجارة والتربة مبنية في الوديان. • تسمح بمحاصرة المياه وراءها ما يخلق أرضاً خصبة جيدة لزراعة المحاصيل بسبب تراكم الرواسب التي تحملها المياه. • يتم استصلاح مجرى النهر في الوديان ذات المنحدرات البسيطة، أما بالنسبة للجسور على وجه التحديد، فيتم انشاؤها في الوديان ذات المنحدرات الحادة. • الاستخدامات: ري المحاصيل وأشجار الفاكهة (الزيتون والتين واللوز والنخيل والبقوليات مثل البازلاء والحمص والعدس والفاصوليا والحبوب مثل القمح والشعير). • تتطلب الجدران صيانة منتظمة. **المصادر:** Mekdaschi and Liniger, 2013 and Oweis and others, 2001.

اعتبارات التصميم

ينبغي أخذ عدة عوامل في الاعتبار عند اتخاذ قرار بتنفيذ نظام لحصاد مياه الأمطار. وفي ما يلي الاعتبارات الرئيسية:

- **الاستخدام النهائي للمياه:** إن الغرض من حصاد مياه الأمطار، والاستخدام النهائي للمياه، سواء كان من أجل الاستخدام المنزلي أو الاستخدام الزراعي، أمران حاسمان بالنسبة لاتخاذ القرار لأنهما يؤثران على التصميم والمعالجة اللاحقة اللازمة للمياه.

- **كمية المياه المطلوبة التقديرية:** من المفيد أن نعرف مسبقاً كمية المياه التي تستخدمها/تحتاج إليها المنشأة/المزرعة المعنية لمعرفة مدى مساهمة نظام حصاد مياه الأمطار في تلبية هذه الاحتياجات. كما أنه مؤشر جيد على الجدوى الاقتصادية للنظام.

- في معادلة مبسطة، يتم احتساب حجم المياه المجمعة (متر مكعب) بضرب مساحة المستجمع المائي (متر مربع) بهطول الأمطار (ملم/السنة) ومعامل الجريان السطحي[5].

المياه المجمعة = مساحة المستجمع المائي ×كمية هطول الأمطار×معامل الجريان السطحي

- يتم الحصول على المتطلبات الإضافية للمحصول من المياه عن طريق ضرب المساحة المزروعة بمتطلبات المحصول من المياه مطروحاً منها متوسط هطول الأمطار.

المياه الإضافية المطلوبة (حسب المحصول) = المساحة المزروعة × (متطلبات المحاصيل من المياه - هطول الأمطار)

- أثناء تصميم نظام لحصاد مياه الأمطار، يجب أن تكون المياه المجمعة مساوية للمياه المطلوبة[6].

- **نوع وحجم المستجمع المائي:** ينبغي أن يتوفر مستجمع مائي مناسب؛ إذ إن المواد والانحدار ومساحة المستجمع المائي هي متغيرات يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم نظام لحصاد مياه الأمطار لأنها تؤثر على كمية ونوعية مياه الأمطار المتاحة لجمعها وعلى كفاءة النظام:

- بالنسبة لنُظُم حصاد مياه الأمطار حيث يتم تخزين مياه الأمطار المجمعة في التربة لإنتاج النباتات، فإن نسبة مساحة المستجمع المائي إلى مساحة منطقة التطبيق (C:A)، التي يشار إليها أيضاً باسم النسبة بين المستجمع المائي والمساحة المزروعة (CCR)، هي من الاعتبارات المهمة في التصميم. وهي عبارة عن مقارنة حجم المستجمع المائي بحجم منطقة التطبيق. ويتم احتسابها من خلال النظر في هطول الأمطار، ومتطلبات المحاصيل من المياه والخصائص الفيزيائية للمستجمع المائي ومنطقة التطبيق[7].

- **هطول الأمطار:** كمية الأمطار ونمطها من العوامل الهامة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم النظام فهي تدخل في عملية حساب كمية المياه المتاحة لتجميعها. أثناء تصميم نظام حصاد المياه، من الأفضل ألا يتم تصميمه بالارتكاز على متوسط قيم هطول الأمطار في المنطقة بل على قيم أقل ليكون النظام أكثر

5 معامل الجريان السطحي: نسبة الأمطار التي تتدفق كجريان سطحي. ويعتمد على عوامل كثيرة مثل انحدار الأرض ونوع التربة والغطاء النباتي وخصائص هطول الأمطار. ويتراوح عادة بين 0.1 و0.5 (Critchley and others, 1991).

6 Critchley and others, 1991.

7 Mekdaschi and Liniger, 2013.

موثوقية. ويؤثر نمط هطول الأمطار أيضاً على حجم نظام/خزان التجميع الذي سيتم اختياره، حيث كلما كان نمط هطول الأمطار أكثر توزّعاً، كلما كان حجم الخزان أصغر.

وترد في الجدول 4 تفاصيل إضافية عن النقاط والميزات الرئيسية التي ينبغي مراعاتها عند تصميم نظام حصاد مياه الأمطار.

الجدول 4. اعتبارات التصميم والنقاط الرئيسية لنُظُم حصاد مياه الأمطار

الخصائص والمكونات الرئيسية	التطبيقات	نوع وحجم المستجمع المائي	متوسط هطول الأمطار المناسب	متطلبات الإنشاء والتشغيل والصيانة
حصاد المياه من السطح/الفناء الخارجي				
• يسمح بتجميع مياه الجريان السطحي من أسطح المنشآت أو ساحاتها. • يتم تخزين المياه في خزانات وصهاريج (فوق أو تحت الأرض).	• الاستخدام المنزلي. • الصرف الصحي. • الاستهلاك الحيواني. • ري الحدائق والمحاصيل/الأشجار على نطاق صغير. • في منشآت تصنيع المنتجات الزراعية	السطح أو أي سطح معد (مرصوص أو مرصوف أو مغطى بأغطية بلاستيكية).	نطاق واسع، يبدأ من 200 ملم.	• يتطلب هذا النظام صيانة بسيطة. • يتطلب هذا النظام مستوى عال نسبياً من الدعم المالي والتقني خلال عملية الإنشاء.
نُظُم المستجمعات المائية الصغيرة				
• يجمع مياه الجريان السطحي من المستجمعات المائية الصغيرة المتاخمة للمحاصيل/النباتات. • النظام عبارة عن تقنيات زراعية يتمّ تنفيذها في التربة عبر استحداث الثقوب، والحفر، والأحواض، والأشرطة، والمتون، والمصطبات وغيرها.	• يُستخدم لري تقريباً جميع أنواع المحاصيل (المحاصيل السنوية، والأشجار أو الشجيرات). • يُستخدم في إعادة تأهيل المراعي.	• يكون المستجمع المائي عادة من التربة الجرداء ولا حاجة إلى نظام نقل. • مساحة المستجمع المائي بين بضعة أمتار مربعة و1,000 متر مربع. • نسبة مساحة المستجمع إلى منطقة التطبيق بين 1:1 و1:25. **المصدر:** ESCWA, 2017.	بين 200 ملم و800 ملم	• تتطلب هذه النُظُم اليد العاملة، لا سيما للصيانة. • يجب إعداد الأرض (المستجمع ومنطقة الترشيح/التطبيق) في كل موسم للمحاصيل السنوية.

نُظُم المستجمعات المائية الكبيرة				
• تكون المستجمعات المائية خارج حدود المزرعة. • يتم تخزين المياه في البرك، والسدود الترابية والحجرية الصغيرة، والخزانات...	توفر المياه للاستخدام المنزلي والاستهلاك الحيواني ولري المحاصيل السنوية والدائمة.	• يكون المستجمع المائي عادة على سفوح التلال والمنحدرات الجبلية والغابات... ويتراوح بين 0.1 هكتار و200 هكتار. • نسبة المستجمع إلى منطقة التطبيق بين 1:10 و1:100. **المصدر:** ESCWA, 2017.	بين 200 ملم و1,500 ملم.	• تتطلب هذه النظم مستوى عال من الاستثمار واليد العاملة والدعم التقني خلال عملية الإنشاء. • تتطلب مستوى عال من الدراية الفنية في الصيانة. • نظراً لأنها تعمل على نطاق مستجمعات المياه الكبيرة، يجب معالجة قضايا هامة مثل ملكية وحيازة الأراضي/ الموارد.
نُظُم حصاد مياه السيول				
• تسمح بجمع مياه قناة مؤقتة ناتجة عن أحداث الجريان السطحي الشديدة وتخزينها. • يتطلب هذا النظام منشآت معقدة من السدود وشبكات التوزيع.	• ري المحاصيل والأشجار. • تغذية طبقة المياه الجوفية.	• مساحة المستجمع المائي أكبر من 200 هكتار. • نسبة المستجمع إلى منطقة التطبيق بين 1:100 و1:10,000. **المصدر:** ESCWA, 2017.	بين 100 و700 ملم في حالة السيول العرضية وأحداث الجريان السطحي الشديدة. **المصدر:** Mekdaschi and Liniger, 2013.	تتطلب مستوى عال من الاستثمار واليد العاملة والدراية الفنية خلال عملية الإنشاء والصيانة في حال وقوع أضرار قد تتسبب بها السيول.

مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها

يمثل حصاد مياه الأمطار فوائد بيئية واجتماعية واقتصادية كثيرة، لا سيما بالنسبة للمزارعين. وعلى الرغم من أن بعض التحديات قد تبرز عند اعتماد هذه التكنولوجيا، يمكن التغلب عليها بسهولة من خلال التخطيط الجيد والرصد والصيانة المناسبين. وترد في ما يلي مزايا تكنولوجيا حصاد مياه الأمطار والتحديات الرئيسية لتطبيقها:

المزايا

- توفّر هذه النظم المياه للمناطق ذات الأراضي الجافة وتدعم السكان والمزارعين للتغلب على نوبات الجفاف.
- تخفّف من آثار الجفاف وتغيُّر المناخ من خلال السماح باستخدام هطول الأمطار بطريقة كفوءة، وتوفّر مصدراً إضافياً للمياه، وبالتالي تقلّل الضغط على الموارد المائية التقليدية.
- تسمح للمياه التي تم جمعها بأن تكون قريبة من نقطة الاستخدام النهائي؛ وهذا أمر مهم بشكل خاص في المناطق التي لا توجد فيها مصادر قريبة للمياه، على سبيل المثال في المناطق الريفية النائية مما يخفض معدلات الهجرة.
- توفّر مصدراً للمياه النظيفة التي تحتاج إلى الحد الأدنى من المعالجة لتكون جاهزة للاستخدام، فهي أقل عرضة للتلوث مثل المياه السطحية والجوفية.
- تقلّل من خطر انجراف التربة ورصها وتسمح بالتعامل مع الأحداث الشديدة مثل السيول عن طريق الحد من الجريان السطحي الناتج عن المتساقطات.
- تقدّم فوائد اجتماعية في بعض المجتمعات الريفية من خلال الحد من عبء العمل اللازم لتأمين المياه.
- تعتبر تكلفة نُظُم حصاد مياه الأمطار معقولة جداً بالمقارنة مع مخططات تجميع المياه الباهظة الثمن. حيث إنها تكنولوجيا مرنة ويمكن تكييفها على أساس مختلف الحالات والميزانيات.
- يعتبر بناء النظام، وخاصة نظم المستجمعات المائية الصغيرة، بسيطاً جداً، ويمكن تدريب المزارعين بسهولة على تشغيله وصيانته.

تحديات التطبيق

- تعتبر كمية الأمطار وتوزيعها من العوامل التي تحد من موثوقية هذه التكنولوجيا؛ وبالتالي، ينبغي التخطيط للنظام وتصميمه بشكل جيد لتحديد مقدار مساهمته في كمية المياه المطلوبة. كما يمكن أن تؤثر مواسم الجفاف الطويلة على الإمداد بالمياه.
- يمكن أن تجذب مناطق التخزين البعوض وتفشي آفات أخرى. ويمكن أن تشكل الشبكات، ودوران النظام وإدارته السليمة أو الاستخدام المتكرر للمياه وتجديدها حلاً لهذه المشكلة.
- قد تتأثر نوعية المياه بعدة عوامل مثل تلوث الهواء والغبار والأوراق والحشرات وغيرها. ولا بد من نظام ترشيح جيد والتنظيف والمراقبة المنتظمين للحفاظ على نوعية جيدة من المياه.
- قد تتطلب بعض النُظُم استثمارات أولية كبيرة لبناء مرافق تخزين كبيرة وتأمين متطلبات الصيانة من حيث اليد العاملة، وبالتالي لا يمكن أن نلاحظ نسبة إيجابية للتكاليف إلى الفوائد إلا على المدى الطويل (مثال على ذلك نظام حصاد مياه السيول ونظم المستجمعات الكبيرة).

- في بعض الحالات، قد تتسبب النُظُم المشتركة بمشاكل بين أصحاب المصلحة بشأن مسائل الحقوق ومسؤولية الصيانة. ولا بد من الحرص على الحوكمة الرشيدة والإدارة السليمة لتجنب هذه المشكلة.
- قد تحرم النُظُم الكبيرة مناطق المصب من المياه.

المراجع

AbdelKhaleq, R.A. & Alhaj Ahmed, I. (2007) Rainwater harvesting in ancient civilizations in Jordan. Water Science & Technology: Water Supply vol. 7, No. 1 pp. 85-93 Q IWA Publishing 2007. Available at http://iwaponline.com/ws/article-pdf/7/1/85/418455/85.pdf.

Abdullah, F. (2019) Rainwater harvesting in Jordan: potential water saving, optimal tank sizing and economic analysis. Urban Water Journal, vol. 17, No. 5, pp. 446-456. Available at https://www.researchgate.net/publication/335019937_Rainwater_harvesting_in_Jordan_potential_water_saving_optimal_tank_sizing_and_economic_analysis.

Beckers, Brian, Berking, Jonas and Schütt, Brigitta (2013) Ancient Water Harvesting Methods in the Drylands of the Mediterranean and Western Asia. eTopoi Journal for Ancient Studies, vol. 2 (2012/2013), pp. 145-164. Available at https://www.researchgate.net/publication/264313544_Ancient_Water_Harvesting_Methods_in_the_Drylands_of_the_Mediterranean_and_Western_Asia.

Critchley, W., Siegert, K., Chapman, C. (1991). A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, Food and Agriculture Organization, Rome. Available at http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e00.htm.

Environment agency (2009) Rainwater Harvesting: an on-farm guide, rainwater as a resource, November 2009, England. Available at https://hedonblog.files.wordpress.com/2010/05/rainwater-as-a-resource.pdf.

Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (2017). Climate Change Adaptation in Agriculture, Forestry and Fisheries Using Integrated Water Resources Management Tools, Beirut. Available at https://www.unescwa.org/publications/climate-change-adaptation-agriculture-forestry-fisheries.

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) (2012). Assessing Potential for water harvesting in Zoba Northern Red Sea, Eritrea. Final Technical report. Available at https://geoagro.icarda.org/downloads/publications/reports/IFAD_GIS-for-water-harvesting-in-Zoba-Northern-Red-Sea.pdf.

Liniger, Hanspeter, Mekdaschi Studer, Rima, C. Hauert and M. Gurtner (2011). Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. TerrAfrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at http://www.fao.org/3/a-i1861e.pdf.

Mekdaschi Studer, Rima and Liniger, Hanspeter (2013). Water Harvesting: Guidelines to Good Practice. Centre for Development and Environment (CDE), Bern; Rainwater Harvesting Implementation Network (RAIN), Amsterdam; MetaMeta, Wageningen; The International Fund for Agricultural Development (IFAD), Rome. Available at https://www.wocat.net/library/media/25/.

Ministry of Environment and United Nations Development Programme (2016). National guidelines for greenhouse rainwater harvesting systems in the agriculture sector. Beirut, Lebanon. Available at http://climatechange.moe.gov.lb/viewfile.aspx?id=250.

Ministry of Energy and Water in Lebanon and United Nations Development Programme (2016) National Guideline for Rainwater Harvesting Systems. Beirut, Lebanon. Available at https://www.lb.undp.org/content/lebanon/en/home/library/environment_energy/NATIONAL-GUIDELINE-FOR-RAINWATER-HARVESTING-SYSTEMS.html.

Oweis, Theib, Ahmed Hachum and Adriana Bruggeman, eds. (2004). Indigenous Water Harvesting Systems in West Asia and North Africa. Aleppo, Syrian Arab Republic: ICARDA. Available at https://www.researchgate.net/publication/266382589_Indigenous_Water_Harvesting_Systems_in_West_Asia_and_North_Africa.

Oweis, Theib; Prinz, Dieter and Hachum, Ahmed. (2001). Water Harvesting: indigenous knowledge for the future of drier environments. Aleppo, Syria: ICARDA. Available at https://www.researchgate.net/publication/267131411_Water_harvesting_indigenous_knowledge_for_the_future_of_the_drier_environments_ICARDA_Aleppo_Syria_40_pp.

Prinz, Dieter (1996). Water Harvesting: Past and Future. In Sustainability of Irrigated Agriculture, Pereira, Luis Santos ed. Proceedings of NATO Advanced Research Workshop, Vimeiro, Balkema, Rotterdam, March 2014. Available at https://core.ac.uk/download/pdf/197597873.pdf.

Prinz, Dieter (2013) Water Harvesting Methods (with Special Reference to Microcatchment and Rooftop Water Harvesting), Selection, Planning and Design to Meet Future Climatic Conditions. In Rainwater Harvesting in the Arab Region with Special Reference to Adaptation to Climate Change. Jnad, Ihab and Prinz, Dieter eds. Proceedings of a Regional ACSAD Conference 20-22 May 2013, Beirut, Lebanon. Available at https://www.academia.edu/6168411/Water_Harvesting_Methods_with_Special_Reference_to_Microcatchment_and_Rooftop_Water_Harvesting_._Selection_Planning_and_Design_to_Meet_Future_Climatic_Conditions.

21-00577