الحلول المرنة للمياه لمواجهة التغيير المناخي
في الأردن ولبنان

برنامج الموئل

ADAPTATION FUND

دليل حصاد مياه الأمطار و أنظمة المياه الرمادية 2025



المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

وزارة الأوقاف والشؤون والمقدسات الإسلامية

جهد JOHUD
الصندوق الأردني الهاشمي للتنمية البشرية
The Jordanian Hashemite Fund for Human Development

دليل حصاد مياه الأمطار وأنظمة المياه الرمادية

2025

تم إعداد هذا الكتيب من قبل المركز الدولي لبحوث المياه والبيئة والطاقة في جامعة البلقاء التطبيقية، قسم الدراسات والأبحاث والمشاريع والتدريب. بدعم من برنامج الأمم المتحدة للمستوطناتالبشرية (المؤل) بالشراكة مع الصندوق الأردني الهاشمي للتنميةالبشرية (جهد).

إعداد وتأليف:

د. هبة الخرابشة

م. ايمان الشاعر

م. أحمد الزعبي

تم تطوير هذه المواد التدريبية كجزء من مشروع "تعزيز قدرة النازحين والمجتمعات المضيفة على مواجهة تحديات المياه المرتبطة بتغير المناخ في الأردن ولبنان". هذا المشروع ممول من صندوق التكيف وتنفذه الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية. جميع المواد الواردة في هذا المنشور محمية بحقوق الطبع والنشر. يُعد نسخ أو نقل أجزاء من هذا العمل أو كله دون إذن انتهاكًا للقانون المعمول به.
يشجع برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية نشر أعماله، وعادةً ما يمنح الإذن بإعادة إنتاج أجزاء من العمل فورًا، بشرط الإشارة إلى برنامج الموئل ونسبه إليه.

إن الإشارة في هذا المنشور إلى أي منتجات تجارية محددة، أو أسماء علامات تجارية، أو عمليات، أو خدمات، أو استخدام أي اسم تجاري، أو اسم شركة، أو اسم مؤسسة، لا يشكل تأييداً أو توصية أو تفضيلاً من قبل برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية أو مسؤوليه، كما أن هذه الإشارة لا تشكل تأييدا لبرنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية.

برنامج الموئل

دليل حصاد مياه الأمطار وأنظمة المياه الرمادية

الرقم	العنوان الرئيسي	رقم الصفحة
1	مقدمة الدليل التدريبي	1
2	واقع المياه في الأردن	3
3	التغير المناخي وتأثيره على الموارد المائية في الأردن	7
4	أهمية وأثر حصاد مياه الأمطار بشكل عام وكنتيجة للتغير المناخي	11
5	واقع حصاد مياه الأمطار في الأردن	17
6	فاهيم ومبادئ وأنظمة حصاد مياه الأمطار	23
7	كميات المياه التي يمكن تحقيقها ونوعيتها واستخداماتها نتيجة حصاد مياه الأمطار	30
8	أنواع الحصاد مياه الامطار للمنازل عالميا ومحليا	36
9	كيفية تحديد حجم وموقع ونوع النظام والعوامل التي يجب مراعاتها عند اتخاذ قرار إنشاء نظام حصاد	41
10	التصميم الهندسي لأنظمة الحصاد وكيفية التنفيذ والتركيب	43
11	مواصفات أنظمة حصاد المياه المعتمدة في الأردن	47
12	كيفية تشغيل واستخدام الأنظمة من قبل المستفيدين	50
13	كيفية صيانة الأنظمة ومواعيد الصيانة الدورية	53
14	خطوات تنظيف وتعقيم الخزانات التجميعية	56
15	طرق معالجة المياه المجمّعة في أنظمة حصاد مياه الأمطار	58
16	الجدوى الاقتصادية والعمر الافتراضي وكلف الإنشاء والصيانة	73
17	القوانين والتعليمات المنظمة لحصاد مياه الأمطار في الأردن	76
18	مفاهيم ومبادئ وأنظمة المياه الرمادية	78
19	نظام إعادة استخدام المياه الرمادية	84
20	استخدام القطع الموفّرة للمياه	90
21	إجراءات توفير المياه في المنازل وري الحدائق	93
22	التوصيات والحلول التي يمكن تطبيقها	97
23	المراجع العلمية	100

فهرس الجداول

جدول 1 :أهمية الحصاد المائي والتغير المناخي 15

جدول 2: أنواع السدود في أنظمة حصاد مياه الأمطار في الأردن 18

جدول 3: مفاهيم ومبادئ وأنظمة حصاد مياه الأمطار 22

جدول 4:توضيح مبادئ أنظمة حصاد مياه الأمطار 23

جدول 5: خصائص المستجمعات المائية 24

جدول 6: مواصفات أنظمة حصاد مياه الأمطار من الأسطح والمنازل 25

جدول 7: أنظمة المستجمعات المائية الصغيرة 26

جدول 8: أنواع نُظُم المستجمعات المائية الصغيرة وخصائصها 26

جدول 9: أنظمة المستجمعات المائية الكبيرة 28

جدول 10:أنواع مختارة لنُظُم المستجمعات المائية الكبيرة وميزاتها الرئيسية 29

جدول 11: جدول تقديري للكميات الممكن حصادها من أسطح المباني 33

جدول 12:مقارنة استخدامات المياه المحصودة (عام / مباني) 34

جدول 13: جدول مقارنة بين أنظمة حصاد مياه الأمطار بشكل عام وعلى مستوى المباني 35

جدول 14: جدول مقارنة أنواع الحصاد المائي للمنازل مع كميات المياه الممكنة 40

جدول 15: محددات اختيار خزان التجميع 43

جدول 16: معدل الهطول السنوي (ملم) - المصدر: دائرة الأرصاد الجوية 44

جدول 17: جدول يوضح قيم معامل الجريان السطحي 44

جدول 18: جدول يوضح ملحقات وتجهيزات الأنظمة ووظائفها 46

جدول 19: اعتبارات التصميم والنقاط الرئيسية لأنظمة حصاد مياه الأمطار 49

جدول 20: اجراءات التشغيل لمراحل تشغيل انظمة حصاد المياه من قبل المستفيدين 50

جدول21 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار قبل بدء الموسم المطري 51

جدول22 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار أثناء الموسم المطري 51

جدول23 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار بعد انتهاء الموسم المطري 52

جدول 24: مهام صيانة نظام الحصاد المائي 53

جدول25 : قائمة التحقق لأعمال الصيانة الدورية لنظام حصاد مياه الأمطار 55

جدول 26: خطوات تنظيف الخزان التجميعي البلاستيكي 56

جدول 27: خطوات تنظيف الخزان التجميعي الخرساني 57

جدول 28: خطوات تعقيم الخزان نفسه (الخزان فارغ) 57

جدول 29: جدول أشهر الطرق شيوعاً لتطهير مياه الأمطار المجمعة في الخزانات المنزلية 60

جدول 30: الخصائص الفيزيائية لمياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015 66

جدول 31: المواد والخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015 66
جدول 32: العناصر والمركبات الكيميائية غير العضوية - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015 67
جدول 33: جدول نواتج عملية التطهير في مياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015 68
جدول 34:إجراءات السلامة العامة في نظام حصاد مياه الأمطار 70
جدول 35: المشكلات الشائعة وحلولها في أنظمة الحصاد المائي 71
جدول 36: أثر الجدوى الاقتصادية والعمر الافتراضي وكلف الإنشاء والصيانة على نظام حصاد المياه 76
جدول 37: الإطار القانوني والتنظيمي لأنظمة حصاد مياه الأمطار والجهات المعنية 78
جدول 38: تصنيف أنواع مياه الصرف الصحي وخصائصها ومتطلبات معالجتها 79
جدول 39: مقارنة بين المياه الرمادية ومياه الأمطار 84
جدول40 : مراحل معالجة المياه الرمادية مع صور توضيحية 88
جدول 41: جدول يوضح أنواع القطع الموفرة للمياه 92

1. مقدمة الدليل

تُعدّ المنطقة العربية من أكثر مناطق العالم شُحًّا بالمياه، إذ تواجه المناطق الحضرية والريفية على حدّ سواء تحدياتٍ مائية متزايدة .وتشهد بعض المناطق في الأردن ولبنان ضغوطًا متنامية على توافر الموارد المائية، تتفاقم بفعل تغيّر المناخ، والتدفّق غير المسبوق للنازحين، والاستنزاف المفرط للمياه الجوفية، فضلًا عن تدهور نوعيتها و تلوثها.

وفي هذا السياق، أطلق برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية (المؤل) بتاريخ 20 تشرين الأول/أكتوبر 2021 مشروع »زيادة قدرة اللاجئين والمجتمعات المضيفة على التأقلم مع تغيّر المناخ، وبخاصة التحديات التي تواجه قطاع المياه في الأردن ولبنان«، والذي يهدف إلى تعزيز قدرة النازحين والمجتمعات المضيفة على مواجهة التحديات المائية المرتبطة بتغيّر المناخ في كلا البلدين.

ويُنفّذ المشروع بتمويل من صندوق التكيّف، ويهدف إلى تحسين الاستجابة لآثار تغيّر المناخ ومواطن الضعف المرتبطة به، من خلال تطوير وتطبيق تدابير عملية للتكيّف تلبي احتياجات النازحين والمجتمعات المضيفة، ولا سيما الفئات الأكثر عرضة للتأثر، بما في ذلك النساء والشباب والمزارعين، مع مراعاة الحدّ من أي توترات محتملة تتعلق بالموارد الطبيعية أو فرص العمل.

ويركّز المشروع على الاستجابة لتحديات المياه المرتبطة بتغيّر المناخ من خلال اعتماد نهج مستدام لإدارة الموارد المائية، يهدف إلى تقليل الاعتماد على مصادر المياه غير المستدامة، وعلى رأسها المياه الجوفية المستنزفة، والتي غالبًا ما تكون متدنية الجودة، وذلك عبر تشجيع وتوسيع استخدام مصادر مياه غير تقليدية

وأكثر استدامة، مثل حصاد مياه الأمطار، وإعادة استخدام المياه الرمادية، ومياه الصرف الصحي المعالجة .ويُقدّر عدد المستفيدين من المشروع بنحو 120 ألف شخص، تشكّل النساء ما يقارب 40 %منهم، بينما يشكّل الشباب حوالي 15%.

وقد أدرك الأردن مبكرًا أهمية حصاد مياه الأمطار كأحد الحلول المستدامة لمواجهة ندرة المياه، فتم إعداد واعتماد عدد من الاستراتيجيات الوطنية التي تشجّع الأفراد والمؤسسات على تبنّي هذه التقنيات، وتطوير البُنى التحتية اللازمة لجمع وتخزين مياه الأمطار، بما ينسجم مع التوجّهات الوطنية لإدارة الموارد المائية والتكيّف مع تغيّر المناخ.

وبصفته شريكًا منفذًا للمشروع، اضطلع الصندوق الأردني الهاشمي للتنمية البشرية(جهد) بمسؤولية تنفيذ تدخلات عملية تسهم في تحقيق أهداف المشروع .وقد تأسس الصندوق الأردني الهاشمي للتنمية البشرية(جهد) عام 1977 بموجب مرسوم ملكي كمنظمة مستقلة غير حكومية وغير ربحية، ويستند في عمله إلى نهج مؤسسي مرتكز على الإنسان، وانتشار جغرافي ومجتمعي واسع في مختلف محافظات المملكة .ويُعدّ الصندوق الأردني الهاشمي للتنمية البشرية)جهد (نموذجًا وطنيًا في مجال الحكم المحلي وتعزيز المشاركة المدنية في التنمية البشرية المستدامة.

وفي هذا الإطار، قام فريق المشروع التابع للصندوق الأردني الهاشمي للتنمية البشرية (جهد) بتركيبوإنشاء 64 نظامًا لحصاد مياه الأمطار في المدارس والمساجد والمباني السكنية في محافظتي إربد والمفرق.

2. واقع المياه في الأردن

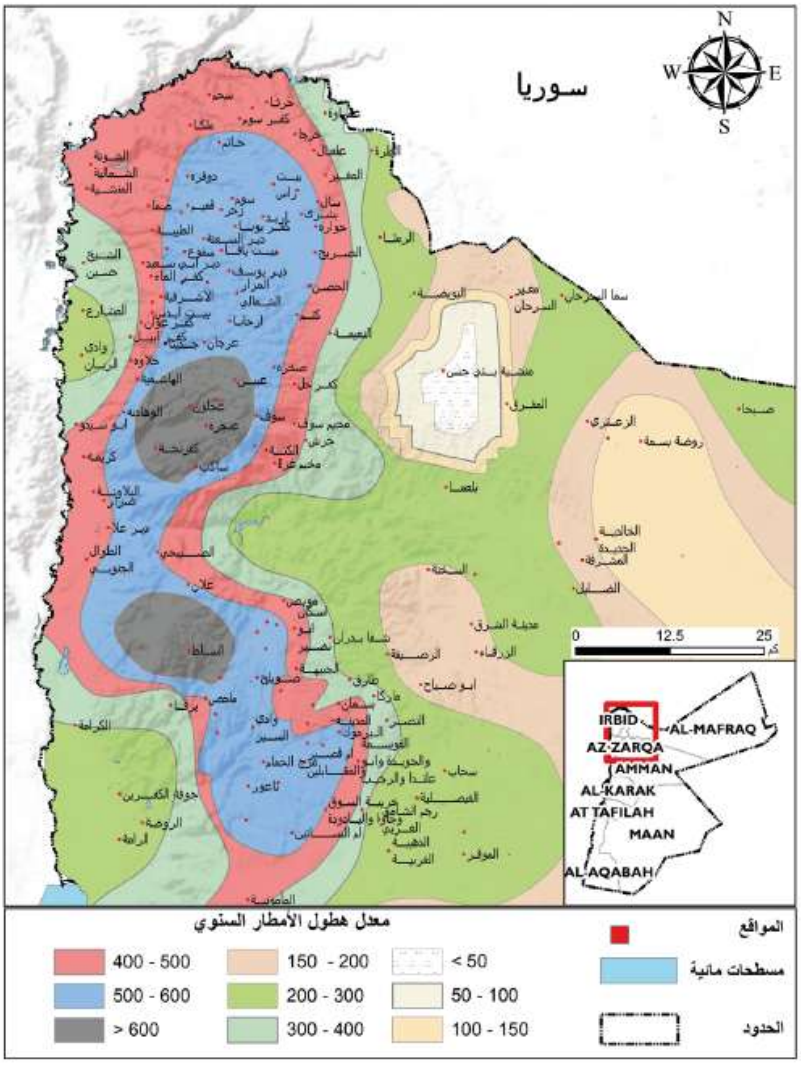
يُعدّ الأردن من أفقر دول العالم مائيًا، ويواجه تحديات مائية مركّبة ناتجة عن محدودية الموارد الطبيعية، والتغير المناخي، والنمو السكاني المتسارع، والضغوط الإقليمية. ووفقًا للاستراتيجية الوطنية للمياه للأعوام 2024-2023 فإن الموارد المائية المتاحة في المملكة أقل بكثير من الاحتياجات الفعلية لكافة القطاعات، مما يخلق فجوة متزايدة بين العرض والطلب.

تشير البيانات الرسمية إلى أن حصة الفرد السنوية من المياه العذبة المتجددة في الأردن انخفضت إلى حوالي 61مترًا مكعبًا للفرد في السنة، وهي قيمة تقل بكثير عن خط الفقر المائي المطلق المعتمد دوليًا والمقدّر بـ 500متر مكعب للفرد في السنة، ويعكس هذا الرقم مستوى شح حاد وغير مسبوق، يضع الأردن ضمن فئة الشح المائي الحرج.

تعتمد المملكة على مزيج محدود من مصادر المياه يشمل المياه الجوفية، والمياه السطحية، والمياه المعالجة، إضافة إلى كميات محدودة من المصادر المشتركة. إلا أن المياه الجوفية، التي تشكّل العمود الفقري للتزويد المائي، تتعرض لاستنزاف كبير نتيجة الضخ الجائر، حيث يتم استخراج كميات تفوق حدود الضخ الآمن في معظم الأحواض المائية، مما أدى إلى انخفاض مناسيب المياه وتدهور نوعيتها.

تُظهر خريطة التوزيع المكاني لمعدلات الهطول المطري في الأردن تفاوتًا واضحًا بين الأقاليم المختلفة، حيث تتركز أعلى كميات الأمطار في المرتفعات الشمالية الغربية، بينما تسود الظروف الجافة وشبه الجافة في معظم مناطق البادية الشرقية والجنوبية. وينعكس هذا التباين مباشرة على واقع المياه السطحية،

التي تتسم بطبيعتها بشدة التذبذب والاعتماد الكامل على الهطول المطري غير المنتظم زمانيًا ومكانيًا. وقد أسهم التغير المناخي خلال العقود الماضية في انخفاض كميات الأمطار وتغيّر أنماطها، ما أدى إلى تراجع الجريان السطحي، وانخفاض كميات التخزين في السدود، وضعف تغذية المياه الجوفية، خاصة في المناطق التي تعتمد على السيول الموسمية كمصدر رئيسي للمياه.



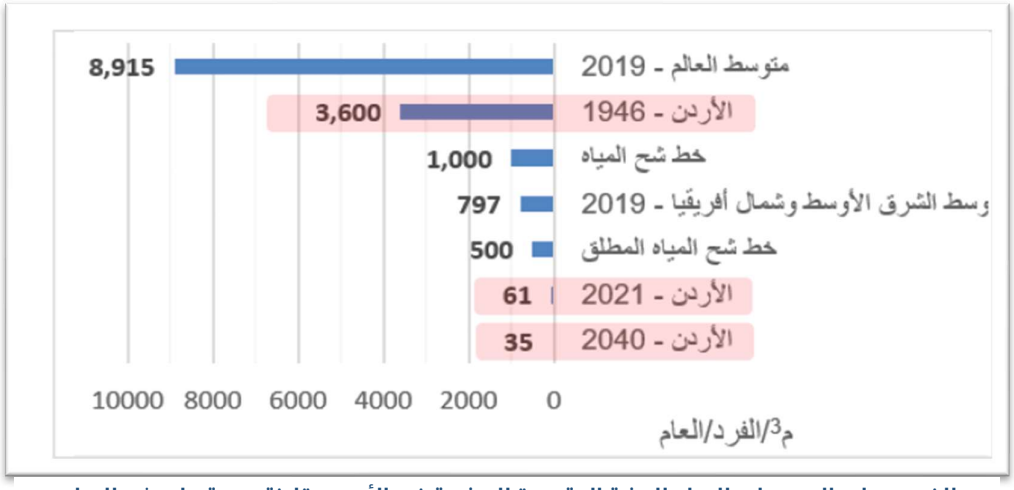
رسم توضيحي 1: خريطة التوزيع المطري في محافظات الشمال، المصدر: وزارة المياه والري 2022.

وعلى صعيد الطلب، يواجه الأردن ضغطًا متزايدًا على موارده المائية المحدودة نتيجة النمو السكاني الطبيعي وتدفقات اللاجئين خلال العقدين الماضيين، حيث تجاوز عدد السكان الفعلي التقديرات السابقة، الأمر الذي شكّل عبئًا كبيرًا على خدمات التزويد المائي، لا سيما في المدن الرئيسية والمناطق الحضرية. وتشير الاستراتيجية الوطنية للمياه إلى أن القطاع الزراعي يستهلك نحو 50% من المياه العذبة المتاحة، رغم محدودية العائد الاقتصادي مقارنة بالاستخدامات المنزلية والصناعية، ما يزيد من تعقيد معادلة إدارة الموارد المائية.

إضافة إلى ذلك، يعاني قطاع المياه من ارتفاع فاقد المياه (المياه غير المفوترة)، إذ بلغ متوسط الفاقد على المستوى الوطني حوالي 50% في عام 2020، وهو من أعلى المعدلات عالميًا. ويشمل هذا الفاقد; الفاقد الفيزيائي الناتج عن التسربات في الشبكات القديمة، والفاقد الإداري الناتج عن الاعتداءات والاستخدامات غير المشروعة، ما يترتب عليه خسائر مائية ومالية كبيرة. وفي ضوء هذه التحديات المتداخلة، تؤكد الاستراتيجية الوطنية للمياه أن تحقيق الأمن المائي في الأردن يتطلب تنويع مصادر المياه، وتعزيز كفاءة استخدامها، والتوسع في حلول غير تقليدية، وفي مقدمتها حصاد مياه الأمطار وإعادة الاستخدام، بوصفها أدوات أساسية للتكيف مع شح المياه والتغير المناخي.

ورفع كفاءة الاستخدام، وتخفيض الفاقد، والتوسع في المصادر غير التقليدية، إلى جانب تعزيز حلول لامركزية مثل حصاد مياه الأمطار، باعتبارها أداة داعمة للتكيّف مع التغير المناخي وتخفيف الضغط على المصادر التقليدية، خاصة على مستوى المنازل والمجتمعات المحلية يوضح الشكل أن حصة الفرد السنوية من

المياه في الأردن منخفضة جدًا مقارنة بالمتوسط العالمي والإقليمي، حيث بلغت نحو 61 م^3/فرد/سنة في عام 2021، مع توقع انخفاضها إلى حوالي 35 م^3/فرد/سنة بحلول عام 2040. ويؤكد هذا الوضع مستوى الشح المائي الحرج في الأردن مقارنة بخط الفقر المائي المطلق 500 م^3/فرد/سنة، ما يستدعي تبنّي حلول مستدامة مثل حصاد مياه الامطار.



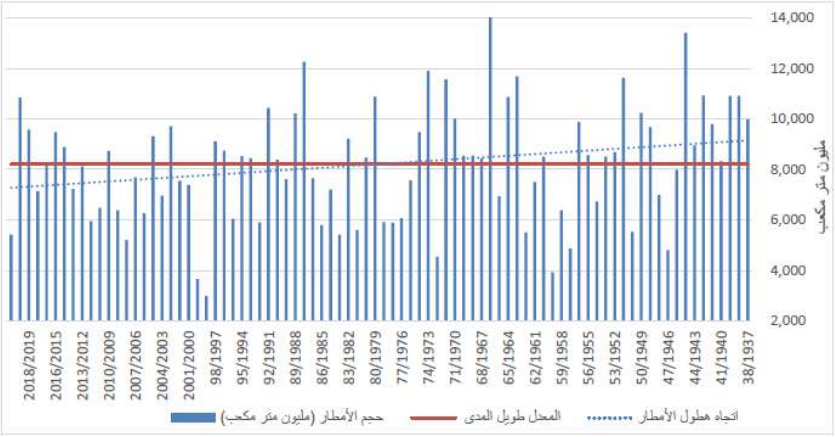
الفرد من إجمالي مصادر المياه العذبة المتجددة السنوية في الأردن مقارنة بمستويات شح المياه.

3. التغير المناخي: تعريفه عالميًا ومحليًا وتأثيره على قطاع المياه في الأردن.

يُعرَّف التغير المناخي بأنه تغيّر طويل الأمد في حالة المناخ، يمكن تحديده من خلال التغيرات في متوسطات المناخ أو في تباينه، ويستمر لعقود أو لفترات أطول، سواء كان ذلك نتيجة للتقلبات الطبيعية أو نتيجة مباشرة للأنشطة البشرية التي أدت إلى زيادة تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، مما تسبب في ارتفاع درجات الحرارة العالمية وتغيّر أنماط الهطول المطري وتواتر الظواهر الجوية المتطرفة.

التغير المناخي في السياق الوطني الأردني

يُعدّ الأردن من أكثر دول العالم هشاشةً وتأثرًا بآثار التغير المناخي، على الرغم من أن مساهمته في الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة لا تتجاوز 0.06% من الإجمالي العالمي. وتُظهر السياسة الوطنية للتغير المناخي أن مظاهر التغير المناخي في الأردن تشمل ارتفاعًا في متوسط درجات الحرارة بمعدل يتراوح بين 1.0-1.5درجة مئوية خلال العقود الماضية، مع توقعات بارتفاع إضافي قد يصل إلى 2.5–3.0درجات مئوية بحلول عام 2050 في حال استمرار الاتجاهات الحالية.



رسم توضيحي 2:أنماط هطول الأمطار خلال الأعوام (1937 – 2021) (الموازنة المائية السنوية لعام 2021)

كما تشير السجلات المناخية الوطنية إلى تراجع معدلات الهطول المطري بنحو 20% خلال آخر 84 سنة، إلى جانب ازدياد عدم انتظام توزيعه الزماني والمكاني، وتزايد تواتر وشدة موجات الجفاف. وقد ترافق ذلك مع ارتفاع معدلات التبخر نتيجة زيادة درجات الحرارة، ما أدى إلى انخفاض فعلي في كميات المياه المتاحة. وأسهمت هذه التغيرات مجتمعة في تعميق الضغوط على الموارد الطبيعية، ولا سيما الموارد المائية السطحية والجوفية، من خلال تراجع الجريان السطحي وانخفاض معدلات التغذية الطبيعية للأحواض الجوفية.

تأثير التغير المناخي على قطاع المياه في الأردن

يتعرّض قطاع المياه في الأردن لتأثيرات مباشرة وعميقة نتيجة التغير المناخي، في ظل واقع مائي يُعدّ من الأكثر هشاشة على مستوى العالم. فقد انخفضت حصة الفرد السنوية من المياه من نحو 3600م ^{3} في منتصف القرن الماضي إلى أقل من 100م^3 في السنوات الأخيرة، وهو مستوى أدنى بكثير من خط الفقر المائي المطلق عالميًا.

يسهم التغير المناخي في تعميق أزمة المياه من خلال انخفاض معدلات الهطول المطري وعدم انتظام توزيعه زمانيًا ومكانيًا، وتزايد فترات الجفاف المتتالية، وارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع التغذية الطبيعية للأحواض الجوفية وانخفاض الجريان السطحي . في المقابل، تؤدي الزيادة المتوقعة في درجات الحرارة إلى ارتفاع الطلب على المياه، لا سيما في القطاعين المنزلي والزراعي، في الوقت الذي تتناقص فيه كميات المياه المتاحة. ويُعد القطاع الزراعي، بوصفه أكبر مستهلك للمياه في الأردن، من أكثر القطاعات تأثرًا بهذه التغيرات، حيث ينعكس تناقص مياه الري مباشرة على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي.

أمام هذا الواقع، تبرز تقنيات الحصاد المائي كأحد أكثر حلول التكيّف مع التغير المناخي فاعلية واستدامة، لكونها تعتمد على تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار عند هطولها بدل فقدانها بالجريان السطحي أو التبخر. وتشمل هذه التقنيات حصاد مياه الأمطار من أسطح المباني والخزانات المنزلية، والحصاد السطحي عبر الحفائر والسدود الترابية، وحصاد الجريان السطحي في الأودية. كما يشكّل إعادة

استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها بطرق آمنة مسارًا تكميليًا مهمًا للتكيف مع التغير المناخي، إذ يسهم في تقليل الطلب على المياه العذبة، خاصة لأغراض الري والاستخدامات غير الصالحة للشرب.

الاستجابة الوطنية في قطاع المياه

استجابةً للتحديات المتزايدة التي يفرضها التغير المناخي على قطاع المياه في الأردن، أكدت السياسة الوطنية للتغير المناخي للأعوام 2020-2050 على ضرورة دمج مفاهيم التكيّف مع التغير المناخي في التخطيط والإدارة المائية على المستويين الوطني والمحلي. ويشمل ذلك تحسين إدارة الطلب على المياه، ورفع كفاءة استخدام الموارد المائية في مختلف القطاعات، والتوسع في الاعتماد على مصادر المياه غير التقليدية.

المصدر: الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2021

وفي هذا السياق، يُعد الحصاد المائي أحد الأدوات المحورية للتكيّف مع التغير المناخي، لما له من دور في تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار عند توفرها، وتقليل فاقد الجريان السطحي، وتخفيف الضغط على المصادر التقليدية، خاصة في المناطق السكنية والمؤسسات العامة. كما يشكّل إعادة استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها بطرق آمنة خيارًا تكميليًا مستدامًا يسهم في تقليل الطلب على المياه العذبة، لا سيما لأغراض الري والاستخدامات غير الصالحة للشرب.



بئر في كل بيت.. خطوة نحو أمان مائي مستدام

4. أهمية وأثر حصاد مياه الأمطار بشكل عام وكنتيجة للتغير المناخي بشكل خاص.

يواجه الأردن أزمة مائية متفاقمة نتيجة ازدياد الطلب على المياه بسبب النمو السكاني السريع وتدفق اللاجئين، إلى جانب الضغوط المتزايدة من القطاعين الزراعي والصناعي، في ظل موارد مائية محدودة أصلًا. وقد أسهم التغير المناخي في تعميق هذه الأزمة من خلال اضطراب أنماط الهطول المطري، وتراجع كميات الأمطار، وامتداد فترات الجفاف، ما أثر سلبًا على المياه السطحية والجوفية. وفي مواجهة هذه التحديات، يعتمد الأردن على التعاون الإقليمي في إدارة المصادر المشتركة إلى جانب التوسع في تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي وحملات ترشيد الاستهلاك والحصاد المائي. ورغم هذه الجهود، لا تزال تحديات

التمويل والاعتماد على الدعم الدولي والزيادة المستمرة في الطلب تعيق تحقيق حلول مائية مستدامة على المدى الطويل.

الحصاد المائي

يعرف حصاد مياه الأمطار بأنه عملية جمع وتخزين مياه الأمطار في الموقع لاستخدامها لأغراض محددة، ويعتبر من أبسط وأقدم طرق الإمداد الذاتي بالمياه. يمكن عمل حصاد مياه الأمطار على نطاق ضيق مثل تجميع مياه الأسطح المنزلية أو على نطاق أوسع مثل جمع مياه الأمطار في الصحراء على شكل سدود او حفائر ترابية. يُعدّ الحصاد المائي حلًا عمليًا ومستدامًا لمواجهة تحديات شحّ المياه في الأردن، إذ يوفّر مصدرًا إضافيًا وموثوقًا للمياه يخفف من الاعتماد على الموارد التقليدية المحدودة والمتناقصة.



الحصاد المائي والتغير المناخي

ويسهم الحصاد المائي في تلبية جزء من الاحتياجات المائية، لا سيما في المناطق الأكثر عجزًا، ويحافظ على المياه الجوفية عبر تقليل الضغط على الأحواض وحمايتها من الاستنزاف. كما يدعم تحسين خصوبة التربة والإنتاج الزراعي، ويعزز الاستدامة البيئية من خلال الإدارة الكفؤة للمياه وتقليل مخاطر الفيضانات. إضافةً إلى ذلك، يحدّ من استهلاك الطاقة المرتبط بالتحلية، ويساعد المجتمعات على التكيّف مع التغير المناخي وتقلبات الهطول المطري، ويخفض الكلف المائية—خصوصًا للمزارعين—ويعزز استقلالية الأفراد والمجتمعات في تأمين احتياجاتهم المائية. يُعد حصاد مياه الأمطار أحد أهم الأدوات العملية والفعّالة لمواجهة شح المياه في الأردن، ولا سيما في ظل تفاقم آثار التغير المناخي المتمثلة في تراجع كميات الهطول المطري، وازدياد تذبذبه، وارتفاع معدلات التبخر، وطول فترات الجفاف. الأمر الذي يجعل من تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار ضرورة وطنية وليس خيارًا تكميليًا. كما يوضح الشكل خريطة التوزيع المطري في الاردن لعام 2021



أهمية وأثر حصاد مياه الأمطار

يسهم حصاد مياه الأمطار في زيادة كميات المياه المتاحة محليًا من خلال جمعها وتخزينها أو تعزيز تغذية المياه الجوفية، بما يخفف الضغط المتزايد على الأحواض الجوفية المستنزفة، ويحد من الاعتماد على المصادر التقليدية المكلفة بيئيًا واقتصاديًا. كما يُعد الحصاد المائي أداة تكيف مباشرة مع التغير المناخي، إذ يساعد على التقاط مياه الأمطار خلال فترات الهطول القصيرة والمكثفة التي أصبحت أكثر شيوعًا نتيجة التغير المناخي، بدل فقدانها بالجريان السطحي أو التبخر.

وتؤكد الأدلة الإرشادية الوطنية أن تطبيق تقنيات الحصاد المائي، سواء على مستوى المنازل والمباني أو على مستوى الأحواض والمناطق الزراعية، يساهم في تحسين الأمن المائي المحلي، ودعم استدامة الزراعة، والحد من مخاطر الفيضانات والانجراف، إضافة إلى تعزيز الإدارة المتكاملة للموارد المائية. كما يتميز الحصاد المائي بانخفاض كلفته النسبية وسهولة تنفيذه مقارنة بمشاريع التزويد الكبرى، ما يجعله مناسبًا بشكل خاص للمجتمعات المحلية والريفية، ويعزز دور المواطنين في التكيف مع التغير المناخي وبناء القدرة على الصمود.

جدول 1 :أهمية الحصاد المائي والتغير المناخي

المجال	الأهمية العامة	الارتباط بالتغير المناخي	صورة/موقع
الأمن المائي	يوفّر مصدرًا إضافيًا للمياه ويقلل الاعتماد على الشبكات والمصادر التقليدية.	يعوّض تراجع الموارد المائية الناتجة عن انخفاض الهطول المطري.	 إربد – سقف منزل مزوَّد بنظام حصاد مياه الأمطار
التكيّف مع التغير المناخي	يعزز قدرة الأفراد والمجتمعات على التعامل مع تقلبات المناخ.	يستغل الهطول المطرى المكثف في فترات قصيرة بدل فقدانه.	 المفرق – خزان حصاد مياه مطر
حماية المياه الجوفية	يخفف الضغط على الأحواض الجوفية ويحد من استنزافها.	يعوّض تراجع التغذية الطبيعية الناتج عن الجفاف وارتفاع التبخر.	
دعم الزراعة	يوفّر مياه للري التكميلي ويزيد الإنتاج الزراعي.	يساهم في تقليل تأثير نقص مياه الري على المحاصيل.	 المفرق – بركة حصاد مياه للري

تقليل الكلفة الاقتصادية	يخفض نفقات شراء المياه للأسر والمزارعين.	يحدّ من الاعتماد على المصادر المكلفة مثل التحلية.	 إربد – خزان أرضي منزلي لحصاد المياه
الحد من الفيضانات	يقلل الجريان السطحي والانجراف.	يخفف من آثار الأمطار الشديدة التي ازدادت بتأثير المناخ.	 إربد – مصارف حصاد مياه على الأرض
الاستدامة البيئية	يحافظ على التربة والنظم البيئية المحلية.	يقلل تدهور الأراضي الناتج عن الجفاف والتقلّبات المناخية.	 أرض زراعية بعد حصاد الأمطار
تمكين المجتمع	يعزز مشاركة الأفراد في إدارة الموارد المائية.	يزيد قدرة المجتمعات على الصمود أمام أزمة المناخ.	 ورشة توعية حول الحصاد المائي

5. واقع حصاد مياه الأمطار في الأردن: السدود والحفائر، المنازل

يُعد الأردن من أفقر دول العالم مائيًا، حيث تعاني المملكة من شح شديد في الموارد المائية وتذبذب كبير في الهطول المطري نتيجة التغير المناخي. وعلى الرغم من محدودية كميات الأمطار، إلا أن الاستفادة منها ما تزال دون المستوى المطلوب في كثير من المناطق. ومن هنا، برز حصاد مياه الأمطار كحل وطني عملي ومكمّل، يهدف إلى تعظيم الاستفادة من المياه المتاحة، وتقليل الفاقد، ودعم الأمن المائي على المستويات الوطنية والمحلية والمنزلية.

حصاد مياه الأمطار من خلال السدود والحفائر

تُعد السدود من أقدم وأهم وسائل حصاد مياه الأمطار في الأردن، ويعتمد الأردن على عدد من السدود الكبيرة والمتوسطة، إلا أن قدرتها التخزينية تتأثر بتذبذب الهطول المطري وارتفاع معدلات التبخر، مما يجعلها غير كافية وحدها لتلبية الطلب المتزايد على المياه. لقد تم إنشاء السدود على الأودية لتجميع مياه الجريان السطحي الناتجة عن الأمطار حيث أن دورها في الحصاد المائي يكون من خلال:

- تخزين مياه الأمطار لاستخدامها لاحقًا.
- دعم القطاع الزراعي من خلال توفير مياه للري.
- تعزيز تغذية المياه الجوفية في بعض المواقع.
- الحد من مخاطر الفيضانات في مواسم الأمطار الغزيرة.

أما الحفائر فهي برك ترابية أو صناعية تُنشأ خارج مجرى الوادي أو بالقرب من المناطق الزراعية والبادية لتجميع مياه الأمطار وتنتشر الحفائر في مناطق البادية

الشمالية والشرقية والجنوبية، إلا أن العديد منها يعاني من ضعف الصيانة، أو الترسبات، أو التبخر العالي، مما يقلل من كفاءتها إذا لم تتم إدارتها بشكل سليم وتسمى أيضاً" برك الماشية"، وعادة ما تكون موجودة في منخفضات ترابية أو تتشكّل من حفر كبيرة تقع في منطقة منخفضة تتلقى مياه الجريان مباشرة من مستجمعات طبيعية كبيرة .ويمكن أيضاً أن تتشكّل عن طريق تحويل المياه من الوديان إلى برك تُنشَأ خصيصاً قرب مجرى الماء.

جدول 2: أنواع السدود في أنظمة حصاد مياه الأمطار في الأردن

نوع السد	الوصف المختصر	الهدف الرئيسي	الاستخدامات	مثال
السدود الصحراوية	سدود كبيرة تُنشأ على مجاري الأودية في المناطق الصحراوية لتجميع مياه السيول.	التخزين السطحي للمياه	سقاية المواشي، الزراعة	
سدود الأودية	سدود متوسطة الحجم تُقام داخل أودية موسمية صغيرة.	التخزين المحلي	ري زراعي محلي، مواشي	
السدود النفّاذة	سدود حجرية تسمح بتسرّب المياه ببطء عبر الرواسب.	تعزيز التغذية الجوفية	زراعة صغيرة، مواشي	
السدود الحاجزة	سدود صغيرة متتابعة تُبطئ الجريان وتحبس الرواسب.	تقليل الفيضانات والتعرية	تغذية جوفية، حماية التربة	

تتراوح سعة هذه الحفائر من بضع مئات إلى عشرات الآلاف من الأمتار المكعبة. إنّ الحفائر شائعة في المراعي وتستخدم أساساً للاستهلاك الحيواني، ولكن يجب الانتباه إلى أنّ المياه الراكدة قد تتعرّض للتلوث وتجذب الحشرات وتصبح مصدراً للمرض .لذا، من المهم الحفاظ على نظافة المناطق المحيطة وحمايتها لتجنب المشاكل الصحية وضمان السلامة، ويكمن دورها في الحصاد المائي أنها:

- حل منخفض الكلفة مقارنة بالسدود الكبيرة.
- مناسبة للمناطق الريفية والبادية.
- تُستخدم لري المواشي والمحاصيل البعلية.
- تساهم في تقليل الجريان السطحي وفقدان المياه.



حفيرة بالمفرق 2023 ,المصدر: مياه أكاسيا

حصاد مياه الأمطار على مستوى المنازل والمباني

الحصاد المنزلي لمياه الأمطار هو عملية جمع مياه الأمطار المتساقطة على أسطح المنازل والمباني السكنية، ونقلها عبر المزاريب والتمديدات إلى خزانات مخصّصة لتخزينها، بهدف إعادة استخدامها لاحقًا في أغراض غير صالحة للشرب، مثل ري الحدائق والتنظيف. ويُعد الحصاد المنزلي من أبسط وأكثر تقنيات حصاد المياه انتشارًا، نظرًا لانخفاض كلفته وسهولة تنفيذه، ودوره المباشر في تخفيف الضغط على شبكة المياه العامة والمياه الجوفية، خاصة في الدول الشحيحة مائيًا مثل الأردن.

أنواع الحصاد المنزلي لمياه الأمطار

الحصاد من أسطح المباني

وهو الشكل الأكثر شيوعًا للحصاد المنزلي، حيث تُجمع مياه الأمطار من أسطح المنازل (خرسانية، معدنية، أو قرميدية) عبر المزاريب، ثم تُنقل إلى خزانات تخزين.

يتميز بالكفاءة العالية في الجمع ونوعية مياه جيدة نسبيًا. وسهولة التنفيذ والصيانة.

الاستخدامات: ري الحدائق المنزلية والتنظيف وغسيل الساحات والاستخدامات غير الصالحة للشرب.

الحصاد باستخدام خزانات أرضية

في هذا النوع، يتم تخزين مياه الأمطار في خزانات أرضية مدفونة، تُغذّى من أسطح المباني. **يتميز** بتقليل الفاقد من التبخر ويحافظ على ثبات درجة حرارة المياه. ومناسب للمنازل ذات المساحات المحدودة. **الاستخدامات:** الري والاستخدام المنزلي غير المباشر.

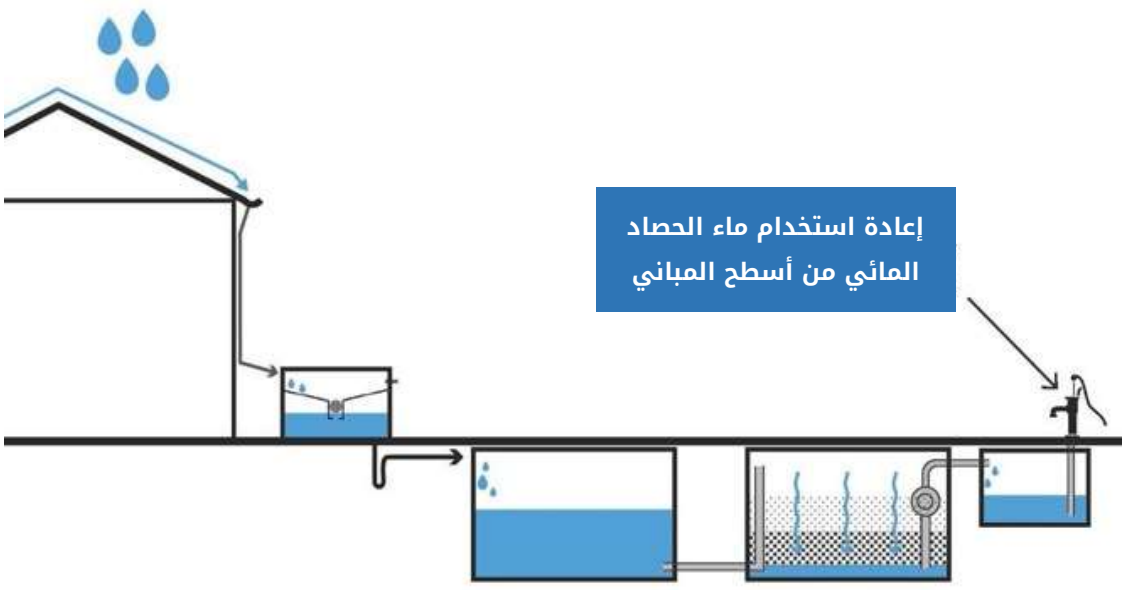
الحصاد باستخدام خزانات علوية

يتم تخزين المياه في خزانات مرتفعة فوق سطح المنزل أو على أبراج بسيطة. **يتميز** بسهولة السحب بالجاذبية دون مضخات وكلفة أقل من الخزانات الأرضية وأكثر عرضة للتبخر وارتفاع الحرارة. **الاستخدامات:** ري الحدائق والتنظيف.

لحصاد المنزلي المتكامل

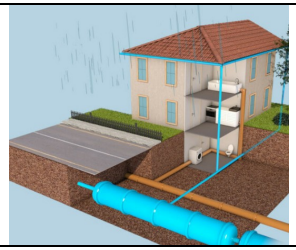
يجمع هذا النوع بين حصاد مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه الرمادية ضمن نظام واحد. **يتميز ب**أعلى كفاءة مائية ويقلل الاستهلاك الكلي للمياه العذبة ويتطلب تخطيطًا وتصميمًا أدق.

الاستخدامات: ري الحدائق وري الأشجار ودعم الاستخدامات المنزلية غير الصالحة للشرب.



رسم توضيحي3 :إعادة استخدام ماء الحصاد المائي من أسطح المباني

جدول 3: مفاهيم ومبادئ وأنظمة حصاد مياه الأمطار

البند	الحصاد من الأسطح (عام)	خزان أرضي	خزان علوي	نظام حصاد منزلي متكامل
مصدر المياه	أسطح المباني	أسطح المباني	أسطح المباني	أسطح المباني + مياه رمادية
طريقة الجمع	مزاريب وتمديدات	مزاريب وتمديدات	مزاريب وتمديدات	مزاريب + فصل مياه رمادية
نوع الخزان	بلاستيكي أو خرساني	خرساني مدفون	بلاستيكي مرتفع	خزان/خزانات متعددة
السعة التخزينية	صغيرة–متوسطة	متوسطة–كبيرة	صغيرة–متوسطة	متوسطة
كلفة الإنشاء	منخفضة	متوسطة	منخفضة	متوسطة–مرتفعة
كلفة التشغيل	منخفضة	منخفضة	منخفضة	متوسطة
الحاجة لمضخة	أحيانًا	غالبًا	لا	نعم
نوعية المياه	جيدة نسبيًا	جيدة جدًا	جيدة نسبيًا	تختلف حسب المعالجة
المعالجة المطلوبة	ترشيح بسيط	ترشيح + صيانة	ترشيح بسيط	معالجة متعددة
سهولة الصيانة	عالية	متوسطة-	عالية	متوسطة
الاستخدامات الموصى بها	ري وتنظيف	ري واستخدامات غير شرب	ري وتنظيف	ري مكثف
المخاطر الصحية	منخفضة	منخفضة جدًا	متوسطة	تحتاج ضبط
الملاءمة للمساحات	عالية	تحتاج مساحة أرض	تحتاج مساحة سطح	تحتاج تخطيط
الكفاءة المائية	متوسطة	عالية	متوسطة	عالية جدًا
مستوى التعقيد	منخفض	متوسط	منخفض	مرتفع
القابلية للتوسع	متوسطة	عالية	محدودة	عالية
				

6. مفاهيم ومبادئ وأنظمة حصاد مياه الأمطار

يُعرَّف حصاد مياه الأمطار بأنه عملية تجميع مياه الهطول المطري أو الجريان السطحي من مستجمعات مائية مناسبة، وتخزينها أو إدارتها بهدف إعادة استخدامها لاحقًا في أغراض مختلفة مثل الري، والاستخدامات المنزلية، أو تغذية المياه الجوفية. ويُعد حصاد مياه الأمطار أحد الحلول الأساسية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يسهم في تقليل الاعتماد على المصادر التقليدية للمياه وتعزيز التكيف مع شح المياه والتغير المناخي.

جدول 4:توضيح مبادئ أنظمة حصاد مياه الأمطار

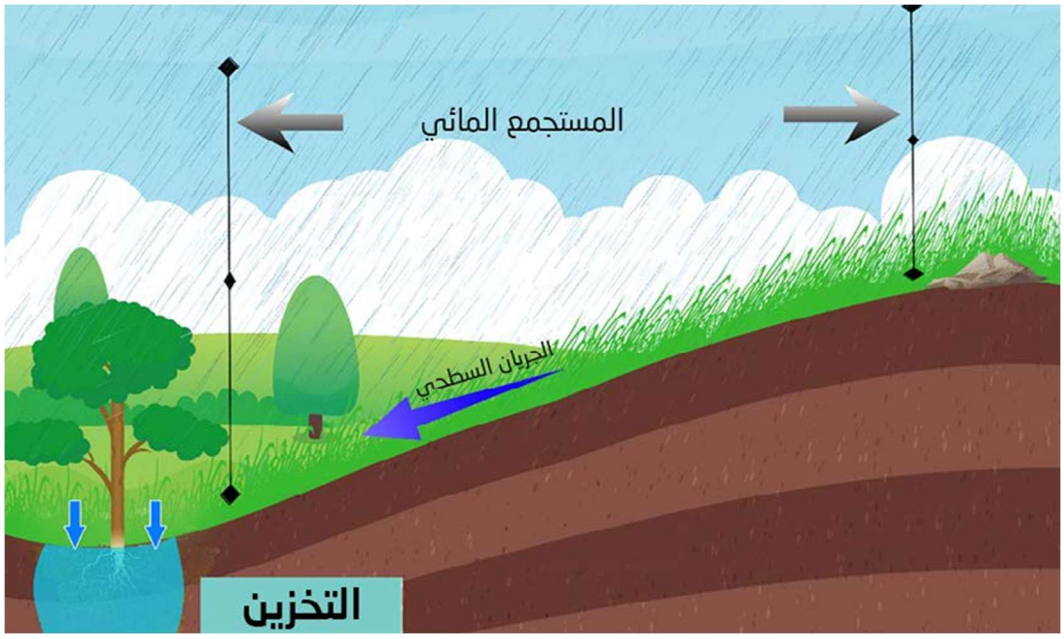
البند	التوضيح
مصدر المياه	الهطول المطري والجريان السطحي
الهدف الرئيسي	تعظيم الاستفادة من مياه الأمطار
نطاق التطبيق	منزلي، زراعي، مجتمعي
الأهمية	تقليل الضغط على المياه الجوفية والشبكات
الملاءمة المناخية	المناطق الجافة وشبه الجافة

مبدأ المستجمع المائي

يقوم مبدأ المستجمع المائي على تحديد السطح أو المنطقة التي تستقبل مياه الأمطار وتسمح بتجميعها وتوجيهها نحو نظام الحصاد. وقد يكون هذا المستجمع سطح مبنى، أو أرضًا زراعية، أو منحدرًا طبيعيًا. وتؤثر خصائص المستجمع مثل المساحة، والانحدار، ونوع السطح بشكل مباشر على كمية المياه المحصودة ونوعيتها وكفاءة النظام.

جدول 5: خصائص المستجمعات المائية

نوع المستجمع	الخصائص	الكفاءة
أسطح مبانٍ	ملساء، محددة المساحة	عالية
أراضٍ زراعية	مسامية، متفاوتة الانحدار	متوسطة
منحدرات طبيعية	واسعة، غير منتظمة	متغيرة
أسطح مرصوصة	منخفضة التسرب	عالية



رسم توضيحي 5: أنظمة المستجمعات المائية

أنظمة حصاد مياه الأمطار من الأسطح والمنازل

تعتمد هذه الأنظمة على جمع مياه الأمطار من أسطح المباني عبر المزاريب وأنابيب النقل، ثم تمريرها بوحدات ترشيح أولية وتخزينها في خزانات أرضية أو علوية. وتُعد من أكثر أنظمة الحصاد المائي انتشارًا في المناطق الحضرية وشبه الحضرية، حيث تمتاز بسهولة التنفيذ وانخفاض الكلفة مقارنة بالأنظمة الكبيرة.

جدول 6: مواصفات أنظمة حصاد مياه الأمطار من الأسطح والمنازل

العنصر	الوصف
المستجمع	سطح المبنى
مكونات النظام	مزاريب، مرشحات، خزان
نوع التخزين	أرضي أو علوي
الاستخدامات	ري، تنظيف، استخدامات غير شرب
مستوى التعقيد	منخفض
الكلفة	منخفضة إلى متوسطة

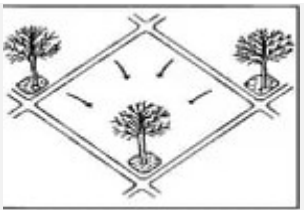
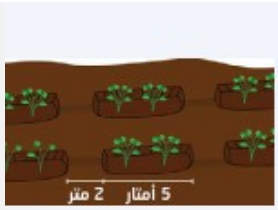
أنظمة المستجمعات المائية الصغيرة

تعتمد هذه الأنظمة على تقنيات بسيطة تُنفذ داخل الحقول الزراعية بهدف تجميع مياه الجريان السطحي وتخزينها في منطقة الجذور مباشرة. وتُستخدم بشكل رئيسي في الزراعة البعلية، واستصلاح الأراضي، وإعادة تأهيل المراعي، خاصة في المناطق التي تتراوح فيها الأمطار بين 200 و 800ملم سنويًا.

جدول 7: أنظمة المستجمعات المائية الصغيرة

التقنية	الوصف	الاستخدام
الحفر الصغيرة	تجميع المياه حول النبات	زراعة بعلية
أحواض نجاريم	أحواض مربعة أو مثلثة	أشجار مثمرة
المتون الهلالية	حواجز نصف دائرية	مراعي
الحواجز الكنتورية	خطوط على المنحدرات	تقليل الجريان

جدول 8: أنواع نُظُم المستجمعات المائية الصغيرة وخصائصها

النظام	الوصف المختصر	مجال الاستخدام	ملاءمة الانحدار	الصورة
نُظُم الحُفَر	حُفَر صغيرة متقاربة تُجمع فيها مياه الجريان حول النبات، غالبًا مع إضافة سماد عضوي	محاصيل سنوية ودائمة	حتى 5%	
أحواض نجاريم	أحواض صغرية على شكل ماسة مع حواجز ترابية منخفضة	أشجار وشجيرات	1-5%	
أحواض فاليراني	شبه دوائر تُنشأ ميكانيكيًا بمحراث خاص	تشجير وتحسين مراعي	2-10%	
المتون الهلالية / نصف دائرية	حواجز ترابية أو حجرية نصف دائرية تواجه الجريان السطحي	مراعي، أشجار، شجيرات	حتى 5% (ترابية) وحتى 15% (حجرية)	

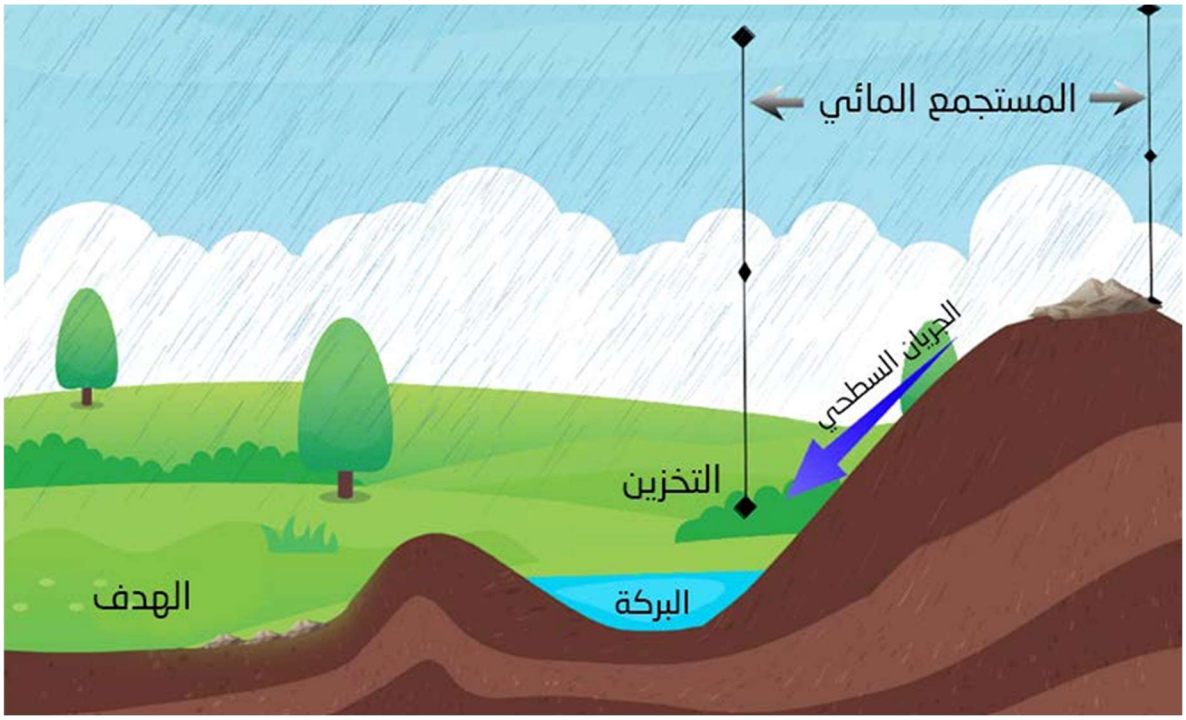
متون/حواجز الكفاف	حواجز ترابية موازية لخطوط الكنتور مع وصلات عرضية	محاصيل سنوية وأشجار	%1-25	
شرائط الجريان السطحي	تقسيم الأرض إلى شرائط مزروعة وغير مزروعة على الكنتور	محاصيل حقلية	%0-5	
نُظُم المسقاة	مستجمع مستطيل غير مزروع يزوّد مساحات زراعية بالمياه	أشجار	%2-15	
مدرّجات مصاطب الكفاف	مصاطب مسطحة/شبه مسطحة مزودة بمصارف آمنة	أشجار، محاصيل	%20-50	
مصاطب هلالية على شكل الحاجب	أحواض صغرية نصف دائرية لتغذية الأشجار	أشجار، مراعي	%5	

أنظمة المستجمعات المائية الكبيرة وحصاد مياه السيول

تشمل هذه الأنظمة منشآت حصاد تُقام على مستوى الأودية أو المساحات الواسعة، مثل السدود الصغيرة، والبرك الترابية، وأنظمة نشر مياه السيول. وتهدف إلى تخزين كميات كبيرة من المياه أو إعادة توزيعها على مساحات زراعية، إضافة إلى تعزيز تغذية المياه الجوفية والحد من أخطار الفيضانات.

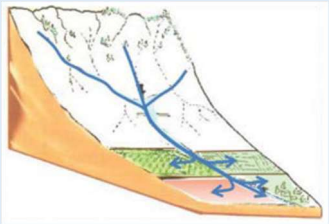
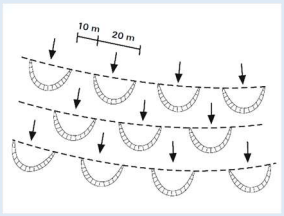
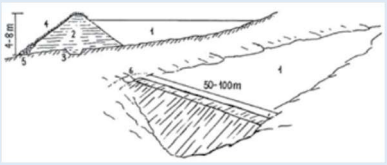
جدول 9: أنظمة المستجمعات المائية الكبيرة

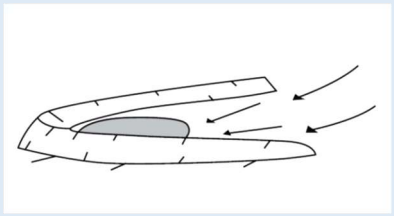
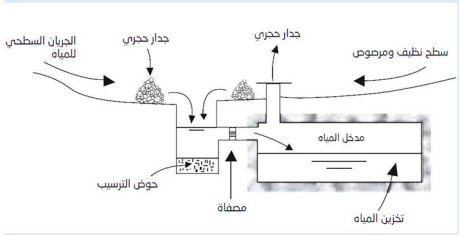
النظام	الهدف	مستوى التطبيق
السدود الصغيرة	تخزين سطحي	وطني / إقليمي
البرك الترابية	تجميع مياه السيول	محلي
نشر مياه السيول	ري مساحات واسعة	زراعي
تغذية جوفية	دعم الأحواض الجوفية	استراتيجي



رسم توضيحي 4: أنظمة المستجمعات المائية

جدول 10:أنواع مختارة لنُظُم المستجمعات المائية الكبيرة وميزاتها الرئيسية

النظام	الصورة	الوصف المختصر
نُظُم جريان المياه السطحي على طرف الهضبة		• يتم توجيه جريان المياه من خلال قنوات صغيرة إلى حقول مسطّحة (انحدار 1–10٪ في المناطق ذات المنحدر). • تتم تسوية الحقول وتُرسَّم حدودها من خلال قنوات أو حواجز صغيرة مزوّدة بأجزاء أو فتحات تسمح للمياه بالانتقال من حقل إلى آخر. • بمجرد امتلاء الحقول بالمياه، يسمح تدفّق المياه المتبقية إلى الوادي. • الاستخدامات: ريّ جميع المحاصيل والأشجار. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يفوق انحدارها 10٪ في المناطق الجافة لتجنّب الترسيب. • المصادر: Owels and others, 2001 Mekdaschi and Liniger, 2013
المتون الكبيرة		• حواجز ترابية كبيرة) نصف دائرية، أو شبه منحرفة، أو على شكل حرف (V موزّعة في خطوط متعرّجة. • غالبًا ما يتم تشييدها باستخدام الآلات مع تدعيم الجدران الجانبية للحواجز بالأحجار. • طول المتن: المسافة بين أطرافه 10–100 متر. • ارتفاع المتن: من متر إلى مترين. • المساحة التي يحاصرها المتن ما يعادل نصف طوله. • الاستخدامات: ريّ المحاصيل والأشجار، وإعادة تأهيل المراعي. • المصادر: Prinz, 1996 Owels and others, 2001 Mekdaschi and Liniger, 2013
خزانات صغيرة منشأة بواسطة السدود		• في حال مرور وادٍ عبر مزرعة، يمكن بناء سدّ صغير في الوادي لتحزين المياه. • الحجم: 500,000–1,000 متر مكعب. • الاستخدامات: ريّ جميع المحاصيل، والاستخدام المنزلي والحيواني. • يُفضَّل اعتمادها في المنحدرات التي يفوق انحدارها 10٪ لتجنّب الترسيب. • المصادر: Owels and others, 2001 Mekdaschi and Liniger, 2013

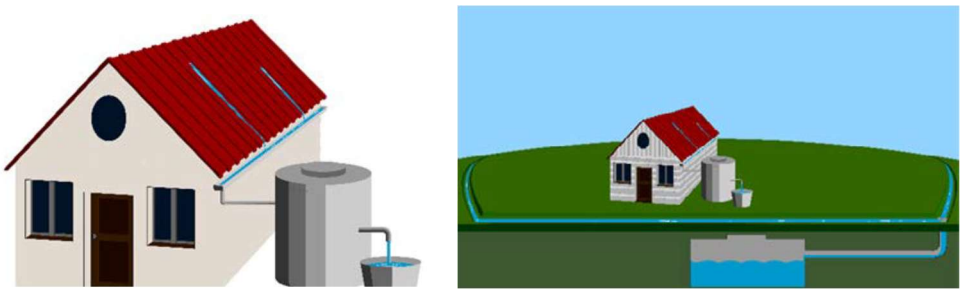
الخزانات والحفائر (حفير)		• خزانات ترابية أو برك محفورة في الأرض في مناطق المنحدرات البسيطة، وتتلقى مياه الجريان السطحي إمّا عن طريق التحويل من الوادي أو من منطقة مستجمعات كبيرة. • تتراوح حجومها بين 200–500 متر مكعب للاستخدام الفردي (تُسمّى حفير)، وحتى 10,000 متر مكعب للاستخدام الجماعي. • للحد من تسرّب المياه، يمكن رصّ قاع الخزانات أو وضع طبقة خرسانية أو غطاء بلاستيكي. • الاستخدامات: الريّ، والاستهلاك الحيواني، والاستهلاك المنزلي. • المساوئ: قد تكون المياه ملوّثة وتشكل مصدرًا للأمراض، كما أن عدم وجود سياج قد يؤدي إلى حوادث غرق تطال الناس والحيوانات. • المصادر: Owels and others, 2001 Mekdaschi and Liniger, 2013
الصهاريج الأرضية		• هي صهاريج محفورة تحت الصخور أو مغطّاة لمنع التبخر. • الحجم: 10–1,000 متر مكعب. • تجمع مياه الجريان السطحي من مستجمعات صغيرة أو من المياه التي يتم توجيهها من مستجمعات بعيدة. • يتم عادة تحويل جريان مياه الأمطار الأولى في الموسم بعيدًا عن الصهاريج لتجنّب تلوّث المياه. • يتم عادة إنشاء مصائد أو أحواض ترسيب أمام الصهاريج لإزالة الطمي والرواسب. • يُخزَّن الماء في الصهاريج ويُستخدم عادة مرة واحدة كل عام أو كل عامين. • الاستخدامات: الريّ، والاستهلاك الحيواني. • المصادر: Mekdaschi and Liniger, 2013 Owels and others, 2001

7. كميات المياه التي يمكن تحقيقها ونوعيتها واستخداماتها نتيجة حصاد مياه الأمطار بشكل عام وللمباني بشكل خاص.

تعتمد كميات المياه التي يمكن تحقيقها من حصاد مياه الأمطار على مجموعة عوامل رئيسية، أهمها:

- **كمية الهطول المطري السنوي:** ملم/سنة
- **مساحة سطح التجميع**: متر مربع

- **نوع السطح:** خرسانة، قرميد، معدن...
- **كفاءة النظام:** فاقد أولي، تبخر، تسرب



رسم توضيحي 5: الحصاد المائي من الأسطح

تشير الأدلة الوطنية إلى أن كميات كبيرة من مياه الأمطار تُفقد سنويًا نتيجة الجريان السطحي والتبخر، ويمكن استعادة جزء مهم منها عبر تطبيق أنظمة الحصاد المائي المناسبة، سواء من خلال السدود، الحفائر، أو الأنظمة اللامركزية.

ويتم تقدير الكمية السنوية للمياه المحصودة باستخدام المعادلة الأساسية التالية:

الكمية السنوية للمياه المحصودة (م³) =

الهطول المطري (ملم) × مساحة السطح (م²) × معامل الكفاءة ÷ 1000

ويُستخدم معامل كفاءة يتراوح عادة بين **0.7–0.9** لأسطح المباني.

كميات المياه التي يمكن تحقيقها من حصاد مياه الأمطار – بشكل عام

مثالًا تدريبيًا لإربد (حصاد بشكل عام على مستوى مستجمع/وادي)

باستخدام معادلة تقدير الجريان السطحي:

- معدل الهطول السنوي 450 ملم = 0.45م
- مساحة المستجمع (A)20 كم² = 20,000,000م²

- معامل الجريان (C) = 0.25
- فاقد تقديري (تبخر/تسرب/ترسيب) = 0.10

المعادلة والتطبيق:

حجم المياه الممكن حصادها = P × A × C × (1 – L)

0.45 × 20,000,000 × 0.25 × (1 – 0.10)

= 0.45 × 20,000,000 = 9,000,000

0.25 × 9,000,000 = 2,250,000

0.90 × 2,250,000 = 2,025,000 م³/سنة

من مستجمع بمساحة 20 كم² في إربد.

كميات المياه المحصودة من المباني (الحصاد المائي من الأسطح)

يُعد الحصاد من أسطح المباني من أكثر أنظمة الحصاد المائي انتظامًا وكفاءة، خصوصًا في المناطق الحضرية.

مثال تدريبي تطبيقي:

- معدل الهطول المطري السنوي **300** :**ملم**
- مساحة سطح المبنى **150** :**م²**
- معامل الكفاءة: **0.8**

الكمية السنوية الممكن حصادها ≈ 36 م³ سنويًا

وهي كمية كافية لتغطية نسبة ملموسة من الاستخدامات المنزلية غير الصالحة للشرب.

جدول 11: جدول تقديري للكميات الممكن حصادها من أسطح المباني

مساحة السطح (م²)	الهطول المطري (ملم/سنة)	الكمية الممكن حصادها (م³/سنة)
100	250	20
150	300	36
200	300	48
300	400	96

ملاحظة تدريبية: القيم تقديرية وتختلف حسب كفاءة النظام ونوع السطح.

نوعية مياه الأمطار المحصودة

تُعد مياه الأمطار من حيث الأصل مياه منخفضة الملوحة وذات نوعية جيدة نسبيًا، إلا أن نوعيتها قد تتأثر بـ:

- تلوث الأسطح.
- الغبار والعوالق.
- أول دفقة مطر

الخصائص العامة لمياه الأمطار:

- منخفضة الأملاح.
- خالية نسبيًا من الملوثات العضوية.
- تحتاج إلى معالجة بسيطة قبل الاستخدام.

استخدامات مياه الأمطار المحصودة

- ري الحدائق المنزلية.

- ري الأشجار المثمرة.
- التنظيف وغسيل الساحات.
- تغذية أنظمة المياه الرمادية (تكامليًا).
- الاستخدامات غير الموصى بها هي الشرب والطهي (إلا بعد معالجة متقدمة وموافقة صحية).

جدول 12:مقارنة استخدامات المياه المحصودة (عام / مباني)

المجال	الاستخدام
عام (سدود/حفائر)	الزراعة، المواشي، التغذية الجوفية
مباني	ري، تنظيف، استخدامات غير شرب
بيئي	تقليل الفيضانات، حماية التربة



رسم توضيحي6 : (صورة) مدرسة الغدير الأبيض – أحد مشاريع تطبيق نظام حصاد مياه الأمطار من الأسطح مع خزان علوي

جدول 13: جدول مقارنة بين أنظمة حصاد مياه الأمطار بشكل عام وعلى مستوى المباني

بند المقارنة	حصاد مياه الأمطار بشكل عام	حصاد مياه الأمطار على مستوى المباني
نطاق التطبيق	أحواض مائية، أودية، أراضٍ زراعية، مراعي، طرق، مناطق مفتوحة واسعة	مبانٍ سكنية، مدارس، جامعات، مستشفيات، مبانٍ عامة
مصدر المياه	الجريان السطحي الناتج عن الهطول المطري على مساحات واسعة	مياه الأمطار المتساقطة مباشرة على أسطح المباني
كميات المياه الممكن تحقيقها	كبيرة إلى متوسطة، وقد تصل إلى ملايين الأمتار المكعبة سنويًا على مستوى المحافظات	محدودة إلى متوسطة، غالبًا عشرات الأمتار المكعبة سنويًا لكل مبنى
انتظام المورد	موسمي ومتذبذب، مرتبط بشدة وتوزيع العواصف المطرية	موسمي لكنه أكثر انتظامًا على مستوى المبنى
نوعية المياه	منخفضة إلى متوسطة، معرضة للرواسب والطمي والملوثات الطبيعية	جيدة إلى متوسطة، تتأثر بنظافة السطح وتتطلب معالجة بسيطة
الحاجة إلى المعالجة	غالبًا ضرورية قبل أي استخدام منزلي أو حساس	فصل الدفقة الأولى والترشيح للاستخدامات غير الصالحة للشرب
الاستخدامات الرئيسية	الزراعة، المراعي، تغذية المياه الجوفية، الحد من الفيضانات	الري المنزلي، التنظيف، المراحيض، غسل المركبات، أنظمة الحريق
الفواقد	مرتفعة نسبيًا (تبخر، تسرب، ترسيب)	منخفضة نسبيًا (أنظمة مغلقة ومحددة)
الكلفة النسبية	متوسطة إلى مرتفعة	منخفضة إلى متوسطة
مستوى الإدارة	مجتمعي / إقليمي / وطني	فردي أو مؤسسي
الدور في الأمن المائي	استراتيجي طويل الأمد	داعم ومكمل لشبكات التزويد
أسلوب تقدير الكمية	تقدير هيدرولوجي يعتمد على مساحة المستجمع، شدة الأمطار، الانحدار، نوع التربة، والفواقد	معادلة حسابية مباشرة تعتمد على مساحة السطح ومعدل الهطول
معادلة تقدير الكمية	حجم الجريان السطحي = الهطول المطري × مساحة المستجمع × معامل الجريان - الفواقد	حجم المياه المحصودة = الهطول المطري × مساحة السطح × معامل الجريان ÷ 1000
مثال تدريبي تطبيقي	إربد: إمكانات حصاد مرتفعة بسبب غزارة الأمطار ومساحات المستجمعات، ويمكن تحقيق ملايين الأمتار المكعبة سنويًا على مستوى المحافظة	المفرق: مبنى بمساحة سطح 200 م^2 وهطول 150 ملم يمكنه حصاد نحو 24 م^3 سنويًا لاستخدامات منزلية غير شرب

8. أنواع الحصاد مياه الامطار للمنازل عالميا ومحليا

حصاد مياه الأمطار من الأسطح

وهو النظام الأكثر شيوعًا في المنازل، حيث تُجمع مياه الأمطار المتساقطة على أسطح المباني عبر المزاريب وأنابيب التصريف، ثم تُوجَّه إلى خزانات تخزين. يُستخدم هذا النوع لتوفير المياه لأغراض غير صالحة للشرب مثل الري، والتنظيف، وغسل المركبات، والمراحيض، ويمكن استخدامه للشرب بعد معالجة متقدمة.

الحصاد مع خزان أرضي (تحت الأرض)

يُخزَّن الماء في خزان مدفون تحت الأرض، مما يقلل التبخر ويحافظ على درجة حرارة المياه، ويُعد مناسبًا للمنازل ذات المساحات المحدودة أو التي تتطلب سعات تخزين كبيرة.



رسم توضيحي 7: صورة الحصاد مع خزان أرضي - مدرسة عبن

الحصاد مع إعادة تغذية التربة أو المياه الجوفية

يتم توجيه مياه الأمطار إلى حفر ترشيح أو آبار امتصاص داخل حدود المنزل لتعزيز تغذية التربة والمياه الجوفية وتقليل تجمع المياه.

- **الحصاد مع خزان علوي (فوق الأرض)**

يتم التخزين في خزانات فوق مستوى الأرض، وهي أسهل في التركيب والصيانة وأقل كلفة، لكنها أكثر عرضة للتبخر وتتطلب حماية من أشعة الشمس .يشمل جمع مياه الأمطار من الساحات، والممرات، والحدائق عبر توجيه الجريان السطحي إلى خزانات أو أحواض ترشيح، ويُستخدم غالبًا لري الحدائق والأشجار.



رسم توضيحي 8: صورة الحصاد مع خزان علوي - مدرسة رجم السبع

- **أنظمة الحصاد المتكاملة مع المياه الرمادية**

تجمع بين حصاد مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه الرمادية الناتجة عن المغاسل والاستحمام، ما يزيد من كفاءة استخدام المياه داخل المنزل.

- **الحصاد مع أنظمة معالجة بسيطة**

تتضمن فلاتر، وفصل الدفقة الأولى، وأحيانًا تعقيم بسيط، لرفع جودة المياه وجعلها أكثر أمانًا للاستخدامات المنزلية.

أكثر أنواع حصاد مياه الأمطار انتشارًا في الأردن هو حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل والمباني وتخزينها في خزانات أرضية أو علوية. ويعود انتشاره إلى سهولة تطبيقه وقلة كلفته مقارنة بالحلول الكبيرة، وملاءمته للبيئة الحضرية وشبه الحضرية، واعتماده رسميًا ضمن التعليمات والكودات الوطنية، إضافة إلى قدرته على توفير مياه للاستخدامات المنزلية غير الصالحة للشرب مثل الري والتنظيف والمراحيض، وانتشاره الواسع في المحافظات ذات الكثافة السكانية مثل عمّان، وإربد والزرقاء والبلقاء.

برنامج الموئل



رسم توضيحي 9: مجموعة صور لخزانات تم تنفيذها في كل من: مدرسة الكوم الأحمر، مدرسة أم اللولو، مدرسة السعيدية، مدرسة قميم, مبنى بلال الأطرش، مسجد الأبرار.

جدول 14: جدول مقارنة أنواع الحصاد المائي للمنازل مع كميات المياه الممكنة

رقم	نوع الحصاد المائي المنزلي	الكمية الممكن تحقيقها (تقريبًا)	كيف تُحسب/تُقدَّر الكمية	ملاحظات مهمة
1	حصاد مياه الأمطار من الأسطح	80–10م³/سنة للمنزل (شائعًا)	الهطول (ملم) × مساحة السطح (م²) × معامل الجريان	تختلف بشدة حسب المطر ومساحة السطح
2	حصاد من الأسطح مع خزان أرضي	مثل (1) لكن الاستفادة الفعلية أعلى	نفس معادلة الأسطح + تقليل الفواقد	يقلل التبخر ويحافظ على جودة التخزين
3	حصاد من الأسطح مع خزان علوي	مثل (1) لكن قد تقل الاستفادة صيفًا	نفس معادلة الأسطح	عرضة للتسخين والتبخر إن لم يُعزل ويُغطَّ
4	حصاد الجريان السطحي داخل المنزل (ساحات/ممرات)	50–5م³/سنة (حسب المساحة والتبليط)	الهطول × مساحة الساحة × معامل جريان أعلى للأسطح المعبدة	نوعية أقل بسبب زيوت/غبار الساحات
5	إعادة تغذية التربة (حفر ترشيح/آبار امتصاص)	لا تُقاس "للاستخدام" بل "للتغذية" (قد تكون عشرات الم³/سنة)	تقدير حجم المياه المحولة إلى حفر الترشيح من الأسطح/الساحات	الهدف تقليل تجمع المياه ودعم التربة/الجوفية
6	نظام متكامل أمطار + مياه رمادية	يزيد التوفر السنوي بنسبة 100-30% حسب الأسرة	كمية الأمطار المحصودة + كمية المياه الرمادية المنتجة يوميًا	يعتمد على عدد السكان وأنماط الاستهلاك
7	حصاد من الأسطح مع معالجة بسيطة	مثل (1) (الكمية لا تزيد)	نفس معادلة الأسطح	المعالجة تحسن "النوعية" لا "الكمية"

9. كيفية تحديد حجم وموقع ونوع النظام والعوامل التي يجب مراعاتها عند اتخاذ قرار إنشاء نظام حصاد

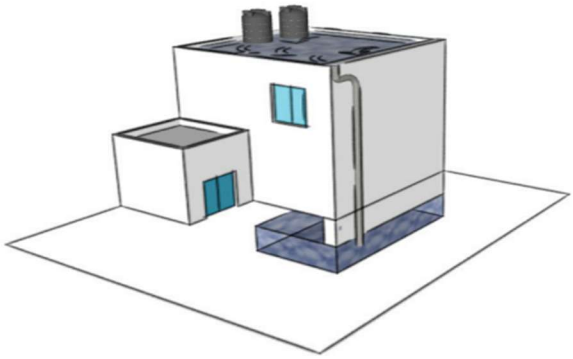
- عند تنفيذ أنشطة حصاد مياه الأمطار، يجب اتباع مجموعة من الإجراءات الأساسية لضمان كفاءة النظام واستدامته:
- الدراسة الجغرافية والتحليل المناخي: تشمل دراسة الموقع (التربة، الطبوغرافيا، اتجاه الجريان) وتحليل أنماط الهطول المطري وتوزيعه الموسمي لضمان توافق النظام مع الموارد المتاحة محليًا.
- اختيار التقنية المناسبة: يتم اختيار نظام الحصاد الأنسب (أسطح، سدود ترابية، خزانات أرضية...) بناءً على نتائج الدراسة، مع إجراء تحليل كلفة-منفعة للتأكد من الجدوى الاقتصادية.
- مشاركة المجتمع وبناء القدرات: إشراك المجتمع المحلي في التخطيط والتنفيذ، وتوفير التدريب والدعم الفني لضمان التشغيل والصيانة والاستدامة على المدى الطويل.
- تصميم النظام وتنفيذه: تصميم بنية تحتية متينة تشمل المزاريب والأنابيب والخزانات، مع تركيب فلاتر وأنظمة حماية لمنع التلوث وضمان السلامة.
- التخزين والصيانة: استخدام خزانات مقاومة للتآكل ومحكمة الإغلاق، ووضع خطة صيانة دورية لتنظيف المكونات ومعالجة الأعطال بسرعة.

- الإدارة وترشيد الاستخدام: إعداد خطة لاستخدام المياه حسب الأولويات (منزلي، زراعي، صناعي)، ونشر الوعي بترشيد الاستهلاك، وتركيب أدوات قياس لمتابعة الكميات.
- الاعتبارات البيئية: ضمان عدم الإضرار بالبيئة المحيطة، وتعزيز تغذية المياه الجوفية عبر تقنيات تسمح بتسرب المياه إلى التربة.
- مراقبة الأداء والتحسين المستمر: متابعة كفاءة النظام بانتظام وتحديثه وفق التغيرات المناخية أو زيادة الطلب على المياه.
- التمويل والدعم المالي: تأمين التمويل من الحكومات والمؤسسات، مع تقديم حوافز تشجع الأفراد والمزارعين على الاستثمار في أنظمة حصاد المياه.
- تحديد الموقع الأنسب بناءً على اتجاه مزاريب الأمطار والمساحات المتوفرة.
- إختيار مبنى أو أكثر لتحويل مزاريب الأمطار باتجاه الموقع المقترح لنظام الحصاد المائي.
- اختيار جزء من مبنى في حال كان المبنى ذو مساحة كبيرة.
- دراسة إمكانية دخول آليات الحفر والنقل.
- طبيعة الأرض.
- دراسة الأمان والضرر على نظام الحصاد المائي في الموقع.
- دراسة وجود عوائق محيطة في الموقع والاستخدام النهائي للمياه.
- توفر عمالة محلية ذات مهارة في إنشاء مثل هذه الأنظمة. وتوفر المواد الإنشائية الازمة.

10.التصميم الهندسي لأنظمة الحصاد وكيفية التنفيذ والتركيب

عناصر أنظمة الحصاد المائي وكيفية التنفيذ والتركيب

- المسقط المائي (السطح).
- المزاريب، وأنابيب التصريف.
- صمامات التفريغ وتنظيف الخزان.
- الخزان التجميعي.



رسم توضيحي 10: عناصر أنظمة الحصاد المائي

تحديد حجم ونوع خزان التجميع

هناك نوعين من الخزانات التي يمكن استخدامها: النوع الأول خزان خرساني، والنوع الثاني خزان بلاستيكي ويمكن ان يكون خزان التجميع فوق الأرض او تحت الأرض.

جدول 15: محددات اختيار خزان التجميع

	محددات اختيار النظام الخرساني	محددات اختيار النظام البلاستيكي
1	توفر مساحة في المنشأة	عدم توفر مساحة في المنشأة
2	عدم وجود أسوار	وجود أسوار وحارس
3	ظروف المنشأة من حيث إمكانية العبث والتخريب	ظروف المنشأة من حيث إمكانية العبث والتخريب
4	معدل حجم هطول كبير نسبياً	معدل حجم هطول قليل نسبياً في بعض المواقع

آلية حساب حجم الخزان الأمثل

يتم حساب الحجم الأمثل لخزان الحصاد المائي (م³) من خلال المعادلة التالية:

الحجم المتوقع (م³) = المساحة المعتبرة (م²) × المعدل السنوي للهطول المطري (م) × معامل الجريان

جدول 16: معدل الهطول السنوي (ملم) - المصدر: دائرة الأرصاد الجوية

	المنطقة	المعدل السنوي للهطول المطري (ملم)
1	اربد	450
2	الرمثا	225
3	المفرق	150

جدول 17: جدول يوضح قيم معامل الجريان السطحي

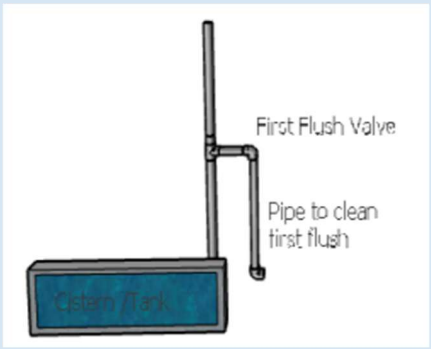
	نوع السطح	معامل الجريان السطحي
1	سطح خرساني أملس	0.9
2	رولات زفتة	0.8
3	زفتة مع حصمة	0.75

متطلبات عامة للتصميم

- يجب أن يكون سطح التجميع وقنوات تصريف مياه الأمطار والأنابيب والقطع والصمامات والمصافي والمزاريب والخزانات وتوابعها معتمدة من الجهات المختصة للأغراض المنوي استخدامها مع مراعاة ما ورد في كودة خزانات المياه الخرسانية من كودات البناء الوطني الأردني
- يجب توفير فتحة صيانة للخزان وأن يتم توفيرها بطريقة لا تسمح بدخول مياه المطر من خلالها.
- يجب ان يحتوي الخزان على ماسورة فائض وماسورة تنظيف سفلية.
- يجب أن يتم تركيب صمام من نوعية مناسبة للتخلص من مياه الدفعة الأولى، وذلك لضمان شطف وتنظيف السطح خارج الخزان.
- لا ينبغي أن تتعرّض المياه داخل الخزانات لأشعة الشمس المباشرة، وذلك لمنع نمو الطحالب.
- في حال استخدام خزانات بلاستيكية، يجب صب أرضية خرسانية كقاعدة للخزان.

11.ملحقات وتجهيزات الأنظمة

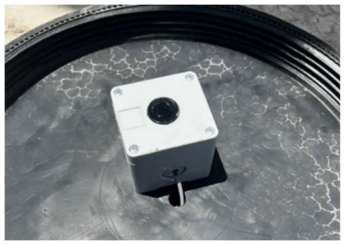
جدول 18: جدول يوضح ملحقات وتجهيزات الأنظمة ووظائفها

الملحق / التجهيز	الوظيفة	صورة
صمام طرد الدفعة الأولى	يُستخدم لتصريف أول مياه مطر محمّلة بالأوساخ خارج الخزان، وذلك لتنظيف السطح والحفاظ على جودة المياه المخزنة.	
مصفاة على رأس المزراب	تمنع دخول الأوراق والأتربة والحشرات إلى النظام، وتقلل من انسداد الأنابيب والخزان.	
المضخات والتمديدات الكهربائية	تُستخدم لضخ المياه من الخزان إلى نقاط الاستخدام بضغط مناسب، مع ضرورة تنفيذ التمديدات الكهربائية بطريقة آمنة ومعزولة.	

12.أنظمة مراقبة وقياس مستوى المياه في أنظمة الحصاد

جهاز قياس مستوى الماء والتدفق اللحظي

وتشمل خطوات تركيب الجهاز ما يلي:



رسم توضيحي 11:جهاز قياس مستوى الماء والتدفق اللحظي

- تركيب جهاز القياس (الارتفاع) بأعلى منطقة في الخزان.
- تركيب جهاز تدفق الماء على مخرج الماء من الخزان.
- شبك الأسلاك.
- التأكد من وجود كهرباء بالجهاز.
- التأكد من وجود شبكة إنترنت في مكان الجهاز (المعرفة سابقًا والتي تم تزويد الشركة بها قبل تركيب الجهاز)
- في حال عدم وجود إشارة إنترنت، أو تم تغيير شبكة الإنترنت (اسمها أو رقمها السري)، أو فصلها، لن يقرأ الجهاز أي قراءة من الخزان.

13. مواصفات أنظمة حصاد المياه المعتمدة في الأردن

وفقًا لتعليمات وزارة المياه والري وأمانة عمان، يجب إنشاء خزان لتجميع مياه الأمطار في كل بناء جديد (أو تأمينه) لاستخدامها في أغراض غير الشرب كالري، الغسيل، تنظيف المراحيض، وتزويد الثروة الحيوانية، مع التركيز على توفير مياه للأغراض المنزلية وتجنب تلوثها، مما يدعم استدامة الموارد المائية وتعزيز الأمن المائي للأردن.

الاستخدامات الرئيسية لمياه الآبار المنزلية:

- الاستخدامات المنزلية: غسيل السيارات، تنظيف الأسطح، الاستخدام في دورات المياه، وتوفير مياه للطوارئ.
- الري: سقاية النباتات والحدائق المنزلية، مما يقلل الاعتماد على المياه المعالجة أو الصالحة للشرب.
- الثروة الحيوانية: توفير مصدر مياه قريب لسقاية الماشية في المناطق التي تسمح بذلك.
- الشحن الجوفي: المساهمة في إعادة تغذية المياه الجوفية.

الجانب القانوني والتنظيمي:

- إلزامي: تعليمات وزارة المياه والري وأمانة عمان تلزم بإنشاء خزان تجميعي لمياه الأمطار في كل بناء جديد.
- الهدف: تجميع المياه من أسطح المباني لمنع هدرها وتقليل الجريان السطحي المسبب للفيضانات.
- الجودة: المياه المجمعة تكون نقية (منخفضة الصلابة) ويمكن استخدامها مباشرة للعديد من الأغراض بعد تجميعها من الأسطح.

جدول 19: اعتبارات التصميم والنقاط الرئيسية لأنظمة حصاد مياه الأمطار

اعتبارات التصميم والنقاط الرئيسية لأنظمة حصاد مياه الأمطار	
الخصائص والمكونات الرئيسية	يسمح بتجميع مياه الجريان السطحي من أسطح المنشآت أو ساحاتها. يتم تخزين المياه في خزانات وصهاريج فوق أو تحت الأرض.
التطبيقات	الاستخدام المنزلي. الصرف الصحي. الاستهلاك الحيواني. ري الحدائق والمحاصيل والأشجار على نطاق صغير. في منشآت تصنيع المنتجات الزراعية.
نوع وحجم المستجمع المائي	السطح أو أي سطح ممهّد مرصوف أو مغطى بأغشية بلاستيكية.
متوسط هطول الأمطار المناسب	نطاق واسع، يبدأ من 200 ملم.
متطلبات الإنشاء والتشغيل والصيانة	يتطلب هذا النظام صيانة بسيطة. يتطلب هذا النظام مستوى عال نسبياً من الدعم المالي والتقني خلال عملية الإنشاء.

14.كيفية تشغيل واستخدام الأنظمة من قبل المستفيدين

يُعدّ التشغيل الصحيح لنظام حصاد مياه الأمطار عاملًا أساسيًا لضمان كفاءته وسلامة المياه المجمعة. ويشمل ذلك القيام بعدة إجراءات بسيطة قبل موسم الأمطار وأثناءه وبعد انتهائه، مما يساعد على منع الأعطال، والحفاظ على نظافة المياه، وإطالة عمر النظام.

إجراءات تشغيل نظام حصاد مياه الأمطار

جدول 20: اجراءات التشغيل لمراحل تشغيل انظمة حصاد المياه من قبل المستفيدين

مرحلة التشغيل	إجراءات التشغيل
قبل بداية موسم الأمطار	تنظيف السطح من الأتربة والأوساخ. تنظيف المزاريب والتأكد من عدم انسدادها. فحص الفلاتر وتنظيفها. التأكد من نظافة الخزان وإغلاقه بإحكام. التأكد من جاهزية صمام فصل الدفعة الأولى.
أثناء هطول الأمطار	مراقبة تدفق المياه من السطح إلى الخزان. التأكد من تصريف مياه الدفعة الأولى خارج الخزان. التأكد من عدم وجود تسريب أو انسداد. التأكد من عمل خط الفائض عند امتلاء الخزان.
بعد انتهاء الهطول	تفريغ وتنظيف جهاز فصل المياه الأولى. فحص الفلاتر وتنظيفها عند الحاجة. التأكد من سلامة الخزان والمضخة إن وُجدت. مراقبة منسوب المياه داخل الخزان.

جدول21 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار قبل بدء الموسم المطري

قبل بدء الموسم المطري				
الرقم	✓	الإجـراء	التاريخ	الملاحـظـات
1	☐	تنظيف السطح من الأتربة والأوساخ		
2	☐	تنظيف المزاريب والتأكد من عدم انسدادها		
3	☐	فحص الفلاتر والمصافي وتنظيفها		
4	☐	التأكد من نظافة الخزان وإغلاقه بإحكام		
5	☐	التأكد من جاهزية صمام فصل الدفعة الأولى		
6	☐	تسجيل تاريخ آخر صيانة		

جدول22 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار أثناء الموسم المطري

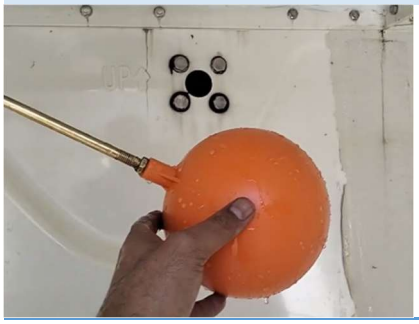
أثناء الموسم المطري				
الرقم	✓	الإجـراء	التاريخ	الملاحـظـات
1	☐	مراقبة تدفق المياه من السطح إلى الخزان		
2	☐	التأكد من تصريف مياه الدفعة الأولى خارج الخزان		
3	☐	التأكد من عدم وجود تسريب أو انسداد		
4	☐	مراقبة مستوى المياه ومنع الفيضان		

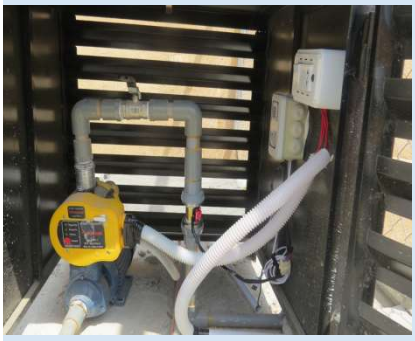
جدول23 : قائمة التحقق لصيانة نظام حصاد مياه الأمطار بعد انتهاء الموسم المطري

بعد انتهاء الموسم المطري				
الرقم	✓	الإجـراء	التاريخ	الملاحـظـات
1	☐	تفريغ وتنظيف جهاز فصل المياه الأولى		
2	☐	فحص الفلاتر وتنظيفها عند الحاجة		
3	☐	التأكد من سلامة الخزان والمضخة إن وجدت		
4	☐	التأكد من نظافة الخزان وإغلاقه بإحكام		
5	☐	تسجيل تاريخ آخر صيانة		

15. كيفية صيانة الأنظمة ومواعيد الصيانة الدورية

جدول 24: مهام صيانة نظام الحصاد المائي

	مهمة الصيانة	وصف الإجراء	مرات التكرار	صورة
1	تنظيف السطح	تنظيف السطح من الشوائب وفضلات الطيور	صيانة شهرية خلال فترة الحصاد	
2	تفقد توصيل المزاريب	التأكد من أن المزاريب مثبتة جيدًا, سليمة من الكسور وخالية من الانسداد	صيانة شهرية خلال فترة الحصاد	
3	التأكد من سلامة الأنابيب	فحص أنابيب الزويد والتصريف من الكسور والانسداد والتوصيل الخاطىء	صيانة شهرية خلال فترة الحصاد	
4	تفقد عوامات الخزانات	فحص عمل العوامات بشكل صحيح للتحكم بمنسوب	قبل بدء الموسم المطري	

		المياه		
5	تفقد المحابس	تفقد المحابس من الأعطال واتجاه الفتح والإغلاق	قبل بدء الموسم المطري/بعد الدفقة الأولى	
6	تنظيف البئر أو الخزان	تنظيف البئر أو الخزان بعد تفريغه من الطمي والرواسب وتطهيره	قبل بدء الموسم المطري	
7	تفقد التوصيلات الكهربائية والمضخات	فصل الكهرباء قبل عمل أي صيانة لضمان السلامة وضمان عدم وجود اسلاك مكشوفة للمطر	صيانة شهرية خلال فترة الحصاد	
8	التأكد من سلامة محيط الخزان	تفقد شبك الحماية المحيط بالخزان	صيانة كل 6 أشهر	

ملاحظات هامة: للحفاظ على نظام حصاد مياه الأمطار بحالة جيدة، يجب الاهتمام بالصيانة بشكل منتظم وعدم إهمالها. من المهم تنظيف الأسطح والمزاريب باستمرار، خاصة بعد العواصف، والتأكد من أن الخزان مغلق بإحكام لمنع دخول الأوساخ والحشرات. عند ملاحظة أي تغير في لون المياه أو رائحتها، يجب تنظيف الخزان فورًا وعدم استخدام المياه حتى التأكد من سلامتها. ويُفضّل تدوين ملاحظات الصيانة والأعطال، وطلب مساعدة فنية عند وجود مشكلة يصعب حلها.

جدول25 : قائمة التحقق لأعمال الصيانة الدورية لنظام حصاد مياه الأمطار

الرقم	✓	إجراء الصيانة	التاريخ	الملاحـظـات
1	☐	تنظيف السطح من الشوائب وفضلات الطيور		
2	☐	تفقد توصيل المزاريب		
3	☐	التأكد من سلامة الأنابيب		
4	☐	تفقد عوامات الخزانات		
5	☐	تفقد المحابس		
6	☐	تنظيف البئر أو الخزان		
7	☐	تفقد التوصيلات الكهربائية والمضخات		
8	☐	التأكد من سلامة محيط الخزان		

16.خطوات تنظيف وتعقيم الخزانات التجميعية

تُعدّ الخزانات التجميعية، سواء كانت خرسانية أو بلاستيكية، عنصرًا مهمًا في تخزين المياه، ومع مرور الوقت قد تتراكم فيها الأوساخ والملوثات. لذلك فإن تنظيفها وتعقيمها بشكل دوري يُعدّ أمرًا ضروريًا للحفاظ على جودة المياه، وسلامة الخزان، وضمان كفاءة النظام.

جدول 26: خطوات تنظيف الخزان التجميعي البلاستيكي

رقم	المرحلة	خطوات التنفيذ
1	**التحضير**	إيقاف دخول المياه، تفريغ الخزان، فصل المضخة، فتح الغطاء وتهوية الخزان، ارتداء معدات السلامة (قفازات، كمامة، نظارات)
2	**التنظيف الميكانيكي**	إزالة الرواسب والطين وتنظيف الجدران والأرضية باستخدام فرشاة بلاستيكية ناعمة وماء نظيف. **يُمنع استخدام الفرش المعدنية (تخدش البلاستيك)**
3	**الغسيل**	غسل الخزان بالماء النظيف 2–3 مرات وتصريف مياه الغسيل خارج النظام
4	**التعقيم بالكلور**	رش أو مسح جميع الأسطح الداخلية بمحلول كلور وتركه لمدة 30 دقيقة
5	**الشطف**	شطف الخزان جيدًا بالماء النظيف حتى زوال رائحة الكلور
6	**إعادة التشغيل**	تعبئة الخزان والتأكد أن من سلامة كافة مكوناته من عوامة ومحابس وغطاء

جدول 27: خطوات تنظيف الخزان التجميعي الخرساني

رقم	المرحلة	خطوات التنفيذ
1	**التحضير**	إيقاف التغذية، تفريغ الخزان، فصل الكهرباء والمضخات، تهوية الخزان جيدًا، وجود شخص مراقب وارتداء معدات السلامة (قفازات، كمامة، نظارات)
2	**التنظيف الميكانيكي**	إزالة الرواسب والطحالب ان وجدت وتنظيف الأرضية والجدران باستخدام فرشاة قوية وماء مضغوط
3	**الغسيل**	غسل الخزان عدة مرات بالماء النظيف حتى إزالة العكورة
4	**التعقيم بالكلور**	رش جميع الأسطح الداخلية بمحلول كلور مركز وتركه 45 الى60 دقيقة
5	**الشطف**	شطف الخزان عدة مرات بالماء النظيف
6	**إعادة التشغيل**	تعبئة الخزان والتأكد أن من سلامة كافة مكوناته من عوامة ومحابس وغطاء

الكلور المستخدم في تنظيف وتعقيم الخزانات التجميعية

فيما يلي نوضح الفرق بين الكلور المستخدم لتنظيف وتعقيم الخزان نفسه والكلور المستخدم لتعقيم المياه داخل الخزان، مع توضيح طريقة تحضير محلول التعقيم في كل حالة.

جدول 28: خطوات تعقيم الخزان نفسه (الخزان فارغ)

البند	التفاصيل
نوع الكلور	كلور سائل (هيبوكلوريت الصوديوم) أو مسحوق كلور
التركيز المطلوب	200 – 500 ملغم/لتر
طريقة الاستخدام	رش أو فرك الجدران بمحلول التعقيم
مدة التلامس	30 – 60 دقيقة
الشطف	شطف الخزان جيدًا بالماء النظيف

طريقة تحضير محلول تعقيم الخزان باستخدام كلور سائل (هيبوكلوريت الصوديوم):

يتم ملء دلو بسعة 5 لتر من الماء النظيف، ثم يُضاف إليه 20 مل من الكلور السائل (هيبوكلوريت الصوديوم 5%) ويُحرّك جيدًا، ويُستخدم المحلول الناتج لتعقيم جدران وأرضية الخزان.

طريقة تحضير محلول تعقيم الخزان باستخدام مسحوق كلور

يتم ملء دلو بسعة 5 لتر من الماء النظيف، ثم يُضاف حوالي 1.5 غرام من مسحوق الكلور ويُحرّك جيدًا حتى يذوب تمامًا، ويُستخدم المحلول الناتج لتعقيم جدران وأرضية الخزان.

17.طرق معالجة المياه المجمّعة في أنظمة حصاد مياه الأمطار

تُعدّ معالجة المياه المجمّعة خطوة أساسية لضمان جودة المياه وصلاحيتها للاستخدامات المنزلية أو الزراعية أو حتى التخزين الطويل، وذلك لأن مياه الأمطار المجمّعة قد تختلط بالغبار، الأوساخ، فضلات الطيور، الشوائب، أو المعادن الملتقطة من أسطح المباني والقنوات .تعتمد تقنيات المعالجة على نوع الاستخدام المطلوب وطبيعة النظام المستخدم.

أولًا: مراحل معالجة أنظمة حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل والمباني:

مرحلة فصل أول مياه المطر

- يتم التخلص من أول كمية من مياه الأمطار لأنها تحمل أعلى نسبة من الغبار والملوثات.
- الهدف هو تقليل الحمل الملوث قبل دخول المياه إلى الخزان.
- عمليًا، يتم فصل كمية بسيطة من المياه في بداية كل هطول ثم السماح بتجميع المياه النظيفة نسبيًا.

مرحلة الترشيح الأولي

- تمر المياه عبر مصافٍ تمنع دخول الأوراق والأجسام الكبيرة.
- هذه المرحلة تحمي الخزان وبقية مراحل المعالجة من الانسداد.
- يجب تنظيف المصافي بشكل دوري خاصة بعد العواصف المطرية.

مرحلة الترسيب داخل الخزان

- يتم توفير زمن مكوث كافٍ داخل الخزان يسمح بترسيب الرمل والمواد الثقيلة في القاع.
- يُفضّل أن يكون مدخل المياه للخزان مرتفعًا ومخرج السحب بعيدًا عن القاع.
- يجب تنظيف الخزان دوريًا لإزالة الرواسب المتراكمة.

مرحلة الترشيح الدقيق

- تُستخدم مرشحات لإزالة الجزيئات الدقيقة والعكارة.
- هذه المرحلة تُحسّن صفاء المياه وتُعد ضرورية قبل التعقيم.
- عند ملاحظة تغيّر في لون أو عكارة المياه، يجب فحص المرشحات فورًا.

مرحلة التعقيم والتطهير

- التطهير هو عملية القضاء على نشاط الميكروبات من خلال استخدام المطهرات مثل الكلور أو ثاني أكسيد الكلور أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأوزون أو أي مطهرات معتمدة من قبل الجهات التشغيلية والرقابية.

جدول 29: جدول أشهر الطرق شيوعاً لتطهير مياه الأمطار المجمعة في الخزانات المنزلية

وسيلة التعقيم	المزايا	العيوب
الكلور (هيبوكلوريت)	• فعالية عالية ضد البكتيريا والفيروسات (يقلل 99.99% من البكتيريا في 30 دقيقة) • يزيل بعض الروائح عن طريق الأكسدة • سهل التطبيق والتخزين • التكلفة المنخفضة • يوفر حماية مستمرة للمياه المخزنة	• يتأثر بالفعالية بدرجة الحموضة (pH) للماء والأفضل عند (pH <8) • يتفاعل مع المواد العضوية مكوناً مركبات ثانوية مثل ثلاثي هالوميثان • يترك طعماً ورائحة إذا زاد التركيز • أقل فعالية ضد بعض الطفيليات مثل الكريبتوسبوريديوم
ثاني أكسيد الكلور (ClO_2)	• فعالية ممتازة ضد معظم الميكروبات بما فيها الطفيليات • لا يتفاعل مع الأمونيا أو المواد العضوية لتكوين مركبات ثانوية ضارة • لا يؤثر على الطعم والرائحة سلباً • فعّال في نطاق واسع من درجات الحموضة	• صعب التحضير المنزلي ويتطلب خبرة • تكلفة أعلى من الكلور • يجب تحضيره يومياً لأنه غير مستقر • قد ينتج عنه أيونات الكلوريت والكلورات كمنتجات ثانوية

اليود	• فعال ضد البكتيريا والفيروسات والطفيليات • سهل الحمل والتخزين • لا يتأثر بدرجة الحرارة أو الحموضة	• غير مناسب للاستخدام طويل الأمد (يؤثر على الغدة الدرقية) • يغير طعم ولون الماء • غير فعّال ضد بعض الأكياس البيضية • غير عملي للخزانات المنزلية الكبيرة
الأشعة فوق البنفسجية(UV)	• لا يضيف مواد كيميائية أو يغير طعم الماء • سريع وفوري • فعال ضد معظم الميكروبات بما فيها بعض الطفيليات المقاومة للكلور	• لا يوفر حماية للمياه المخزنة • يحتاج مياه صافية جداً ليكون فعالاً • يحتاج إلى مصدر طاقة كهربائية • يتطلب صيانة دورية (تنظيف وتغيير المصباح)

الكلور (هيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم)

- تركيز الكلور الحر المتبقي **0.2-0.5 ملغ/لتر**: بعد فترة تلامس لا تقل عن **30دقيقة** في درجة حرارة ≥20°م.
- لتحقيق ذلك، تُضاف جرعة أولية تتراوح بين **1-5ملغ/لتر** حسب درجة تلوث الماء.

1- أقراص الكلور

تُعد أقراص الكلور من المواد المطهرة الفعّالة والشائعة في تعقيم مياه الشرب، بما في ذلك المياه المجمعة في أنظمة حصاد مياه الأمطار، وذلك لأنها توفر وسيلة تطهير بسيطة وغير مكلفة يمكن استخدامها في نقاط مختلفة من نظام المعالجة أو قبل التخزين. تحتوي هذه الأقراص عادةً على مركبات الكلور مثل هيبوكلوريت الكالسيوم أو مركبات تحتوي على الكلور يمكن أن تطلق حمض الهيبوكلوروز عند ذوبانها في الماء، وهو عامل مؤكسد قوي يقوم بقتل البكتيريا والفيروسات والميكروبات الممرضة عن طريق تدمير جدران الخلايا والتداخل مع الوظائف الحيوية

للكائنات الدقيقة، مما يجعل الماء المعالج أكثر أمانًا للاستخدام في الشرب أو الاستخدامات الحساسة. تُستخدم أقراص الكلور عادةً عندما تكون المياه قد خضعت لمعالجة أولية مثل الترشيح لإزالة المواد العالقة والعكارة، إذ أن الكلور يكون أكثر فعالية عندما تكون درجة العكارة أقل من 5 وحداتNTU ، في حين أن المياه شديدة العكارة يمكن أن تحمي بعض الكائنات الدقيقة من تأثير الكلور، وقد تتطلب زيادة الجرعة أو وقت التلامس.

مثال تطبيقي لحساب كمية أقراص الكلور

المعطيات:

- حجم الخزان :2000 لتر
- التركيز المطلوب للتعقيم :2 ملغم/لتر
- زمن التلامس :30 دقيقة

حساب كمية الكلور المطلوبة في الماء

كمية الكلور المطلوبة (ملغم) = حجم الماء (لتر) × التركيز المطلوب (ملغم/لتر)
2000 × 2 =4000ملغم كلور، ما يعادل 4غرام كلور فعّال

- معرفة محتوى قرص الكلور، القرص الواحد يحتوي على 2غرام كلور فعّال
- القرص الواحد مصمم عادةً لتعقيم 1000لتر من المياه بتركيز يقارب 2ملغم/لتر
- حساب عدد الأقراص المطلوبة

عدد الأقراص = كمية الكلور المطلوبة ÷ كمية الكلور في القرص الواحد

- 4غرام ÷ 2 غرام/قرص =2 قرص من أقراص الكلور

طريقة الاستخدام العملية

- يُذاب قرصان من الكلور في وعاء يحتوي على ماء نظيف.
- يُسكب المحلول الناتج داخل الخزان.
- يُغلق الخزان ويُترك الماء لمدة 30دقيقة على الأقل قبل الاستخدام.
- يجب أن تكون رائحة الكلور خفيفة وغير مزعجة.

2- الكلور السائل

الكلور السائل المستخدم في تعقيم المياه هو محلول يحتوي على هيبوكلوريت الصوديوم، وهي مادة مطهّرة فعالة تُستخدم عالميًا في تعقيم مياه الشرب، سواء في محطات المعالجة المركزية أو في الأنظمة المنزلية والمجتمعية. عند إضافته إلى الماء، يتكوّن مركب مطهّر قادر على القضاء على البكتيريا والفيروسات والكائنات الدقيقة الممرِضة.

عادة ما يتوفر الكلور السائل التجاري بتركيز مرتفع نسبيًا، ولا يجوز إضافته مباشرة إلى مياه الشرب دون تخفيف، لما قد يسببه من مخاطر صحية، لذلك يتم تخفيف الكلور السائل المركز بالماء النظيف للحصول على محلول مخفف مناسب للتعقيم، بحيث يمكن التحكم بالجرعة المضافة إلى الخزان بسهولة وأمان.

مثال تطبيقي لحساب كمية الكلور السائل

المعطيات:

- حجم الخزان :2000 لتر
- التركيز المطلوب للتعقيم :2 ملغم/لتر
- زمن التلامس :30 دقيقة

حساب كمية الكلور المطلوبة في الماء كمية الكلور المطلوبة (ملغم) =4 غرام كلور فعّال (كما تم حسابه بالمثال السابق).

- تركيز الكلور السائل المتوفر5%

تحويل الكمية إلى حجم من الكلور السائل، بما أن تركيز الكلور السائل 5%، فهذا يعني:

- كل 100مل من الكلور السائل تحتوي على 5غرام كلور فعّال
- كل 1مل يحتوي على 0.05غرام كلور فعّال

حساب الحجم المطلوب من الكلور السائل

حجم الكلور السائل (مل) = كمية الكلور المطلوبة (غرام) ÷ كمية الكلور في كل مل
4 ÷ 0.05 =80مل من الكلور السائل بتركيز 5%.

طريقة الاستخدام العملية

- يُخفف مقدار 80مل من الكلور السائل في دلو يحتوي على ماء نظيف.
- يُسكب المحلول داخل الخزان.
- يُغلق الخزان ويُترك الماء لمدة لا تقل عن 30دقيقة قبل الاستخدام.

ثانيا: مراحل معالجة أنظمة الحصاد المائي السطحي (السدود والحفائر)

مرحلة الترسيب الطبيعي

- تعتمد على بقاء المياه لفترات طويلة تسمح بترسيب كميات كبيرة من الطمي.
- هذه المرحلة تُعد أساسية قبل أي معالجة لاحقة.

مرحلة المعالجة الفيزيائية

- تُزال العكارة العالية قبل التفكير بأي استخدام.
- تُعد هذه المرحلة ضرورية لحماية مراحل التعقيم اللاحقة.

مرحلة التعقيم والمعالجة المتقدمة

- لا تُستخدم المياه للشرب إلا بعد معالجتها في محطات مركزية متكاملة.
- تشمل المعالجة التعقيم الدقيق وفق معايير صارمة.
- تُراقب جودة المياه بشكل مستمر قبل التوزيع.

جودة المياه المجمعة في خزانات حصاد مياه الأمطار

يتم تقييم جودة المياه المجمعة في خزانات حصاد مياه الأمطار من خلال فحص خصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكرو بيولوجية، إضافة إلى تحليل محتواها من العناصر الثقيلة، وذلك بالاستناد إلى المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015، والتي تُعد قاعدة فنية ملزمة لتحديد جودة مياه الشرب. وتحدد هذه المواصفة الحدود والمعايير الواجب توافرها لضمان سلامة المياه وصلاحيتها للاستهلاك البشري، بما يشمل الخصائص الفيزيائية والكيميائية والجرثومية

والإشعاعية، ويُشترط الالتزام الكامل بها عند استخدام مياه الأمطار المجمّعة بعد معالجتها لأي غرض شُربي.

١. الخصائص الفيزيائية

يجب ألا تتجاوز قيم الخصائص الفيزيائية لمياه الشرب الحدود القصوى الموضحة في الجدول:

جدول 30: الخصائص الفيزيائية لمياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015

الخاصية	الحد الأقصى المسموح به
اللون	15 وحدة لون حقيقية (TCU)
الطعم	مقبول
الرائحة	مقبولة
العكارة	5 وحدات عكارة نيفلومترية (NTU)

2. المواد والخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب

يجب ألا تتجاوز قيم المواد والخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب الحدود القصوى الموضحة في الجدول:

جدول 31: المواد والخصائص التي لها تأثير استساغي على مياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015

الخاصية	الرمز	الحد الأقصى المسموح
الرقم الهيدروجيني	**pH**	من 6.5 إلى 8.5
المواد الصلبة الذائبة الكلية	**TDS**	1000مغ/ل
العسر الكلي	**TH**	500مغ/ل
مادة المثيلين الأزرق الفعالة	**MBAS**	0.2مغ/ل

الأمونيوم	**NH_4**	0.2مغ/ل
الألمنيوم	**Al**	0.1مغ/ل
الكبريتات	**SO_4**	500.0 مغ/ل
الكلورايد	**Cl**	500.0 مغ/ل
الحديد	**Fe**	1.0مغ/ل
الخارصين	**Zn**	4.0مغ/ل
النحاس	**Cu**	2.0 مغ/ل
الصوديوم	**Na**	200.0مغ/ل
المنغنيز	**Mn**	0.4مغ/ل

3. العناصر والمركبات الكيميائية غير العضوية في مياه الشرب

يجب ألا تتجاوز قيم العناصر والمركبات الكيميائية غير العضوية الحدود القصوى الموضحة في الجدول:

جدول 32: العناصر والمركبات الكيميائية غير العضوية - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015

العناصر والمركبات الكيميائية غير العضوية	الرمز	الحد الأقصى المسموح به (مغ/ل)
الفلورايد	F	1.5
الزرنيخ	As	0.01
النيتريت	NO_2	3.0
النترات	NO_3	50.0
السيانيد	CN	0.07
الكادميوم	Cd	0.003
الباريوم	Ba	1. 0
السيلينيوم	Se	0.04
البورون	B	2.4
الزئبق	Hg	0.006
الكروم الكلي	Cr	0.05

الفضة	Ag	0. 1
النيكل	Ni	0.07
الأنتيمون	Sb	0.02
الموليبيديوم	Mo	0.09
الرصاص	Pb	0.01

4. نواتج عملية التطهير

يجب ألا تزيد تراكيز نواتج عملية التطهير على القيم الواردة في الجدول:

جدول 33: جدول نواتج عملية التطهير في مياه الشرب - المواصفة القياسية الأردنية لمياه الشرب JS 286:2015

المادة	الحد الأقصى المسموح به (مغ/ل)
الميثانات المهلجنة الكلية (TTHMs)	0.15
الكلورايت	0.7

5. الخصائص المكروبيولوجية

1- البكتيريا

يجب أن تخلو العينة المفحوصة (والتي هي عبارة عن 100 مليلتر) مما يلي:

أ. عصيات القولون الكلية عند استخدام طريقة الترشيح أو أي طريقة معتمدة عالمياً، أو أن يكون عدد عصيات القولون الكلية أقل من 1.1 عند استخدام طريقة العدد الأكثر احتمالاً.

ب. عصيات القولون المقاومة للحرارة أو الإيشيريشيا كولاي عند استخدام طريقة الترشيح أو أي طريقة معتمدة عالمياً، أو أن يكون العدد أقل من 1.1 عند استخدام طريقة العدد الأكثر احتمالاً.

2- الميكروبات الممرضة

يجب أن تخلو مياه الشرب من جميع أطوار الطفيليات وجميع أطوار الديدان الممرضة والبكتيريا الممرضة

3 -الكائنات الطليقة الحية (النيماتود)

يجب ألا يزيد تعداد الكائنات الطليقة الحية (النيماتود) على كائن حي واحد لكل لتر.



18.إجراءات السلامة العامة في نظام حصاد مياه الأمطار

جدول 34:إجراءات السلامة العامة في نظام حصاد مياه الأمطار

مجال السلامة	إجراءات السلامة العامة	صورة
السلامة العامة	استخدام القفازات عند التنظيف. استخدام حذاء أمان يمنع الانزلاق أثناء العمل على الأسطح أو حول الخزان	
سلامة الخزان	إغلاق غطاء الخزان بإحكام دائمًا. منع الأطفال والحيوانات من الاقتراب من الخزان. عدم النزول داخل الخزان إلا عند الضرورة وبإشراف مختص.	
سلامة المياه	عدم استخدام مياه الحصاد للشرب إلا بعد المعالجة. منع دخول أي مواد ضارة أو ملوثة إلى الخزان. عدم تعريض المياه لأشعة الشمس المباشرة.	

المشكلات الشائعة وحلولها في أنظمة الحصاد المائي

في بعض الحالات، قد تظهر مشكلات تؤثر على جودة مياه الأمطار أو كفاءة نظام الحصاد. ولا تكون مياه الأمطار صالحة للاستخدام عند تغيّر لونها أو رائحتها، أو عند ظهور شوائب واضحة فيها. ومن أهم إشارات تلوّث المياه وجود رائحة كريهة، أو لون غير طبيعي، أو نمو طحالب داخل الخزان. عند ملاحظة أي من هذه العلامات، يجب التوقف عن استخدام المياه وتنظيف الخزان والنظام بالكامل قبل إعادة التشغيل. يوضّح الجدول التالي أبرز المشكلات الشائعة في أنظمة الحصاد المائي وطرق التعامل معها.

جدول 35: المشكلات الشائعة وحلولها في أنظمة الحصاد المائي

	المشكلة	السبب المحتمل	الحل	صورة
1	**عدم دخول المياه إلى الخزان**	انسداد المزاريب أو الأنابيب	تنظيف المزاريب والأنابيب والتأكد من خلوها من الأوساخ	
2	**دخول مياه متسخة إلى الخزان**	عدم عمل صمام الدفقة الأولى	فحص صمام الدفقة الأولى وتنظيفه أو إصلاحه	
3	**امتلاء الخزان وطفح المياه**	انسداد او عطل في العوامة أو غياب خط	تنظيف خط الفائض أو تركيبه بمقاس مناسب واسبدال العوامة	

		الفائض		
4	**عدم عمل المضخة**	انقطاع الكهرباء أو تلف المضخة أو عدم وجود ماء في الخزان	التأكد من تغطية المضخة وإبعادها عن الماء ووجود كهرباء وماء في الخزان وفحص المضخة	
5	**نمو الطحالب داخل الخزان**	تعرض الخزان لأشعة الشمس	إغلاق الخزان بإحكام ومنع دخول الضوء	
6	**وجود روائح كريهة في المياه**	تراكم الرواسب داخل الخزان	تفريغ الخزان وتنظيفه دوريًا	
7	**تسريب مياه حول الخزان**	تشققات أو وصلات غير محكمة	فحص الخزان والأنابيب وإصلاح أماكن التسريب	
8	**عدم قراءة جهاز القياس**	انقطاع الكهرباء أو الإنترنت	التأكد من توفر الكهرباء والإنترنت وإعادة تشغيل الجهاز	

19.الجدوى الاقتصادية والعمر الافتراضي وكلف الإنشاء والصيانة

يمثل تقييم الجدوى الاقتصادية لأي نظام لحصاد مياه الأمطار خطوة أساسية قبل تنفيذه، حيث يساعد هذا التقييم على تقدير الكلفة الإجمالية للمشروع مقارنة بالعائد المتوقع منه. ويشمل ذلك حساب كلفة الإنشاء، وكلفة التشغيل والصيانة، والعمر الافتراضي للمكوّنات المختلفة للنظام، إضافة إلى الفوائد المالية غير المباشرة التي تتحقق نتيجة توفير المياه وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية.

الجدوى الاقتصادية لأنظمة حصاد مياه الأمطار

تعتمد الجدوى الاقتصادية لنظام الحصاد على العلاقة بين كلفة إنشائه وتشغيله، وبين كمية المياه التي يوفرها خلال عمره التشغيلي. ويُعد النظام مجديًا اقتصاديًا عندما تكون قيمة المياه التي يوفرها أعلى أو مقاربة لكلفة إنشائه وصيانته. ويكتسب هذا النوع من الأنظمة أهمية خاصة في المناطق التي تعاني من محدودية المياه وارتفاع كلفة شرائها، إذ يساهم في تقليل الضغط على الشبكة وفي تخفيض النفقات المتعلقة بتزويد المياه. كما أن طبيعة هذه الأنظمة، التي تعتمد على مياه مجانية المصدر، تجعلها استثمارًا طويل الأمد يزداد مردوده مع الزمن.

العمر الافتراضي لمكوّنات النظام

يمتلك نظام حصاد مياه الأمطار عمرًا افتراضيًا طويلًا نسبيًا عند الالتزام بالصيانة الدورية. فعمر الخزان غالبًا ما يكون طويلًا نظرًا لكونه مصنوعًا من مواد مقاومة للعوامل الجوية، في حين تختلف أعمار المكونات الأخرى مثل الأنابيب والمصافي والمرشحات تبعًا لجودتها وطريقة استخدامها. وكلما كانت المواد ذات جودة أعلى

والصيانة منتظمة، زادت مدة الخدمة التي يمكن أن يوفرها النظام دون الحاجة إلى استبدال أجزاء رئيسية.

العمر الافتراضي للخزانات الإسمنتية

يُعد الخزان الإسمنتي من أكثر أنواع خزانات حصاد مياه الأمطار طولًا في العمر الافتراضي، إذ يمكن أن تتراوح مدة خدمته عادة بين 30إلى 50 سنة، وقد تمتد إلى أكثر من ذلك في حال تم تنفيذ الخزان وفق أسس هندسية صحيحة واستخدام إسمنت عالي الجودة ومعالجة داخلية مناسبة تمنع تسرب المياه أو تفاعلها مع الخرسانة. ويتأثر العمر الافتراضي للخزان الإسمنتي بعوامل عدة، من أهمها جودة العزل الداخلي، وطبيعة التربة المحيطة، ومنع حدوث تشققات أو تسربات، إضافة إلى التنظيف الدوري ومنع تراكم الرواسب والمواد العضوية داخله. وفي حال إهمال الصيانة، قد ينخفض العمر التشغيلي بشكل ملحوظ نتيجة التآكل أو تسرب المياه.

العمر الافتراضي للخزانات البلاستيكية

تتميز الخزانات البلاستيكية بسهولة التركيب وخفة الوزن، إلا أن عمرها الافتراضي أقصر نسبيًا مقارنة بالخزانات الإسمنتية. يتراوح العمر التشغيلي للخزانات البلاستيكية عادة بين 15إلى 25 سنة، وذلك اعتمادًا على نوع البلاستيك المستخدم وجودته، ومدى مقاومته للأشعة فوق البنفسجية، وظروف التركيب والتعرض المباشر لأشعة الشمس. وتؤدي درجات الحرارة المرتفعة، والتعرض المستمر للشمس دون حماية، وسوء الاستخدام، إلى تسريع تدهور المادة البلاستيكية وتقليل عمرها الافتراضي.

وتساهم الصيانة الدورية والتنظيف المنتظم، إضافة إلى وضع الخزان في مكان مظلل أو مدفون جزئيًا، في إطالة مدة خدمته.

كلف الإنشاء

تشمل الكلف الأساسية للإنشاء بناء أو شراء الخزان، ومد شبكة الأنابيب، وتركيب المصفاة والمرشح، وإجراء التوصيلات اللازمة لتوجيه المياه من السطح إلى الخزان. وتختلف الكلفة من منزل لآخر تبعًا لحجم الخزان ونوعية المواد المستخدمة ونظام المعالجة الذي تم اختياره. ورغم اختلاف القيم بين حالة وأخرى، إلا أنّ أنظمة الحصاد المنزلية تُعد أقل كلفة مقارنة بالأنظمة المائية الأخرى، ويمكن تعديلها لتناسب الإمكانات المالية للمستخدم.

كلف الصيانة والتشغيل

تُعد كلف الصيانة منخفضة نسبيًا لأن النظام يعتمد على عمليات طبيعية لا تتطلب معدات معقدة. وتشمل الصيانة تنظيف المصفاة، وإزالة الرواسب من الحوض الأولي، وتنظيف الخزان مرة سنويًا، وإعادة ضبط بعض التوصيلات أو استبدال الأجزاء البسيطة عند الحاجة. وتُعد الصيانة المنتظمة عاملًا أساسيًا في الحفاظ على جودة المياه وضمان استمرار عمل النظام بكفاءة طوال عمره التشغيلي.

جدول 36: أثر الجدوى الاقتصادية والعمر الافتراضي وكلف الإنشاء والصيانة على نظام حصاد المياه

العنصر	المفهوم	أثره على النظام
الجدوى الاقتصادية	تقارن بين كلفة الإنشاء والصيانة وبين كمية المياه التي يوفرها النظام خلال سنوات التشغيل	تحدد مدى جدوى النظام على مستوى المنزل والمجتمع
العمر الافتراضي	مدة خدمة الخزان والأنابيب والمرشحات قبل الحاجة إلى استبدالها	كلما زادت الجودة والصيانة، زادت مدة العمل الفعّال
كلف الإنشاء	تشمل الخزان والأنابيب والمصافي والمرشحات وتوصيل النظام بالكامل	تختلف حسب حجم النظام ونوعية مواده
كلف الصيانة	تتضمن تنظيف المكونات والمتابعة السنوية وإصلاح الأجزاء البسيطة	كلف منخفضة وتحافظ على جودة المياه وكفاءة النظام

20. القوانين والتعليمات المنظمة لحصاد مياه الأمطار في الأردن

تنظم القوانين والتعليمات الصادرة عن الجهات الرسمية في الأردن آلية إنشاء وتشغيل أنظمة حصاد مياه الأمطار بهدف ضمان سلامة هذه الأنظمة واستدامتها، وضمان توافقها مع متطلبات الصحة العامة والبيئة والبناء. وتحدد هذه التعليمات المعايير الفنية الواجب اتباعها عند تصميم وتنفيذ الخزانات، إضافة إلى الشروط المتعلقة بمواقع الإنشاء، وأنواع المواد، وطريقة التصريف، والالتزامات المترتبة على المالك أو الجهة المنفذة.

الإطار القانوني لحصاد مياه الأمطار

يستند تنظيم حصاد مياه الأمطار في الأردن إلى تعليمات صادرة عن عدة جهات، أبرزها وزارة المياه والري، وزارة الإدارة المحلية، البلديات، وأمانة عمّان. وتعمل هذه الجهات على وضع قواعد تضمن أن يكون النظام آمنًا للمستخدم وللمحيط، وأن يتم

بناؤه بما يتوافق مع شروط الأبنية والصحة العامة. وتُلزم هذه التشريعات المالك باتباع إجراءات محددة للحصول على الموافقات اللازمة، خاصة في المباني التي تحتوي على خزانات تحت الأرض أو أنظمة تصريف مرتبطة بالبنية التحتية العامة.

المتطلبات الفنية الأساسية

تتضمن التعليمات اشتراطات واضحة تتعلق بحجم الخزان ونوعية المواد المستخدمة في بنائه، بحيث تكون المواد مقاومة للتسرب وآمنة للتخزين، وأن يكون الخزان محكمًا لمنع تلوث المياه أو تسربها. وتشدد التعليمات على ضرورة توفير فتحات صيانة مناسبة، وضمان سهولة الوصول للخزان عند الحاجة إلى التنظيف أو الفحص. كما تحدد التعليمات طريقة تصريف الفائض من مياه الأمطار بحيث لا يؤثر على الأبنية المجاورة أو يسبب تجمعًا ضارًا للمياه.

المواقع المسموح بها لإنشاء الخزانات

تحدد الجهات التنظيمية المواقع المناسبة لإنشاء خزانات حصاد مياه الأمطار ضمن حدود الأبنية، مع التأكيد على أن تكون بعيدة عن خطوط الخدمات، وأن لا تشكل خطرًا إنشائيًا على المبنى أو على البنية التحتية المحيطة. كما تشترط هذه الجهات الحصول على موافقة مسبقة عند رغبة المالك في إنشاء خزانات تحت الأرض في مناطق التنظيم، خصوصًا ضمن حدود أمانة عمّان، لضمان الالتزام بالمعايير المعتمدة.

التزامات المالك في التشغيل والصيانة

تلزم القوانين المالك بالقيام بأعمال صيانة دورية للخزان، بما يشمل تنظيفه وإعادة فحصه بشكل سنوي، إضافة إلى التأكد من سلامة التوصيلات ومنع تسرب المياه إلى

التربة. كما تتطلب التعليمات المحافظة على جودة المياه المخزّنة وضمان عدم استخدامها بطريقة تتعارض مع تعليمات الصحة العامة. وتُعد هذه الالتزامات جزءًا من الإطار التنظيمي الذي يهدف إلى حماية البيئة وضمان الاستخدام السليم لأنظمة الحصاد.

جدول 37: الإطار القانوني والتنظيمي لأنظمة حصاد مياه الأمطار والجهات المعنية

العنصر القانوني	المفهوم	الجهة المعنية
الإطار العام للتعليمات	مجموعة قوانين تنظم إنشاء وتشغيل أنظمة حصاد الأمطار	وزارة المياه، وزارة الإدارة المحلية، البلديات، أمانة عمّان
المتطلبات الفنية للخزانات	شروط تتعلق بحجم الخزان، المواد، الإحكام، فتحات الصيانة، وتصريف الفائض	الجهات المنظمة للأبنية والمياه
مواقع إنشاء الخزانات	تحديد المواقع المناسبة ضمن حدود البناء والبعد عن الخدمات	البلديات وأمانة عمّان
التزامات التشغيل والصيانة	تنظيف وفحص الخزان وضمان عدم تسربه والحفاظ على جودة المياه	وزارة المياه والجهات الرقابية المحلية

21. مفاهيم ومبادئ وأنظمة المياه الرمادية

في ظل الشح المائي الحاد الذي يعاني منه الأردن، وازدياد الطلب على المياه نتيجة النمو السكاني والتغير المناخي، برزت المياه الرمادية كأحد أهم الحلول العملية منخفضة الكلفة لإدارة الطلب على المياه، خاصة على المستوى المنزلي والمؤسسي. وتمثل إعادة استخدام المياه الرمادية جزءًا أساسيًا من الإدارة المتكاملة للموارد المائية، وتسهم في تقليل استهلاك المياه العذبة، وحماية المياه الجوفية، وتعزيز الأمن المائي الأسري والمجتمعي.

أنواع مياه الصرف الصحي

جدول 38: تصنيف أنواع مياه الصرف الصحي وخصائصها ومتطلبات معالجتها

نوع المياه	التعريف المختصر	المصدر الرئيسي	الخصائص العامة	متطلبات المعالجة	
المياه الرمادية	مياه ناتجة عن الاستخدامات المنزلية غير المرتبطة بالمراحيض	المغاسل، الاستحمام، الغسالات	محتوى عضوي منخفض نسبيًا، خالية من الفضلات البشرية	معالجة بسيطة قبل إعادة الاستخدام	
المياه السوداء	مياه ناتجة عن المراحيض	المراحيض	تحتوي على فضلات بشرية ومسببات أمراض عالية	معالجة متقدمة وصحية	
مياه الصرف الصحي المنزلية	مزيج من المياه الرمادية والسوداء	المنازل والمباني السكنية	ملوثات عضوية وبيولوجية	معالجة كاملة قبل التصريف أو إعادة الاستخدام	
مياه الصرف الصحي المعالجة	مياه صرف خضعت لعمليات معالجة لإزالة الملوثات	محطات المعالجة	نوعية محسّنة حسب مستوى المعالجة	قابلة لإعادة الاستخدام بشروط	
مياه الصرف الزراعي	مياه ناتجة عن الأنشطة الزراعية	الري، تربية الحيوانات	قد تحتوي على أسمدة ومبيدات	معالجة أو إدارة خاصة حسب الاستخدام	

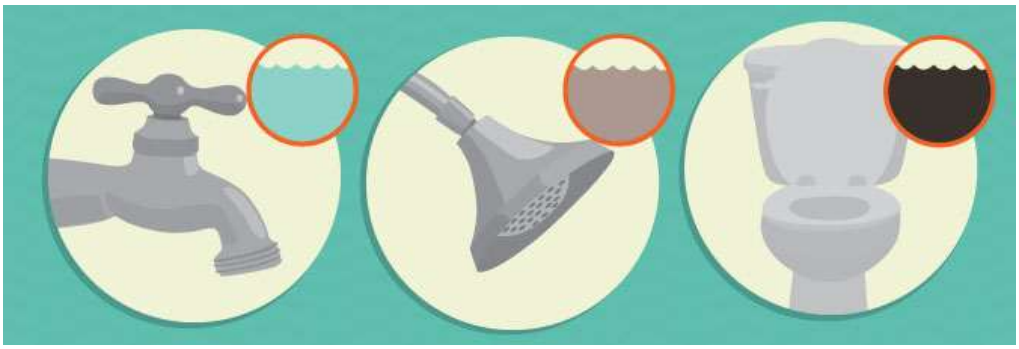
مياه الصرف الصناعي	مياه ناتجة عن العمليات الصناعية	المصانع، التعدين، الإنتاج الكيميائي	ملوثات كيميائية ومعادن ثقيلة	معالجة متخصصة حسب نوع الصناعة	
مياه الأمطار	مياه ناتجة عن الهطول المطري	الأسطح، الطرق	منخفضة الملوحة، قد تلتقط ملوثات سطحية	غالبًا معالجة بسيطة	
مياه الجريان السطحي	مياه تتدفق فوق سطح الأرض بعد الأمطار	الطرق، الأسطح الحضرية	تحمل زيوت ومواد كيميائية	معالجة قبل التصريف	
مياه التصريف المشترك	خليط من مياه الأمطار والصرف الصحي	شبكات تصريف مشتركة	تزداد كمياتها أثناء الأمطار	صعوبة المعالجة أثناء الذروة	
المياه المرشَّحة من مكبات النفايات	مياه ناتجة عن تسرب السوائل من النفايات	مكبات النفايات	ملوثات عالية الذوبان وخطرة	معالجة متقدمة جدًا	

المياه الرمادية ومصادرها

تُعرَّف المياه الرمادية بأنها المياه العادمة الناتجة عن الاستخدامات المنزلية غير المرتبطة بالمراحيض، والتي يمكن جمعها ومعالجتها وإعادة استخدامها بشكل آمن لأغراض معينة، خاصة الري.

مصادر المياه الرمادية في المنازل:

- مياه أحواض الغسيل
- مياه المغاسل (غسل اليدين)
- مياه غسالات الملابس
- مياه الاستحمام (الدش)



كميات ونوعية المياه الرمادية

تشكل المياه الرمادية نسبة كبيرة من الاستهلاك المنزلي اليومي، حيث يمكن أن تمثل50–70% من إجمالي المياه المنزلية المستهلكة وتتميز نوعيتها بأنها:

- أقل تلوثًا من المياه السوداء
- قابلة للمعالجة بطرق بسيطة
- مناسبة لإعادة الاستخدام غير المباشر

المبادئ الأساسية لإدارة المياه الرمادية

تعتمد أنظمة المياه الرمادية على مجموعة من المبادئ الأساسية، أهمها:

- الفصل عند المصدر (فصل المياه الرمادية عن السوداء)
- المعالجة قبل إعادة الاستخدام
- الاستخدام الآمن والمقيّد

- الالتزام بالاشتراطات الصحية
- سهولة التشغيل والصيانة
- القبول المجتمعي والوعي الصحي

أنظمة المياه الرمادية (من حيث التعقيد)

💧 الأنظمة البسيطة

- ترشيح أولي
- أحواض حصوية
- خزانات تجميع بسيطة

الاستخدام: ري الأشجار غير المثمرة

💧 الأنظمة المتوسطة

- مرشحات رملية
- أحواض نباتية
- خزانات معالجة متعددة المراحل

الاستخدام: ري الحدائق والأشجار

💧 الأنظمة المتقدمة

- ترشيح متعدد
- تعقيم (كلور / أشعة فوق بنفسجية)
- تحكم أوتوماتيكي

الاستخدام: ري منظم وآمن

استخدامات المياه الرمادية المعالجة

- ري الأشجار المثمرة وغير المثمرة
- ري الحدائق المنزلية
- ري المساحات الخضراء
- استخدامات غير مباشرة في المؤسسات

يُمنع استخدامها للشرب أو الطهي أو الاستحمام.

الاشتراطات الصحية والسلامة

- عدم تخزين المياه الرمادية أكثر من 24 ساعة دون معالجة
- منع التلامس المباشر مع الإنسان
- منع الرش فوق سطح التربة
- الصيانة الدورية للمرشحات
- الالتزام بتعليمات وزارة الصحة والمياه

التكامل بين المياه الرمادية وحصاد مياه الأمطار

تُعد المياه الرمادية مكملة لأنظمة حصاد مياه الأمطار، حيث:

- تُستخدم مياه الأمطار أولًا
- تُعاد استخدام المياه الرمادية لتقليل الطلب
- يحقق النظامان معًا أعلى كفاءة مائية

جدول 39: مقارنة بين المياه الرمادية ومياه الأمطار

العنصر	المياه الرمادية	مياه الأمطار
المصدر	الاستخدام المنزلي	الهطول المطري
الحاجة للمعالجة	نعم	أحيانًا
الاستخدام	ري فقط	ري واستخدامات أخرى
الكلفة	منخفضة–متوسطة	منخفضة
الاستدامة	عالية	موسمية

22. نظام إعادة استخدام المياه الرمادية

يمثل نظام إعادة استخدام المياه الرمادية أحد الحلول المائية العملية في البيئات التي تعاني من محدودية الموارد. ويهدف هذا النظام إلى جمع المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية الخفيفة مثل المغاسل وأحواض الاستحمام والغسالات، ومعالجتها بطرق بسيطة ليصبح استخدامها آمنًا في الأغراض الثانوية، وبذلك يساهم في تقليل الضغط على مصادر المياه التقليدية ورفع كفاءة استهلاك المياه على مستوى المنزل والمجتمع.

آلية عمل أنظمة المياه الرمادية

تعمل أنظمة إعادة الاستخدام من خلال جمع المياه الخارجة من المصادر المنزلية المسموح بها عبر شبكة أنابيب منفصلة، لتصل إلى خزان أولي يهدف إلى تهدئة حركة المياه وترسيب المواد العالقة. ثم تمر المياه عبر مراحل بسيطة من الترشيح لإزالة الجزيئات الدقيقة والصابون والرواسب الخفيفة. وبعد ذلك تُجمع المياه في خزان مخصص للاستخدامات الثانوية. ويعتمد نجاح هذا النظام على بساطته وعلى الالتزام بتصميم يضمن الفصل التام بينه وبين شبكة الصرف الصحي غير المسموح بإعادة استخدامها.

الاستخدامات المناسبة للمياه الرمادية

تُستخدم المياه الرمادية بعد معالجتها في ري الحدائق المنزلية والنباتات التي لا تتطلب مياه عالية النقاء، كما تُستخدم في تنظيف الساحات والممرات والأرضيات الخارجية. ولا تُستخدم هذه المياه للشرب أو الطبخ أو أي استخدامات تتعلق بالإنسان بشكل مباشر. ويساعد استعمالها في هذه الأعمال على تقليل استهلاك المياه العذبة وتخفيف كلفتها السنوية على الأسرة.

متطلبات تشغيل وصيانة النظام

يعتمد النظام على صيانة بسيطة تشمل تنظيف المصفاة بشكل مستمر وإزالة الرواسب من الخزان الأولي وفحص شبكة الأنابيب للتأكد من عدم انسدادها. كما يُنصح بتنظيف خزان المياه الرمادية بشكل دوري لمنع تراكم الرواسب أو الروائح، وضمان استمرار عمل النظام بفعالية. وتُعد الصيانة المنتظمة عاملًا رئيسيًا في الحفاظ على جودة المياه المعاد استخدامها وعلى سلامة النظام.

نظام إعادة استخدام المياه الرمادية المنفذ من قبل اليونيسيف والاستغلال الأمثل له

مشروع " زيادة قدرة النازحين والمجتمعات المضيفة على الصمود في مواجهة تحديات المياه المتعلقة بتغير المناخ" هو مشروع قام برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية بالشراكة مع منظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسف) ووزارتي التربية والتعليم والأوقاف والشؤون والمقدسات الإسلامية وشبكة العمل المناخي والقطاع الخاص بتنفيذه، حيث قام بتصميم وتركيب أنظمة مبتكرة لمعالجة وإعادة استخدام المياه الرمادية في 35 مدرسة و5 مساجد

في إربد والرمثا والمفرق، ضمن المشروع ومن الممكن تطبيقها في مدارس اخرى في المستقبل، وذلك لإعادة تأهيل وتكييف مرافق المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية في المدارس والمساجد، لتمكين تركيب وتوصيل أنظمة معالجة المياه الرمادية بهدف إعادة استخدامها في تنظيف المراحيض، مع استكمال التوعية وبناء القدرات من أجل الاستخدام المستدام لهذه الأنظمة بين المعلمين، طلاب المدارس وأفراد المجتمع بشكل عام.

يهدف المشروع إلى زيادة قدرة المجتمعات على الصمود والقدرة على التكيف مع الآثار ونقاط الضعف المرتبطة بتغير المناخ، في سياق أزمة اللاجئين السوريين وظروف ندرة المياه بشكل عام في الأردن ولبنان. يتم ذلك من خلال تدابير تكيف ملموسة تستجيب لاحتياجات كل من النازحين والمجتمعات المضيفة، وخاصة النساء واليافعين في المجتمعات الأكثر هشاشة، ويركز المشروع على الاستجابة لتحديات المياه المرتبطة بتغير المناخ من خلال تعزيز نهج الإدارة المستدامة للمياه، بهدف تقليل الطلب على مصادر المياه غير المستدامة مثل الإفراط في استخراج المياه الجوفية، مع زيادة خيارات إمدادات المياه من مصادر غير تقليدية وأكثر استدامة، ما في ذلك حصاد مياه الأمطار وإعادة استخدام المياه الرمادية المعالجة.

معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها في المدارس والمساجد

الهدف من تقنيات معالجة المياه الرمادية:

تحسين استدامة الموارد المائية ومحاولة الاعتماد على المياه المعالجة للاستخدامات غير الصالحة للشرب، مما يساهم في الحفاظ على الموارد المائية وتخفيف الضغط على البيئة.

تم تركيب نظام معالجة المياه الرمادية على مصارف المغاسل وأحواض الوضوء في دورات المياه في المدارس والمساجد، ثم إعادة تدوير المياه الرمادية للاستخدام كمياه تنظيف المراحيض (النياجرات) .

من الأنظمة التي تم تركيبها تقنية المفاعل الحيوي الغشائي (Membrane Bioreactor- MBR) هي عملية متقدمة لمعالجة المياه الرمادية تصريف المغاسل وتجمع بين المعالجة البيولوجية والترشيح الغشائي.



رسم توضيحي 12:نظام معالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها في المدارس والمساجد

جدول40 : مراحل معالجة المياه الرمادية مع صور توضيحية

الرقم	مراحل المعالجة	صورة توضيحية
1	تُجمع المياه الرمادية من المغاسل وأحواض الغسيل في الحمّامات ومرافق الوضوء (المساجد)	
2	تتجمع المياه الرمادية في خزان تجميع المياه الرمادية الخام (الأول).	
3	في المرحلة الأولى من المعالجة (اللاهوائية)، يتم خلط المياه الرمادية جيدًا لضمان التوزيع المتجانس للمواد العضوية (المغذّيات، البكتيريا، وغيرها). يتم التحكم بعملية الخلط بواسطة مؤقّت زمني. وبعد اكتمال عمليتي الخلط وزمن المكوث في الخزان اللاهوائي	
4	في المرحلة الثانية، تُضخ المياه الرمادية المختلطة إلى وحدة المفاعل الحيوي الغشائي (MBR) حيث يتم تهويتها لتمكين البكتيريا الهوائية من تحليل المواد العضوية. تمر المياه الرمادية عبر وحدة الـ MBRلإزالة إضافية للمواد العضوية	

5	بعد اكتمال المعالجة الهوائية وزمن المكوث، تُنقل المياه الرمادية المعالجة إلى خزان تجميع المياه الرمادية المعالجة	
6	تُنقل المياه الرمادية المعالجة من خزان التجميع إلى مرشحات رملية لاستكمال إزالة أي رواسب متبقية	
7	تُعقَّم المياه الرمادية المعالجة والمُرشَّحة في المرحلة النهائية باستخدام الكلور، حيث يتم حقنه على الخط في الأنبوب المؤدي إلى خزان التخزين النهائي للمياه الرمادية المعالجة. ويتم التحكم بجرعة الكلور بواسطة مضخة جرعات	
8	تُنقل المياه الرمادية المعالجة إلى خزان التخزين النهائي للمياه الرمادية المعالجة، والموجود على أسطح المباني. ومن هناك، تتدفق المياه الرمادية المعالجة بالجاذبية إلى وحدات الحمّامات لإعادة استخدامها في تنظيف المراحيض (سحب المياه)	

23. استخدام القطع الموفّرة للمياه

يُعد استخدام القطع الموفّرة للمياه من أكثر الحلول العملية والبسيطة التي يمكن تطبيقها على مستوى المنازل والمباني العامة لترشيد الاستهلاك المائي دون التأثير على مستوى الخدمة أو الراحة اليومية للمستخدمين. وتكمن أهمية هذه القطع في قدرتها على تقليل كميات المياه المستخدمة أثناء الأنشطة اليومية، مما ينعكس بشكل مباشر على خفض الاستهلاك الكلي للمياه وتقليل الضغط على مصادر التزويد، خاصة في الدول التي تعاني من شح الموارد المائية مثل الأردن.

مفهوم القطع الموفّرة للمياه

تعتمد القطع الموفّرة للمياه على آليات تصميمية تهدف إلى تقليل كمية المياه الخارجة دون التأثير على كفاءة الاستخدام. ويقوم مبدأ عملها على التحكم في تدفق المياه أو توزيعها بشكل أكثر كفاءة، بحيث تحقق الغرض المطلوب باستخدام كمية أقل من المياه مقارنة بالأدوات التقليدية. ويُعد هذا المفهوم جزءًا أساسيًا من إدارة الطلب على المياه، حيث يركز على الاستخدام الرشيد بدلًا من البحث الدائم عن مصادر جديدة.

أثر استخدام القطع الموفّرة على الاستهلاك المائي

يساهم تركيب القطع الموفّرة للمياه في تقليل الاستهلاك اليومي بشكل ملحوظ، خاصة في الأنشطة المتكررة مثل استخدام المغاسل والمرافق الصحية والاستحمام. ويؤدي هذا التخفيض التراكمي إلى وفر مائي كبير على المدى السنوي، سواء على مستوى الأسرة أو المبنى أو المجتمع المحلي. كما يساعد هذا التوفير في تقليل كميات المياه العادمة الناتجة، مما يخفف الضغط على شبكات الصرف الصحي ومحطات المعالجة.

مجالات استخدام القطع الموفّرة

تُستخدم القطع الموفّرة للمياه في مختلف مرافق المبنى، بما في ذلك المطابخ والحمّامات والمرافق الصحية والحدائق المنزلية. ويُعد دمج هذه القطع ضمن المباني القائمة أو الجديدة إجراءً سهل التطبيق ولا يتطلب تغييرات إنشائية كبيرة، مما يجعلها خيارًا مناسبًا للأسر والمؤسسات على حد سواء. ويسهم هذا الانتشار الواسع في تعزيز ثقافة الترشيد وتحويلها إلى ممارسة يومية.

دور المستخدم في تحقيق الاستفادة القصوى

لا يقتصر نجاح استخدام القطع الموفّرة للمياه على تركيبها فقط، بل يعتمد بشكل كبير على وعي المستخدم وسلوكياته اليومية. فالاستخدام الصحيح، والمتابعة الدورية للتأكد من سلامة القطع، والإصلاح السريع لأي خلل أو تسريب، كلها عوامل تضمن تحقيق الفائدة القصوى من هذه الأدوات. ويُعد نشر الوعي حول أهمية هذه القطع جزءًا مكملًا لنجاحها واستدامة أثرها.

جدول 41: جدول يوضح أنواع القطع الموفرة للمياه

نوع القطعة الموفّرة	الوضع التقليدي قبل الترشيد	الوضع بعد استخدام القطعة الموفّرة	نسبة التوفير التقريبي
مصفاة الصنابير الموفّرة	تدفق يتراوح بين 10-15 لتر في الدقيقة	تدفق منظم بحدود 5- 3 لترات في الدقيقة	توفير يصل إلى50-70% من المياه المستخدمة
رؤوس الاستحمام الموفّرة	استهلاك مرتفع للمياه أثناء الاستحمام	تدفق أقل مع المحافظة على كفاءة الاستخدام	توفير سنوي قد يتجاوز 40,000لتر للأسرة
مرافق صحية موفّرة للمياه	استهلاك كامل لكل عملية تشغيل	استخدام كمية أقل في كل مرة	توفير يصل إلى30-50% من مياه المرافق الصحية
قطع التحكم في التدفق	تدفق غير منتظم وعالٍ	تدفق ثابت ومحدود	تخفيض عام في الاستهلاك بنسبة-35% 25
القطع الموفّرة مع السلوك الواعي	استخدام عشوائي للمياه	استخدام منظم ومدروس	تقليل فاتورة المياه بنسبة قد تصل إلى 60%



24. إجراءات توفير المياه في المنازل وري الحدائق (ملحق توعوي)

تُعد إجراءات توفير المياه في المنازل والحدائق من أهم الممارسات اليومية التي تسهم بشكل مباشر في الحفاظ على الموارد المائية وتقليل الهدر، خاصة في البيئات التي تعاني من شح المياه وارتفاع الطلب عليها. ويهدف هذا الملحق التوعوي إلى توجيه الأفراد والأسر نحو سلوكيات بسيطة وقابلة للتطبيق، تُحدث أثرًا ملموسًا في خفض الاستهلاك المائي دون التأثير على جودة الحياة أو الاحتياجات الأساسية.



ترشيد استخدام المياه داخل المنزل

يعتمد توفير المياه داخل المنزل على تبنّي عادات استخدام واعية خلال الأنشطة اليومية مثل الغسيل والتنظيف والاستحمام. ويؤدي الانتباه إلى مدة الاستخدام وكميات المياه المستهلكة، إلى جانب إصلاح أي تسريب فور ملاحظته، إلى تقليل الفاقد المائي بشكل كبير. كما أن الاستخدام المتوازن للمياه في الأعمال المنزلية يساهم في تقليل الضغط على شبكات التزويد ويعزز ثقافة المسؤولية الفردية تجاه الموارد الطبيعية.

إدارة المياه في المرافق الصحية

تُعد المرافق الصحية من أكثر أماكن الاستهلاك اليومي للمياه داخل المنزل، لذلك فإن تنظيم استخدامها يلعب دورًا مهمًا في خفض الاستهلاك الكلي. ويساهم الاستخدام الصحيح للمرافق، وتجنب الهدر غير الضروري، والمتابعة المستمرة لحالة التمديدات، في تحقيق وفورات مائية مستمرة. كما أن الالتزام بالسلوكيات الصحيحة في هذا الجانب يُعد خطوة أساسية في أي برنامج توعوي يستهدف الأسر.

توفير المياه في المطابخ وأعمال التنظيف

يمكن تحقيق وفر مائي ملحوظ في المطابخ من خلال الاستخدام المدروس للمياه أثناء غسل الأواني وتحضير الطعام. ويؤدي تجنب ترك المياه جارية دون حاجة، وتنظيم عمليات التنظيف، إلى تقليل الاستهلاك اليومي. وتُعد هذه الممارسات من أكثر الإجراءات سهولة في التطبيق، وتنعكس آثارها بشكل مباشر على الفاتورة المائية للأسرة.

إجراءات ترشيد ري الحدائق المنزلية

يُعتبر ري الحدائق من الأنشطة التي تستهلك كميات كبيرة من المياه إذا لم تُدار بشكل صحيح. ويؤدي تنظيم أوقات الري، واختيار أساليب ري مناسبة، والاهتمام بحالة التربة والنباتات، إلى تقليل الفاقد المائي وتحقيق استفادة أفضل من المياه المستخدمة. كما أن ري النباتات وفق احتياجاتها الفعلية، وليس وفق جدول ثابت غير مدروس، يُعد من أهم ممارسات الترشيد.

دور التوعية في تعزيز السلوك الإيجابي

تلعب التوعية دورًا محوريًا في تحويل إجراءات توفير المياه من تعليمات نظرية إلى ممارسات يومية ثابتة. وعندما يدرك الأفراد أثر سلوكهم اليومي على الموارد المائية، يصبح الالتزام بإجراءات الترشيد أكثر استدامة. ويُعد هذا الملحق أداة مساندة للمدربين في نقل رسائل بسيطة وواضحة تعزز ثقافة الحفاظ على المياه داخل المجتمع.



نصائح لترشيد استخدام المياه



- استخدم القطع الموفرة الذكية لتتحكم في ضغط المياه، وتقلل فاتورتك بنسبة 60 - 75%.
- احرص على تركيب عداد مياه منفصل عن العداد المشترك لكامل المنشأة السكنية؛ لتتمكن من مراقبة استهلاكك وترشيده.
- استخدم أفكارًا ذكية لتوفير المياه بمنزلك، مثل الاستفادة من مياه صرف الحوض في ملء خزان المرحاض.
- استفد من مياه صرف التكييف في بعض أعمال التنظيف المنزلية وغسيل السيارة.
- لا تستخدم خراطيم المياه في غسيل السيارة، فهي تُهدر كمية كبيرة من المياه، وتتسبب في تلف وصدأ السيارة.
- استخدم الغسالات ذات التحميل الأمامي (باب أمامي) فهي توفر في استهلاك المياه والكهرباء بنسبة 40% مقارنة بغسالات التحميل العلوي باب علوي.
- كن إيجابيًا وساهم في توعية من حولك والأصدقاء بأهمية ترشيد استخدامات المياه وابدأ بنفسك.
- صيانة دورية صنابير المياه والسخانات والمحابس وخزان المرحاض «السيفون»؛ لتوفير فاتورة المياه والكهرباء.
- اغلق الصنبور في أثناء غسل الأسنان أو الحلاقة، واحرص على تقليل كميات المياه المستخدمة في الاستحمام والوضوء.
- تجنب استخدام غسالة الأطباق أو الملابس إذا كانت غير ممتلئة، واختر البرامج المُوفّرة للمياه.

25. التوصيات والحلول التي يمكن تطبيقها

يمثل تطوير أنظمة الحصاد المائي في الأردن فرصة استراتيجية لتعزيز الأمن المائي، ويتطلب ذلك انتقالًا من الحلول الجزئية إلى منظومة متكاملة تجمع بين التقنية والتشريع والوعي المجتمعي. إن تطبيق هذه التوصيات بشكل متدرج ومدروس يمكن أن يحقق أثرًا مستدامًا على المستويين المحلي والوطني.

التوصيات والحلول التي يمكن تطبيقها

- توسيع تطبيق أنظمة حصاد مياه الأمطار على مستوى المنازل والمباني الفردية من خلال تبسيط الإجراءات التنظيمية وتوفير نماذج تصميم معتمدة تسهّل التنفيذ.
- تعميم التجارب النموذجية الناجحة في المدارس والمباني العامة وتحويلها إلى برامج وطنية مستدامة.
- رفع كفاءة تشغيل وصيانة السدود والحفائر الترابية، وتعزيز تكاملها مع الحلول اللامركزية على مستوى المجتمعات المحلية.
- تعزيز وعي المستفيدين بالاستخدام الآمن والفعّال للمياه المحصودة لضمان الاستفادة القصوى دون مخاطر صحية.
- إدراج أنظمة حصاد مياه الأمطار كمتطلب إلزامي في المباني الجديدة، خاصة المباني العامة والمجمعات السكنية، وربط التراخيص بالالتزام بالمعايير المعتمدة.
- تبنّي أنظمة حصاد مياه الأمطار على مستوى الأحياء السكنية في مشاريع الإسكان الجديدة لتقليل الكلف الفردية وتحسين كفاءة التشغيل.

- إدماج مفاهيم البنية التحتية الخضراء ضمن التخطيط الحضري، بما يشمل الأسطح الخضراء والأرصفة النفّاذة وحدائق تجميع مياه الأمطار.
- دراسة تطبيق أنظمة تغذية المياه الجوفية الاصطناعية باستخدام مياه الأمطار الحضرية بعد معالجتها وضمن ضوابط رقابية صارمة.
- الاستفادة من مياه الأمطار المتجمعة على الطرق والبنية التحتية للنقل عبر دمج أنظمة حصاد ضمن التصاميم المستقبلية بدل تصريفها المباشر.
- تطوير تشريعات واضحة وملزمة تنظم أنظمة الحصاد المائي وتحدد أدوار ومسؤوليات الجهات المختلفة.
- بناء قدرات فنية محلية في تصميم وتنفيذ وتشغيل أنظمة الحصاد المائي المتقدمة من خلال برامج تدريب وتأهيل متخصصة.
- رفع مستوى الوعي المجتمعي بالعوائد الاقتصادية والبيئية طويلة الأمد لأنظمة الحصاد المائي.
- ربط تراخيص البناء والأنشطة التجارية بالالتزام بتطبيق حلول إدارة المياه المستدامة.
- إلزام استخدام المياه غير الصالحة للشرب في ري الحدائق العامة وتنظيف المرافق حيثما أمكن.
- اعتماد سياسات تحفيزية داعمة، مثل تخفيض الرسوم أو تقديم دعم مالي للمبادرات الملتزمة.
- إدراج مؤشرات كفاءة استخدام المياه ضمن أنظمة التقييم والمتابعة الحكومية.

- تشجيع الأفراد والأسر على ترشيد الاستهلاك وتطبيق حلول حصاد بسيطة والمحافظة على الأنظمة المنفذة.
- البدء بتنفيذ مشاريع نموذجية ذات أثر واضح وقابل للقياس، مع التوسع التدريجي وفق أولويات وطنية.
- مراقبة الأداء وتقييم النتائج بشكل دوري وتحديث السياسات استنادًا إلى البيانات.
- توثيق التجارب الناجحة وتعميمها على المستوى الوطني، ويعد مشروع زيادة قدرة اللاجئين والمجتمعات المضيفة على التأقلم مع التغير المناخي والتحديات التي تواجه قطاع المياه بالأردن في مواجهة التحديات المرتبطة بتغير المناخ الذي نفذته اليونيسف من إحدى التجارب النموذجية الرائدة.

26. المراجع العلمية

- World Health Organization (WHO). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO) & United Nations Children's Fund (UNICEF). *Household Water Treatment and Safe Storage*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). *Rainwater Harvesting: A Lifeline for Human Well-being*. Geneva: WHO.
- The Sphere Association. *The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response*. Geneva.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Water Harvesting Manuals and Technical Guidelines*. Rome: FAO.
- United Nations Children's Fund (UNICEF). *Greywater Reuse in Urban and Peri-Urban Areas*. New York: UNICEF.
- World Health Organization (WHO). *Water Safety Plan Manual: Step-by-step Risk Management for Drinking-water Suppliers*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). *Managing Water Quality in Rainwater Harvesting Systems*. Geneva: WHO.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *Chlorine in Drinking Water*. Atlanta: CDC.
- Jordan Standards and Metrology Organization (JSMO). *JS 286:2015 – Drinking Water*. Amman, Jordan.
- Greater Amman Municipality. *Instructions for Rainwater Harvesting Cisterns within the Organizational Areas (2020)*. Amman, Jordan.
- IRC International Water and Sanitation Centre. *Roofwater Harvesting: Design and Implementation*. The Hague.