بيئي · سلبي · متكامل · للنقل

EPIC بوضوح

كيف يُبنى نظام EPIC لإدارة المياه تحت سطح الأرض، وكيف يعمل داخل التربة، ولماذا يؤدّي كحلٍّ مائيٍّ دائريٍّ طويل الأمد.

4 أجزاء · 34 سؤالاً · مرجع تقني كامل

النظام الأمثل · المكوّنات · آلية العمل · من المهد إلى المهد

الإصدار الثالث · 2026

حوضٌ محكم واحد تحت الأرض — ريٌّ وصرفٌ وتخزينٌ وترشيح في نظامٍ سلبيٍّ واحد.

Xpitrade General Trading LLC — الموزّع الرئيس الحصري وممثّل تطوير السوق لـ**EPIC Total Water Solutions LLC** في دول مجلس التعاون الخليجي.

التوزيع الإقليمي المعتمَد

Xpitrade General Trading LLC هي الموزّع الرئيس الحصري وممثّل تطوير السوق لـ **EPIC Total Water Solutions LLC** في دول مجلس التعاون الخليجي.

عن هذا الدليل

EPIC من أوّله إلى آخره

هذا هو المرجع الموحَّد والموثوق لنظام EPIC — **النقل المتكامل السلبي البيئي** — لإدارة المياه تحت سطح الأرض: ما هو، وممّ يتكوّن، وكيف يُبنى، وكيف يتصرّف داخل التربة، وماذا يحدث له في نهاية عمره الافتراضي.

يجمع الدليل السجلّ المصدري لـ EPIC — نظرة عامة على النظام، ومواصفات المكوّنات، وتسلسل التركيب والتشغيل، وتحليل الاستدامة «من المهد إلى المهد» — في مجلَّد واحد سهل التصفّح. أُزيل التكرار، وأُبقي على أقوى وصف لكل موضوع، وأُضيفت قواعد التصميم والقيم الثابتة للمواصفة وبروتوكول التشغيل، ليجيب المستند المهندس المُواصِف بالقدر نفسه الذي يجيب به العميل.

وهو موجَّه للمطوّرين، والمهندسين الاستشاريين ومهندسي الري، ومصمّمي المناظر الطبيعية، والمقاولين، وفرق الاستدامة والمشتريات. كل جزء مكتوب ليُقرأ بمفرده، وكل سؤال في جدول المحتويات رابط مباشر إلى إجابته.



حجرة EPIC موضوعة على فراش الحصى فوق بطانة EPDM — قلب النظام الذي يخزّن الماء وينقله تحت سطح الأرض.

كيفية الاستخدام

الجزء I يعرّف بالنظام ومزاياه. **الجزء II** يفصّل المكوّنات المادية ومواصفاتها. **الجزء III** يتناول الفيزياء وترتيب الطبقات وقواعد التصميم والتركيب والتشغيل. **الجزء IV** يتناول الاستدامة وعلم المواد والتطبيقات والعائد.

ثلاثة مصطلحات تُستخدم بدقّة

حجرة EPIC

القوس المصبوب من البولي بروبيلين — المكوّن الأساسي الحاصل على براءة اختراع، يخزّن الماء وينقله إلى البنية.

خلية EPIC

حوض مبطَّن واحد: بطانة EPDM، والحجرات والأنابيب داخله، والحصى والرمل فوقهما. وهي وحدة التصميم.

بنية EPIC

المنظومة الكاملة من الطبقة السفلية إلى السطح المزروع — الخلية ووسط النمو والغطاء النباتي كنظام واحد.



منظر داخل مجرى الحجرة — فتحة التوصيل يحيط بها القوس الداخلي.

جدول المحتويات

كل جزء وسؤال أدناه رابط مباشر — انقر أي بند للانتقال إلى إجابته.

I النظام الأمثل والخيار الأول

1.1 ما هو نظام EPIC لإدارة المياه؟ 9

1.2 لماذا يُعدّ EPIC الخيار الأمثل للزراعة المائية في الرمل؟ 9

1.3 ما وظائف إدارة المياه التي يوفّرها EPIC تلقائياً؟ 10

1.4 لماذا يُعَدّ EPIC صديقاً للبيئة؟ 10

1.5 لماذا يتّسم EPIC بالبساطة؟ 10

1.6 كيف يوفّر EPIC المياه؟ 11

1.7 هل تكاليف تشغيل EPIC وصيانته منخفضة؟ 11

1.8 ما الآثار المباشرة وغير المباشرة لـ EPIC؟ 12

1.9 ما أنواع المياه التي يعمل عليها EPIC؟ 13

II شرح مكوّنات النظام

2.1 كم نوعاً من حجرات EPIC يوجد، وما براءات الاختراع؟ 15

2.2 ما فئتا المكوّنات اللتان يتألّف منهما النظام؟ 15

2.3 ما هي حجرة EPIC؟ 16

2.4 ما البطانة المستخدمة؟ 17

2.5 ما دور الحصى؟ 17

2.6 ما دور الرمل؟ 17

2.7 ماذا تضمّ خلية EPIC أيضاً؟ 18

2.8 مواصفات الحجرات في لمحة 19

2.9 لمحة المواصفات — القيم التي لا تتغيّر 21



ملعب مدرسي بعد سنوات من الإنشاء — لم تحتج البنية أسفله إلى صيانة نقّاطات ولا إصلاح خطوط.

جدول المحتويات — تتمة

III آلية العمل — التركيب والتشغيل

3.1 على أي مبدأ يعمل نظام EPIC؟ 24

3.2 ما طبقات النظام من الأعلى إلى الأسفل؟ 24

3.3 خطوة بخطوة، كيف يتحرّك الماء عبر النظام؟ 25

3.4 ما قواعد التصميم؟ 27

3.5 كيف تُركَّب خلية EPIC، وما نقاط التفتيش الإلزامية الأربع؟ 28

3.6 كيف يبدو تركيب EPIC في الموقع؟ 29

3.7 كيف يُشغَّل النظام ويُصان؟ 30

IV من المهد إلى المهد — الاستدامة وإعادة التدوير

4.1 ماذا يعني «من المهد إلى المهد» بالنسبة لـ EPIC؟ 32

4.2 ما مدى قابلية النظام لإعادة الاستخدام والتدوير؟ 32

4.3 ماذا يحدث للمكوّنات البلاستيكية في نهاية عمرها؟ 32

4.4 ماذا يحدث للمواد الطبيعية؟ 33

4.5 ما البولي بروبيلين ومن أين يأتي؟ 34

4.6 هل البلاستيك ضارٌّ بالبيئة فعلاً هنا؟ 35

4.7 لماذا ليست المكوّنات البلاستيكية قابلة للتحلّل — ولماذا هذا جيّد هنا؟ 35

4.8 كيف تضيف تطبيقات EPIC قيمة إلى المشروع؟ 36

4.9 ما أبرز التطبيقات والمزايا؟ 37

· المقدّمة والخاتمة

– عن هذا الدليل 2

– EPIC في صفحة واحدة 6

– الخلاصة — نظام واحد لإدارة مائية متكاملة 38

– الأرقام المُوثَّقة 39



حجرات موزّعة داخل خلية مبطّنة قبل فرد الركام — حوض واحد وسطح ماء واحد.

باختصار

EPIC في صفحة واحدة

EPIC حوضٌ محكم الإغلاق يعمل بالجاذبية ويُبنى تحت سطح الأرض. يروي من الأسفل بالخاصية الشعرية، ويصرّف من الأعلى بالتسرّب، ويرشّح ما يمرّ خلاله، ويخزّن ما يلتقطه — دون نقّاطات، ولا رشّاشات، ولا خطوط ضغط، ولا أجزاء متحرّكة داخل منطقة النمو.

01 تُبطَّن أرضية مستوية ومدكوكة بغشاء EPDM سماكة 45 مل، فيتشكّل حوض لا يفقد شيئاً إلى الأرض أسفله.

02 تُوضع حجرات EPIC الحاصلة على براءات اختراع على البطانة في صفوف، وتُوصَل بأنابيب توصيل قياس 2 بوصة إلى خط محيطي رئيسي وغرفة إمداد.

03 يُفرد الحصى حول الحجرات لتوزيع الماء بالتساوي على البطانة ومنع الرمل من الوصول إلى فتحات الحجرة.

04 يُفرد الرمل المؤهَّل فوق الحصى — وهو وسط النمو والفتيل الذي يرفع الماء إلى منطقة الجذور.

05 في وضع الري يدخل الماء إلى الحجرات، فيغمر الحصى، ثم يرتفع عبر الرمل بالخاصية الشعرية إلى منطقة جذور هوائية. تأخذ النباتات ما تحتاجه، ولا شيء يتبخّر من سطحٍ لا يُبلَّل أصلاً.

06 في وضع الصرف تعمل البنية نفسها بالعكس — تترشّح مياه الأمطار والجريان السطحي نزولاً عبر الرمل، فتلتقطها الحجرات، وتُخزَّن لإعادة الاستخدام أو تُصرَّف بشكل مُتحكَّم به.



ملعب الاستجمام في حرم Microsoft بوادي السيليكون — مسطّح أخضر حيّ يُروى بالمياه المعاد تدويرها فوق بنية EPIC محكمة.

50-85%

توفير في مياه الري مقارنةً بالري السطحي أو بالتنقيط

99.5%

مواد طبيعية بالوزن · البلاستيك أقل من 0.5%

3

براءات اختراع أمريكية · نوعان من الحجرات

0

أجزاء متحرّكة داخل منطقة النمو

القاعدة التي تحكم كل ما عداها

الماء يجد مستواه بنفسه. خلية EPIC حوضٌ محكم، لذا فإن سطح الماء داخلها مستوٍ تماماً مهما بدت الأرض فوقها. وإذا لم تكن أرضية الخلية مستوية، غرق طرفٌ في الماء وجفّ الآخر. لذا فإن اشتراط **ألّا يتجاوز التفاوت 13 مم على امتداد أرضية الخلية** ليس تفضيلاً — بل هو شرط تشغيل النظام.



حجرات موزّعة داخل خلية مبطّنة قبل فرد الركام — حوض محكم واحد وسطح ماء واحد.

الجزء I

النظام الأمثل والخيار الأول

ما هو EPIC، وما الذي يؤدّيه تلقائياً دون أوامر، ولماذا تتفوّق بنيةٌ سلبية تعمل بالجاذبية على الري المضغوط في الأراضي الجافة.

1.1 ما هو نظام EPIC لإدارة المياه؟

1.2 لماذا يُعدّ EPIC الخيار الأمثل للزراعة المائية في الرمل؟

1.3 ما وظائف إدارة المياه التي يوفّرها EPIC تلقائياً؟

1.4 لماذا يُعَدّ EPIC صديقاً للبيئة؟

1.5 لماذا يتّسم EPIC بالبساطة؟

1.6 كيف يوفّر EPIC المياه؟

1.7 هل تكاليف تشغيل EPIC وصيانته منخفضة؟

1.8 ما الآثار المباشرة وغير المباشرة لـ EPIC؟

1.9 ما أنواع المياه التي يعمل عليها EPIC؟



حوض زراعة مروي بنظام EPIC في بيئة جافة — نموٌّ مزهر يعتمد كلياً على الري تحت السطحي.

الجزء I · النظام الأمثل والخيار الأول

ما هو EPIC

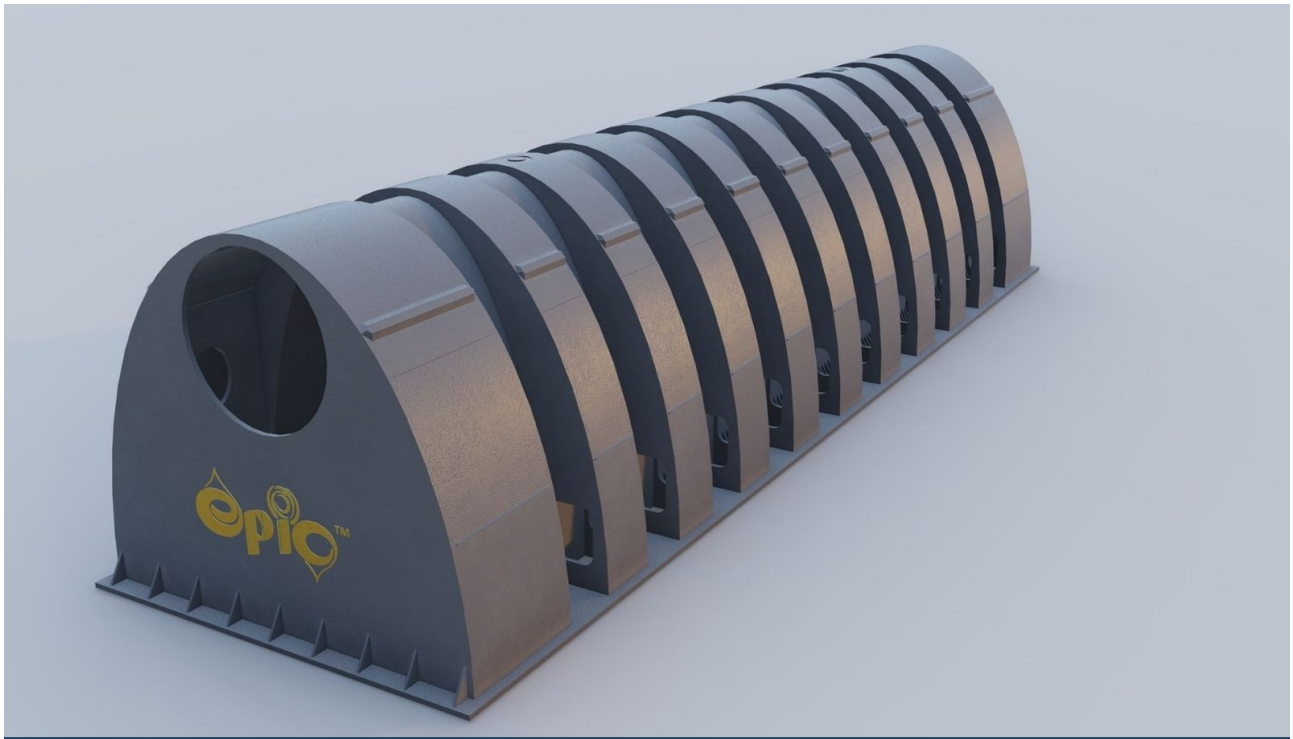
1.1 ما هو نظام EPIC لإدارة المياه؟

نظام EPIC لإدارة المياه (حجرة EPIC™) هو نظام لإدارة المياه تحت سطح الأرض، حاصل على براءات اختراع كاملة ومُصنَّع في الولايات المتحدة. حتى الآن لم يتوفّر في العالم سوى القليل من الأنظمة تحت السطحية، وكانت تعاني من عيبين رئيسين: سهولة الانسداد، وعدم القدرة على التحكّم في مناسيب المياه في التربة. وقد عالج EPIC كليهما.

تقوم التقنية الأساسية الحاصلة على براءة الاختراع — حجرة النقل المتكامل السلبي البيئي — على الجمع بين ريٍّ وصرفٍ عاليَي الكفاءة في حزمة واحدة، مدفوعين بفيزياء الخاصية الشعرية غير المضغوطة وبالجاذبية عبر الرمل المغسول، من خلال تماسٍّ مباشر مع أنبوب EPIC تحت السطحي الذي لا ينسدّ أبداً. ولا يوجد نظام مماثل له في العالم اليوم.

1.2 لماذا يُعدّ EPIC الخيار الأمثل للزراعة المائية في الرمل؟

وسط النمو هو الرمل — لا تربة. وفي الشرق الأوسط خاصةً، الرمل وفير ومعقّم ومثالي لعلم الخاصية الشعرية، ما يجعله أفضل وسط نمو متاح. وما يجعل EPIC مبتكراً حقاً هو هندسة الحجرة مقرونةً بالمواد المستخدمة في الحلّ كاملاً (الحجرة، الحصى، الرمل): فالحجرة مصمَّمة ببساطة واستراتيجية تمنعان انسدادها، بينما توصل البنية الرملية المتدرّجة الرطوبة إلى الجذور بالسحب الطبيعي.



حجرة EPIC — قوس مصبوب من البولي بروبيلين بقاعدة ذات شفة، وفتحات جانبية، وفتحات داخلية متباعدة.

1.3 ما وظائف إدارة المياه التي يوفّرها EPIC تلقائياً؟

- ريٌّ وصرفٌ استثنائيان لا يتعرّضان للانسداد ضمن نظام واحد.
- ريٌّ سلبي غير مضغوط بكفاءة 100% — إذ إن الماء الوحيد المُستهلَك هو النتح-التبخّري للنبات، فلا هدر إطلاقاً.
- في وضع الصرف يعمل النظام كمرشّح رملي/حيوي، ويلتقط مياه العواصف ويحتجزها لإعادة استخدامها (حصاد المياه) — وهي أداة استثنائية في المناخات شديدة الرطوبة وشديدة الجفاف على حدٍّ سواء.

ويمكن استخدام المياه الرمادية والمياه المسوّسة ومياه الصرف الصحي للري دون انسداد ميكانيكي أو مخاوف صحية عامة، لأن الماء يبقى دائماً تحت السطح — وهو ما يتعذّر على أنظمة الري التقليدية.

1.4 لماذا يُعَدّ EPIC صديقاً للبيئة؟

الجزء الأكبر من النظام هو الرمل الكثباني الطبيعي المتوفّر محلياً بوفرة. أمّا المكوّنات المصنَّعة فقابلة تماماً لإعادة الاستخدام والتدوير، وتُوصَّل في الحقل الأساسي دون أصماغ متطايرة. وتمنع حواجز البطانة تحت الأرض فقدان الماء وتحول دون تسرّب المغذّيات إلى تكوينات المياه الجوفية. ومع قلّة الأجزاء المتحرّكة، يستهلك EPIC ماءً قليلاً جداً — وطاقةً ضئيلة لتوزيعه.

1.5 لماذا يتّسم EPIC بالبساطة؟

لا يحوي EPIC أجزاءً متحرّكة، ويحتاج صيانة قليلة جداً، وقد بُني ليعمل على غرار الطبيعة نفسها. فإعادة ترتيب بسيطة للفتحات تمنح النظام تحكّماً ثلاثي الأبعاد في تدفّق الماء تحت الأرض. الاحتياجات المائية تقرّرها النباتات لا النماذج الحاسوبية، ويتبع التدفّق قوانين الجاذبية والخاصية الشعرية الطبيعية — لا خطوط ضغط معقّدة ولا صمّامات تحكّم ولا إلكترونيات.



ترطيب شعري عبر رمل عارٍ قبل البذر — الرطوبة تصل من الأسفل إلى كامل الحقل، دون أي أنبوب أو رشّاش أو نقّاطة فوق سطح الأرض في الموقع.

1.6 كيف يوفّر EPIC المياه؟

تضمن البطانة تحت السطحية عدم فقدان أي ماء إلى الأرض أسفلها — إذ يُحتجَز كاملاً داخل النظام. ولأن الماء يرتفع بالخاصية الشعرية عبر الرمل، فلا تتكوّن قطرات أو أغشية فوق البنية حيث تتبخّر (كما يحدث في الرشّ العلوي والتنقيط السطحي والري بالغمر). ويسمح الملف الرملي المستوي الشديد الامتصاص بدخول مياه الأمطار إلى النظام بدل جريانها، لالتقاط كامل للأمطار.

وبوصفه نظام تدفّق بالجاذبية غير مضغوط، يتجنّب EPIC كسور الخطوط والتسرّبات التي تفقد فيها الأنظمة التقليدية كميات كبيرة من الماء. والنباتات نفسها تحدّد احتياجها ولا تستهلك إلا ما يلزمها، ما يُلغي المبالغة والهدر في الممارسات التقليدية — مثل ريّ الملف الترابي كاملاً لنبتة صغيرة لا تصل جذورها إليه بعد. وتُبقي إعادة التدوير الكاملة الماءَ في الملف حتى استنفاده.

1.7 هل تكاليف تشغيل EPIC وصيانته منخفضة؟

نعم — لعدّة أسباب:

- مكوّنات متينة وسلبية تقع أسفل الملف الرملي، فلا توجد أجزاء تتآكل أو تنسدّ أو تنكسر داخل منطقة النمو — ولا شيء يحتاج استبدالاً طوال العمر التصميمي للملف.
- في تطبيقات الري يمكن تشغيل النظام بالطاقة الشمسية في المناطق النائية، بمضخّات شمسية تغطّي حِمل التشغيل الكامل للمضخّة.
- يستهلك نقل المياه طاقة ضئيلة جداً — إذ ينقل النظام الماء من حجرة إلى حجرة دون أي أجزاء عدا مضخّة واحدة.
- مع انعدام الأجزاء المتحرّكة القابلة للخدمة، تكفي عمالة قليلة — فلا بحث عن نقّاطات مسدودة أو مكوّنات مكسورة أو خطوط توصيل متشقّقة. كما يُلغي استخدام الرمل الكثباني كملفٍّ عمليات الحراثة والتقليب الموسمية.
- مضخّة إعادة تدوير واحدة منخفضة التكلفة بجهد 110 فولت تستطيع ري مساحة تصل إلى 10,000 م^2؛ والمساحات الأصغر تكفيها مضخّات أصغر. وهذه المضخّة هي الجزء المتحرّك الوحيد الذي قد يحتاج صيانة.
- لا توجد مكوّنات سطحية يمكن إتلافها عمداً أو عرضاً.



ملعب جامعة نيفادا في رينو عام 2022 — ما زال في الخدمة بعد أكثر من عقدين على تنفيذ البنية.

1.8 ما الآثار المباشرة وغير المباشرة لـ EPIC؟

- بتوفير 50–85% من استهلاك المياه، يصبح مزيد من الماء متاحاً للاستخدام — أي أن العرض الفعلي يزداد جوهرياً.
- مع تقليل استهلاك المياه، يمكن تصغير البنية التحتية اللازمة لإيصالها.
- باستخدامه أداةَ ترشيح حيوي، يتيح النظام إعادة استخدام مياه كانت ستُهدَر.
- يمكن تركيبه في المناطق النائية والاعتماد على الطاقة الشمسية لحصاد المياه ونقلها والري بها.
- يستهلك نقل المياه طاقة ضئيلة جداً — إذ يحتاج الضخّ من حجرة إلى حجرة مضخّةً واحدة فقط.
- لحصاد مياه الأمطار، يمكن تركيب EPIC في أي مكان تقريباً لالتقاط الماء ونقله واستخدامه في الموقع.
- التخفيض المؤكَّد في استهلاك المياه، والتدفّق السلبي غير المضغوط، وإعادة استخدام مياه الصرف المنتَجة محلياً — كلها تُترجَم إلى خطوط توزيع أقل عدداً وأصغر حجماً.



حجرة EPIC الكبيرة — 46 بوصة من البولي بروبيلين المصبوب، وهي المكوّن الذي تُبنى حوله البنية كلها.

1.9 ما أنواع المياه التي يعمل عليها EPIC؟

لأن الماء داخل بنية EPIC لا يلامس الهواء ولا الأوراق ولا الإنسان عند السطح، يستطيع النظام العمل على مياه لا يمكن للري السطحي استخدامها بمسؤولية. ويضمّ سجلّ EPIC منشأةً قائمة عن كل درجة من درجات سُلَّم جودة المياه.

نوع المياه	كيف يستخدمها EPIC
مياه عذبة / صالحة للشرب	الحالة المرجعية — قِيست بعدّادات على نطاق بلدي وجامعي مقابل التحكّم التقليدي بالرشّاشات.
مياه الصرف الصحي المعالَجة (TSE)	تُضخّ بالكامل تحت مستوى السطح، فلا رذاذ ولا تماسّ سطحي ولا نافذة ري مقيَّدة. وهي مياه المسطّحات الخضراء المستقبلية الرئيسة في الخليج.
المياه الرمادية	تُوصَّل مباشرةً إلى خلية مزروعة كمورد تحت سطحي؛ وكون النظام تحت السطح بالكامل يعالج المخاوف الصحية التي تحدّ من إعادة الاستخدام السطحي.
مياه الصرف الصحي السوداء	تُعالَج عبر حقول رشح متناوبة على صمّام تحويل — حقل يعمل والآخر يرتاح. والحجرة الكبيرة هي الوحدة المفضّلة هنا.
المياه المسوّسة ومرفوضات التحلية	تُدار كشحنة مُقاسة مع غسل الخلية عبر وصلة التصريف السفلية، فتتحرّك الأملاح عبر البنية بدل أن تتراكم فيها.
المياه المالحة ومياه البحر	خلايا ساحلية تُغذَّى بالدفق عند عمق 160 مم وبمعدّل 4 لتر/دقيقة لكل حجرة، لدعم النباتات المقاومة للملوحة على مياه بحر بنسبة 100%.

الملوحة تُدار ولا تتراكم

تُعالَج الملوحة بالتصميم لا بالأمل. فالشحنة مُقاسة، والخلية تُغسل عبر وصلة التصريف السفلية المُتحكَّم بها، ويُبقي الحوض المحكم جبهةَ الملح داخل البنية بعيداً عن التربة المحيطة. خمسة عشر شهراً من التشغيل المرصود على مرفوضات تحلية مخلوطة بتركيز 6,000–7,000 جزء بالمليون من المواد الصلبة الذائبة جرت باتّساق؛ وسجّلت قطع تجارب أبوظبي الموازية على مياه بحر بنسبة 100% انعدامَ تراكم الملوحة وعدم تلوّث التربة المجاورة.



نباتات مقاومة للملوحة نمت في قطع تجارب جزيرة ياس بأبوظبي — أُنبتت على مياه البحر في رمل كثباني مكشوف.

الجزء II

شرح مكوّنات النظام

فئتا المكوّنات، والحجرة المصبوبة التي تقع في قلبهما، والقيم الثابتة التي يعتمد عليها المهندس عند إعداد المواصفات.

2.1 كم نوعاً من حجرات EPIC يوجد، وما براءات الاختراع؟

2.2 ما فئتا المكوّنات اللتان يتألّف منهما النظام؟

2.3 ما هي حجرة EPIC؟

2.4 ما البطانة المستخدمة؟

2.5 ما دور الحصى؟

2.6 ما دور الرمل؟

2.7 ماذا تضمّ خلية EPIC أيضاً؟

2.8 مواصفات الحجرات في لمحة

2.9 لمحة المواصفات — القيم التي لا تتغيّر



حجرات EPIC موزّعة قبل الردم — القوس المصبوب الذي يخزّن الماء وينقله أسفل البنية.

الجزء II · شرح مكوّنات النظام

ممّ يتكوّن النظام

2.1 كم نوعاً من حجرات EPIC يوجد، وما براءات الاختراع؟

يوجد نوعان من الحجرات، محميّان بثلاث براءات اختراع:

- **الحجرة الكبيرة** — براءة الاختراع الأمريكية 5,921,711 (و 7,517,172 للحجرة الكبيرة المعدَّلة).
- **الحجرة الصغيرة** — براءة الاختراع الأمريكية 10,472,813.

وباختصار: **الحجرة الصغيرة** هي الوحدة الرئيسة المستخدمة في جميع التطبيقات، بينما تُفضَّل **الحجرة الكبيرة** لتطبيقات مياه الصرف السوداء وحقول الرشح.

2.2 ما فئتا المكوّنات اللتان يتألّف منهما النظام؟

يجتمع التصميم المستدام مع نظام حيّ لتكوين نظام EPIC لإدارة المياه، وهو مؤلَّف من فئتين من المكوّنات:

- **المكوّنات البلاستيكية:** حجرات EPIC، وأنابيب التوصيل قياس 2 بوصة، والبطانة العازلة (الغشاء الأرضي).
- **المواد الطبيعية:** الماء، والرمل، والحصى، والغطاء النباتي الطبيعي (المادة الحيّة).

ويبلغ متوسّط نسبة المكوّنات البلاستيكية بالوزن أقل من 0.5%، مقابل 99.5% مواد طبيعية. تتحكّم المكوّنات البلاستيكية في ديناميكا الموائع، بينما تؤدّي المواد الطبيعية الخدمة البيئية. وتقوم الأنظمة الحيّة من نباتات وكائنات دقيقة بتنقية المياه وإعادة استخدامها عبر الامتصاص الفيزيائي والتحلّل الحيوي للملوّثات. وتعمل الفئتان في تآزرٍ ليؤدّي النظام وظيفته.



حجرتا EPIC — الصغيرة (يسار) والكبيرة (يمين).

2.3 ما هي حجرة EPIC؟

مصنوعة من راتنج معاد التدوير صلب، حجرة النقل المتكامل السلبي البيئي هي محور النظام — متينة وغير قابلة للتحلّل، وهي منطقة تخزين المياه ونقلها المتكاملة. ويمنع تصميمها المبتكر الحاصل على براءة اختراع الانسدادَ، ويتحكّم في منسوب المياه، ويخزّن الماء لإدارة مياه الأمطار وحصادها. وتُصنَّع الحجرة حالياً في الولايات المتحدة، مع تخطيط لإنتاج إقليمي لخفض التكاليف وتحسين التوافر.

وثلاث خصائص هي التي تؤدّي العمل. **الفتحات الجانبية** على امتداد الحافة تسمح بمرور الماء بين الحجرة وفراش الحصى في الاتّجاهين. و**الفتحات الداخلية المتباعدة** تقع على مستوى مختلف، فلا يوجد مسار مستقيم يتبعه الرمل المتحرّك — وهذا سبب عدم انسداد الحجرة. و**القاع المفتوح** يستقرّ مباشرةً على البطانة، فتتشارك الحجرة والحوض سطحَ ماءٍ واحداً، بينما توزّع قاعدة الشفة حِمل البنية فوقها.



من الخارج — الفتحات الجانبية على امتداد الحافة، حيث يمرّ الماء بين الحجرة وفراش الحصى في الاتّجاهين.



داخل الحجرة نفسها — الفتحات الداخلية المتباعدة تقع على مستوى مختلف، فلا يجد الرمل المتحرّك مساراً مستقيماً عبر الجدار.



منظر داخلي على امتداد الحجرة — فتحة التوصيل، والأضلاع الداخلية، والفتحات الداخلية المتباعدة.

2.4 ما البطانة المستخدمة؟

تشكّل بطانة EPDM سماكة 45 مل (1.14 مم) الفراشَ الذي يحتجز الماء ويمنع تسرّبه إلى مستويات التربة الأدنى. والغشاء الأرضي EPDM المحدَّد هو غشاء عزل مائي أحادي الطبقة من المطاط الصناعي (إثيلين بروبيلين داين مونومر ممزوج بأسود الكربون والزيوت وعوامل المعالجة ومساعدات التصنيع)، يُدرفَل في ألواح كبيرة ويُفلكَن. ورغم وجود بطانات أخرى، فإن هذا الـ EPDM هو البطانة المفضّلة لمتانتها وسهولة تركيبها وجودة تصنيعها — مدعومةً بضمان مصنعي مدّته 20 عاماً يعكس ثقة الصانع بمنتجه.

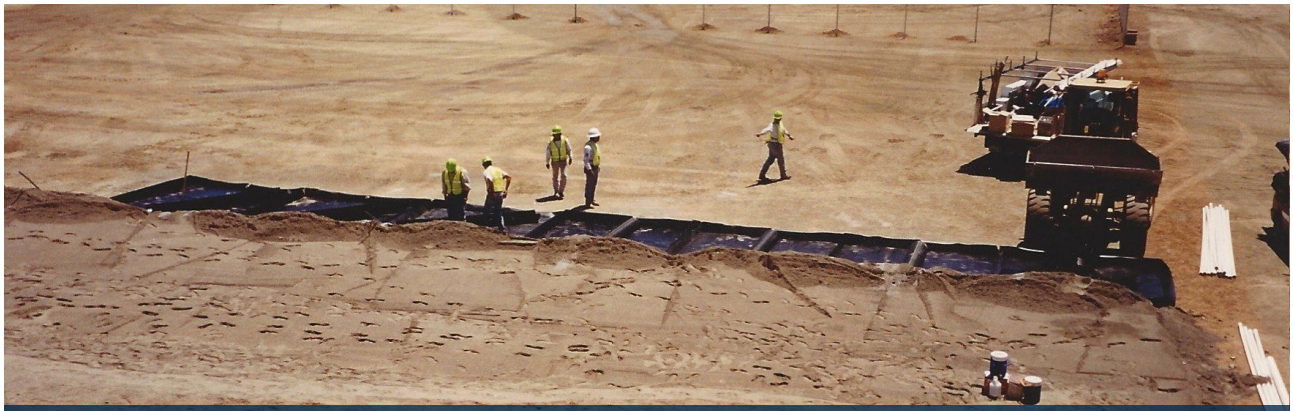
يرافق مواصفةَ EPIC رقمان للعمر يقيسان أمرين مختلفين: البطانة تحمل **ضمان مصنعي لمدة 20 عاماً**، بينما النظام ككل مبنيٌّ لـ**عمر خدمة يبلغ 50 عاماً أو أكثر**، لأن لا شيء داخل البنية يتآكل أو يتعرّض للضغط أو يتحلّل بالأشعة فوق البنفسجية (انظر 4.7).

2.5 ما دور الحصى؟

يُفرد الحصى على البطانة خارج الحجرة إلى ما فوق فتحة التصريف الخارجية مباشرة — بعمق اسمي يتراوح بين 50 و80 مم بحسب نوع الحجرة والتصميم. وهو يوزّع الماء بالتساوي عبر بطانة EPDM ويمنع الرمل من سدّ فتحات تصريف الحجرة. ويعتمد مقاس الحبيبات على الرمل المستخدم في المشروع: إذ يجب الحفاظ على نسبة محدَّدة بين الرمل والحصى كي لا يهاجر الرمل نزولاً إلى الحصى. وفي التطبيقات غير النباتية يُستخدم الحصى على كامل عمق البنية لتحقيق تسرّب سريع وتدفّق هوائي غير مقيَّد.

2.6 ما دور الرمل؟

يُفرد الرمل فوق الحصى والحجرة. وهو الوسط الذي يتحرّك الماء عبره صعوداً بالخاصية الشعرية ليصل إلى جذور النبات. ويعتمد نوع الرمل على موقع المشروع: فالرمال متوسّطة الحبيبات هي الأفضل عموماً، لكن الرمال الأنعم — مثل الرمل الكثباني المتوفّر محلياً — مسموح بها أيضاً في بنية EPIC. ويجب اختبار كل رمل للخاصية الشعرية والنفاذية؛ وتحدّد النتائج مدى ملاءمته والعمق اللازم لتحقيق ارتفاع شعري سليم ومساحة كافية لنقل الأكسجين الذي تحتاجه النباتات.



الحوض المبطَّن بعد تشكيله وتسويته قبل وضع أي حجرة — البطانة حوضٌ بحواف مرفوعة، لا لوحاً مفروداً.

2.7 ماذا تضمّ خلية EPIC أيضاً؟

إلى جانب الحجرات والبطانة والحصى والرمل، تضمّ الخلية العاملة قائمةً قصيرة ومتعمَّدة البساطة من الأجزاء — وكلها أعمال سباكة قياسية يمكن تحديدها في المواصفة:

- **أنابيب التوصيل** — قياس 2 بوصة (50 مم) من فئة Schedule-40، تربط الحجرة بالحجرة على امتداد الصف وعودةً إلى الخط الرئيسي.
- **خطّا الإمداد والصرف الرئيسيان** — عادةً 6 بوصات (150 مم) PVC مُلحَمة بالمذيب، تمتدّ حول محيط الحقل.
- **غرفة الإمداد ومحطة العوّامة** — حيث يدخل الماء إلى الخلية ويُضبَط المنسوب؛ ولا حاجة لمؤقّتات أو إلكترونيات للتحكّم بالمنسوب نفسه.
- **مخرج التصريف الصفري** — الوصلة السفلية المُتحكَّم بها التي تُستخدم لغسل الخلية، ولإدارة الأملاح في أنظمة المياه المالحة ومرفوضات التحلية.
- **مضخّة واحدة** — الجزء المتحرّك الوحيد في المنشأة، تُحدَّد سعتها وفق الخلية ويمكن تشغيلها بالطاقة الشمسية في المواقع النائية.



الحجرات وأنابيب التوصيل والخط المحيطي على خلية مبطّنة — أعمال سباكة قياسية يمكن تحديدها في المواصفة، وهي ما يُشغّل حقل EPIC.

2.8 مواصفات الحجرات في لمحة

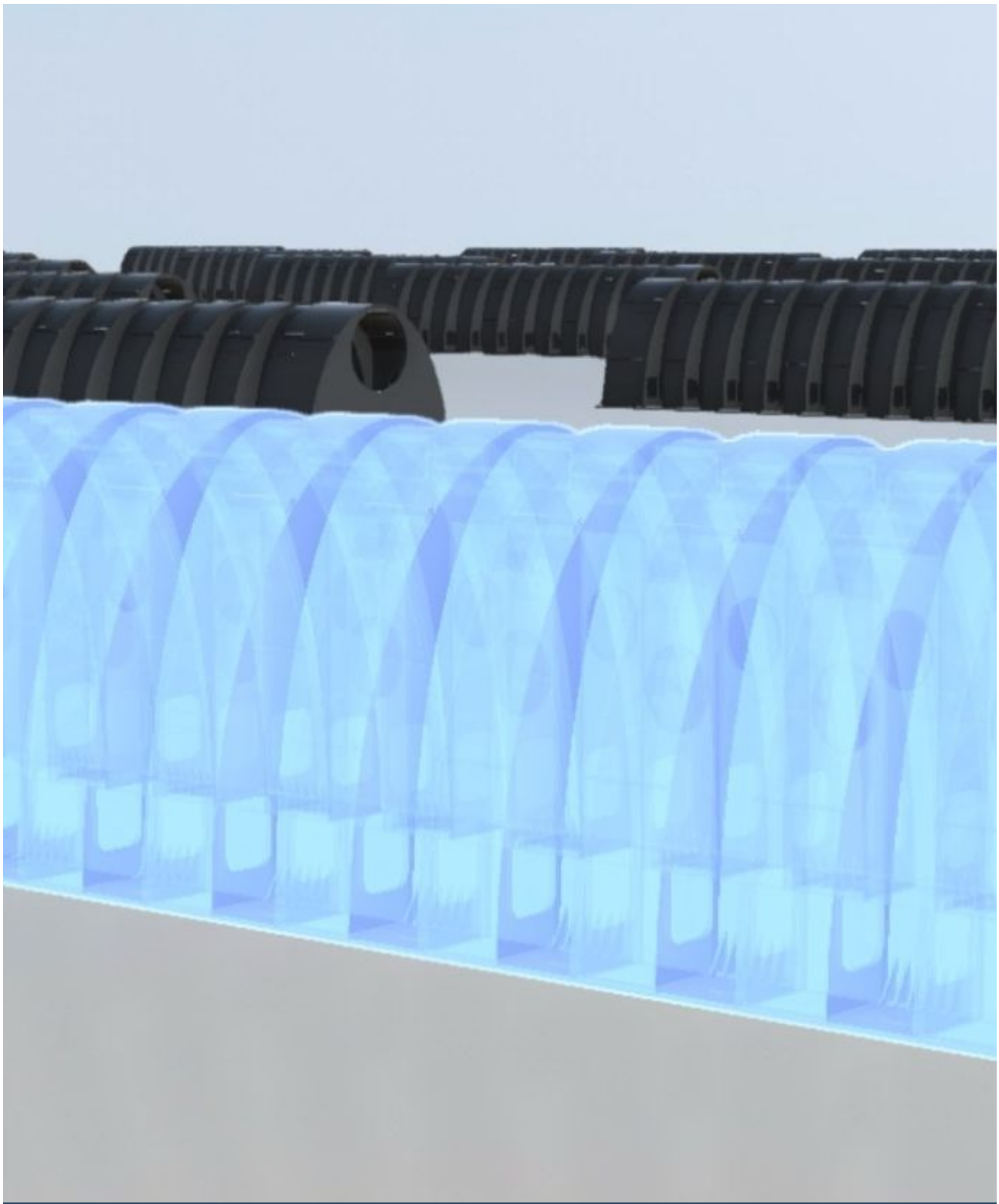
الخاصية	الحجرة الكبيرة	الحجرة الصغيرة
المقاس (ط × ع × ر)	46″ × 13.25″ × 6.5″	24″ × 6.5″ × 5.5″
اللون	أسود	أسود أو حسب الطلب
الوزن	5.5 lb (2.49 kg)	1.7 lb (0.77 kg)
البوليمر	بولي بروبيلين	بولي بروبيلين
فتحة التوصيل	أنبوب 2″ Sch40 · 2.375″	أنبوب 2″ Sch40 · 2.375″
الفتحات الجانبية	46 × 0.75×1.30″ = 44.85 in²	40 × 0.75×0.75″ = 22.5 in²
الفتحات الداخلية	46 × Ø0.875″ = 27.66 in²	22 × 1×1.5″ = 25.92 in²
مساحة القاع المفتوح	45.5″ × 10.25″ = 466 in²	23.5″ × 3.375″ = 79.31 in²
الحجم الداخلي الكلي	9.67 gal (1.29 ft³)	2.08 gal (0.28 ft³)
الحجم عند منسوب التوصيل	6.02 gal (0.80 ft³)	1.4 gal (0.19 ft³)
مسافة توقّف الوصلة	3.25″ (النتوء)	2″ (القوس)
مساحة إسناد القاعدة	69.5 in²	30 in²
التعبئة	30 / منصّة (166 lb)	16 / صندوق (28 lb)



حوض زراعة مروي بنظام EPIC في بيئة جافة — نموٌّ مزهر يعتمد كلياً على الري تحت السطحي.

قراءة الجدول

صفّا الفتحات هما الهندسة المانعة للانسداد: فالفتحات الجانبية والفتحات الداخلية المتباعدة تقعان على مستويين مختلفين، فلا يجد الرمل المتحرّك مساراً مستقيماً عبر الجدار. أمّا صفّا الحجم فيهمّان تصميم التخزين — الحجم الداخلي الكلي هو سعة الحجرة ممتلئة، والحجم عند منسوب التوصيل هو ما تحتجزه قبل أن يبلغ الماء الوصلة وينتقل على امتداد الصف.



مجسّم شفّاف موضوع بين حجرات إنتاجية، يُظهر القوس الداخلي ونمط الفتحات.

2.9 لمحة المواصفات — القيم التي لا تتغيّر

هذه هي القيم الثابتة التي يقوم عليها تصميم EPIC. وهي ترافق المواصفة، وهي أول ما ينبغي أن يبحث عنه المهندس المراجِع.

البند	القيمة
عمق حفر خلية الحقل	600 mm (24 in)
أبعاد خلية الشجرة	140 × 140 × 60 cm — حجرة واحدة
تباعد صفوف الحجرات	2.0 m بين المراكز
تباعد الحجرات داخل الصف	0.9 m بين المراكز
وصلة الحجرة إلى الخط الرئيسي	2 in (50 mm) × 1,025 mm
الخط المحيطي للحقل	6 in (150 mm) PVC مُلحَم
عمق الماء الراكد التصميمي	75 mm (3 in)
سماحية الطبقة السفلية	±13 mm (مسح بالأجهزة)
البطانة	EPDM 45 mil (1.14 mm)
الخلية الساحلية / لمياه البحر	4 · دفق L/min لكل حجرة 160 mm
كثافة صرف الغولف	1 / 300 ft² (27.9 m²) + PVC 2 in
عمق ردم مرشّح الطرق	16–24 in (400–600 mm) · ASTM
أساس تحجيم مياه الصرف	285 L (75 gal) للفرد يومياً
الخلوص فوق المياه الجوفية	0.6 m (2 ft)



فرد طبقة الرمل فوق خلية مبطّنة ومجهّزة بالحجرات في حديقة السلامات، العين.

ما ليس عليه EPIC

ليس نظاماً مضغوطاً، فلا ضغط تشغيل يُحدَّد ولا حساب لفقد الضغط. وليس نظام تنقيط أو نقّاطات، فلا جدول نقّاطات ولا مشعّب غسيل ولا فقد ضغط في الترشيح. وليس نظاماً قائماً على التربة — فالوسط رملٌ مؤهَّل، وتأهيل الرمل مستند اعتماد لا افتراض.



بطانة EPDM وحجرات وأنبوب رئيسي في موقع حديقة السلامات، العين — المواصفة كما نُفّذت.

الجزء III

آلية العمل — التركيب والتشغيل

الفيزياء، وترتيب الطبقات، ومسار قطرة الماء، وقواعد التصميم التي تحكم التنفيذ، ونقاط التفتيش الإلزامية الأربع التي تحميه.

3.1 على أي مبدأ يعمل نظام EPIC؟

3.2 ما طبقات النظام من الأعلى إلى الأسفل؟

3.3 خطوة بخطوة، كيف يتحرّك الماء عبر النظام؟

3.4 ما قواعد التصميم؟

3.5 كيف تُركَّب خلية EPIC، وما نقاط التفتيش الإلزامية الأربع؟

3.6 كيف يبدو تركيب EPIC في الموقع؟

3.7 كيف يُشغَّل النظام ويُصان؟



فرد طبقة الرمل فوق خلية مبطّنة ومجهّزة بالحجرات في حديقة السلامات، العين.

الجزء III · آلية العمل

الفيزياء والبنية

3.1 على أي مبدأ يعمل نظام EPIC؟

يستخدم نظام EPIC خصائص الجذب الشعري لتوفير الري والصرف تحت السطح في حزمة واحدة. وهو يستهلك مياهاً أقل بنسبة 50–85% من الري السطحي أو بالتنقيط التقليديين. ويُحتجَز أي دفق أو جريان لمياه العواصف ويُحفَظ لإعادة الاستخدام أو يُصرَّف ببطء وبشكل مُتحكَّم به. وعند دمجه في التصاميم المستدامة، يقلّل EPIC بدرجة كبيرة — بل قد يُلغي — الحاجةَ إلى مصدر مياه عذبة للري. وتسجّل التجارب الجامعية جودة عشب أفضل إلى جانب التوفير في المياه لا على حسابه — والأرقام المقيسة مبيَّنة في 4.9 وفي جدول الأرقام المُوثَّقة في نهاية هذا الدليل.

3.2 ما طبقات النظام من الأعلى إلى الأسفل؟

- **1. طبقة المسطّح الأخضر** — نظام ريّ وصرف وتجميع وترشيح مياه سلبي غير مضغوط تحت السطح، يمكن تركيبه في أي مساحة مزروعة لتحقيق ريٍّ كامل الكفاءة وإدارة شاملة لمياه الأمطار.
- **2. طبقة الرمل (≈ 50 سم)** — أسفل الغطاء النباتي، يدعم الرمل المسامي نمو الجذور بصورة استثنائية ويرشّح ويجمع الجريان من الأسطح الصلبة المجاورة.
- **3. طبقة الحصى (≈ 5–8 سم)** — أسفل الرمل، تنشر طبقة رقيقة من الحصى الناعم الماءَ بسرعة وانتظام عبر بطانة EPDM.
- **4. طبقة البطانة** — فوق البطانة العازلة، تجمع شبكةٌ من حجرات EPIC الماءَ وتوزّعه بالتساوي ودون انسداد. وتسمح الفتحات القريبة من قاع كل حجرة بخروج الماء وانتشاره على البطانة؛ وفي حالات فائض المياه ينعكس التدفّق، فينتقل من البطانة إلى الحجرات ثم إلى خط تصريف. ويمنع تصميم الفتحات وطبقة الحصى انسدادَها.



بنية EPIC داخل مشهد شارع، مرسومةً كطبقات منفصلة — الغرس، والرمل، والحصى، والحجرات على البطانة، والطبقة السفلية.

3.3 خطوة بخطوة، كيف يتحرّك الماء عبر النظام؟

وضع الصرف — من السطح نزولاً

01 عندما تصل مياه الأمطار أو الجريان السطحي إلى النظام، تبدأ البنية الرملية الترشيح فوراً مع تحرّك الماء نزولاً عبر الرمل.

02 ينتقل الماء إلى الحصى الناعم، وتمنع بطانة EPDM تسرّبه، ثم يدخل الحجرة عبر مصيدة الجاذبية.

03 يملأ الحجرة ويخرج عبر أنبوب التوصيل.

04 توزّع الحجرات وأنابيب التوصيل الماءَ بالتساوي في النظام وتحتجز جزءاً منه لإعادة استخدامه في الري؛ وينتقل الفائض إلى خزّان ثانوي تحت الأرض أو يُرشَّح ويُبرَّد إلى نقطة تصريف محدَّدة.

وضع الري — من الحجرة صعوداً

01 يُدخَل الماء إلى الحجرة، فتنقله إلى الحصى ثم إلى البنية الرملية.

02 يتحرّك الماء صعوداً من الحصى بالخاصية الشعرية، مكوّناً ملفَّ رطوبة هوائياً موزَّعاً بانتظام في منطقة الجذور لتنمو فيه النباتات.

03 هذه المنطقة الهوائية عالية التهوية استثنائية لنمو الجذور، وتعمل في الوقت نفسه كمرشّح حيوي — موفّرةً الصرف والري وحصاد مياه الأمطار والترشيح الحيوي في حزمة واحدة. والماء متاح للنباتات دائماً، وهي التي تحدّد الكمية التي تمتصّها.



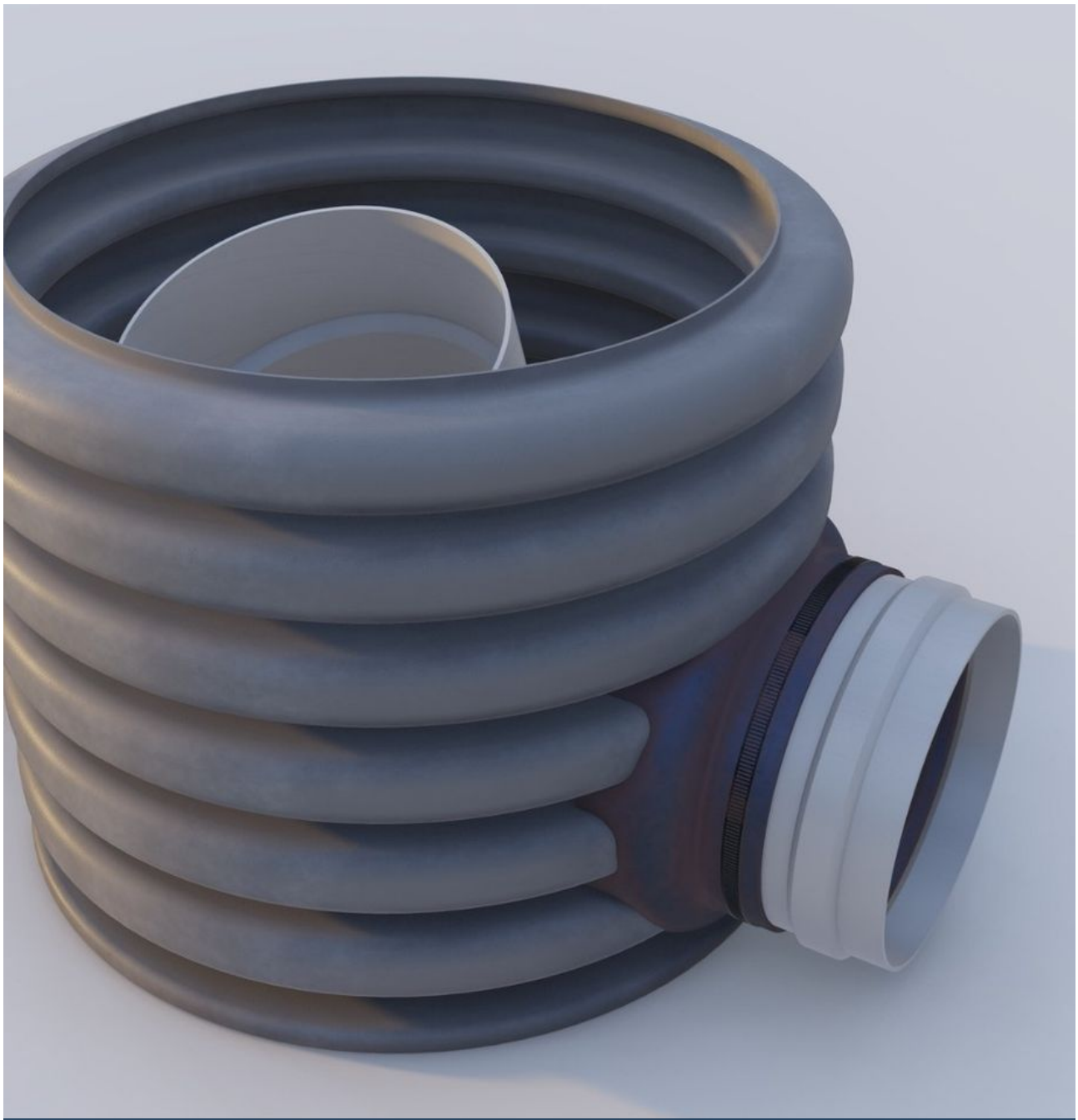
مقطع عرضي لخلية EPIC: ينزل الماء عبر الرمل إلى الحجرة، ثم يرتفع بالخاصية الشعرية إلى منطقة الجذور المهوّاة.



وضع الصرف — تترشّح مياه الأمطار نزولاً عبر الرمل والحصى فتلتقطها الحجرات على البطانة.



وضع الري — يرتفع الماء من الحجرات بالخاصية الشعرية ليغذّي منطقة الجذور.



وصلة حجرة مصبوبة بمنافذ توصيل — الواجهة القياسية بين الحجرة والأنابيب وغرفة الإمداد.

3.4 ما قواعد التصميم؟

يحكم تصميمَ EPIC عددٌ قليل من القواعد. وهي ليست تفضيلات؛ فكل قاعدة موجودة لأن الفيزياء تتوقّف عن العمل بدونها.

- **يجب أن تكون الأرضية مستوية.** للحوض المحكم سطح ماءٍ واحد. سوِّ أرضية الخلية وادكّها بحيث لا يتجاوز التفاوت 13 مم، وتحقّق منها بمسحٍ بالأجهزة. وفي المواقع المنحدرة تُشكَّل مصاطب مستوية متدرّجة — فالماء لا ينتشر إلا على أرضية مستوية.
- **احفر إلى منسوب التأسيس ولا تردم بردم سائب.** 600 مم لخلية الحقل، و60 سم لخلية الشجرة. فالحفر الزائد وإعادة الردم يُتلفان المستوى الذي أثبته المسح للتوّ.
- **البطانة حوض لا لوح.** حواف جانبية ترتفع إلى منسوب الماء التصميمي زائد هامش الأمان؛ لا حجارة حادّة تحتها؛ وحلقة أو جلبة عند كل اختراق.
- **حدِّد الهندسة لا العدد فقط.** صفوف على 2.0 م، وحجرات على 0.9 م داخل الصف — أو حجرة واحدة لكل خلية شجرة.
- **أهِّل الرمل قبل طلبه.** نتائج الخاصية الشعرية والنفاذية تحدّد الملاءمة والعمق المطلوب معاً. ويجب أن تمنع نسبة الرمل إلى الحصى الهجرةَ.
- **صمّم عمق الماء الراكد.** 75 مم هو الرقم العملي لخلايا الحقول؛ أمّا الخلايا الساحلية والمالحة فتُغذَّى بالدفق عند 160 مم.



صفوف الحجرات مستقرّة على البطانة وموصولة إلى الخط المحيطي — هندسة صفوف على 2.0 م وتباعد 0.9 م، كما نُفّذت.

3.5 كيف تُركَّب خلية EPIC، وما نقاط التفتيش الإلزامية الأربع؟

تسلسل التنفيذ قصير وقابل للتكرار. وتحمي أربع نقاط تفتيش إلزامية المواصفةَ والضمان؛ ويُوقَّع على كل نقطة قبل بدء المرحلة التالية.

01 **التخطيط والحفر** — الحفر إلى منسوب التأسيس عند 600 مم، مع الحفاظ على استواء الأرضية وإزالة الحجارة الحادّة التي قد تُحدث ضغطاً نقطياً على البطانة.

02 **تسوية الطبقة السفلية — نقطة التفتيش HP-1.** الدكّ والتسوية بحيث لا يتجاوز التفاوت 13 مم، متحقَّقاً منه بجهاز مساحة أو ليزر، مع تسجيل مناسيب كل زاوية ونقطة انتقال في مخطّط ما نُفّذ.

03 **فرش البطانة** — تُفرَش ألواح EPDM داخل الخلية بحواف جانبية كاملة؛ وتُحمى البطانة المركّبة من كل حركة مرور.

04 **اللحام والإحكام — نقطة التفتيش HP-2.** لحام جميع الألواح حقلياً ودرفلتها وفق نظام مصنّع الغشاء؛ وتركيب حلقة أو جلبة عند كل اختراق؛ وفحص الحوض المُحكَم والتوقيع عليه قبل وضع أي شيء فوقه.

05 **وضع الحجرات** — صفوف على 2.0 م، وحجرات على 0.9 م، تستقرّ مباشرةً على البطانة وتُثبَّت بأثقال ضد الطفو أثناء فرد الرمل.

06 **توصيل الأنابيب** — خطوط رئيسية وفرعية 2 بوصة Sch-40 مُلحَمة بالمذيب، مع وصل المداخل ومخارج التصريف الصفري بالخط الرئيسي وغرفة الإمداد.

07 **فرد الحصى ثم الرمل — نقطة التفتيش HP-3.** تُقدَّم سجلّات تأهيل المواد وتُعتمَد قبل الفرد؛ وتُرفَض المواد غير المؤهَّلة.

08 **الشحن والتشغيل التجريبي — نقطة التفتيش HP-4.** يُشحَن الماء وفق البروتوكول ويُقدَّم سجلّ الشحن عند التسليم، مع إثبات استواء الخلية تحت الماء.



من تهيئة الأرض إلى فرش بطانة EPDM وتثبيتها ولحامها، ثم تركيب الحجرات ووصل أنابيب الخط الرئيسي وغرفة الإمداد.

3.6 كيف يبدو تركيب EPIC في الموقع؟

يُظهر التسلسل أدناه تركيباً فعلياً لنظام EPIC من تهيئة الأرض مروراً بالبطانة والحجرات والحصى والرمل والزراعة — وصولاً إلى مسطّحات ومحاصيل راسخة بعد أسابيع.



الخزّان والمضخّة، وطبقة الحصى، وطبقة الرمل، والمنظومة تحت السطحية بعد اكتمالها — مع تحوّل أرض صحراوية إلى محاصيل مزدهرة بعد أسابيع من الزراعة.



أنابيب EPIC ممدودة في خندق قبل الردم — الوصل بين الخلية والخط الرئيسي والخزّان.

3.7 كيف يُشغَّل النظام ويُصان؟

التشغيل منسوبٌ وجدول، لا منظومة تحكّم. يُشحَن الماء إلى العمق الراكد التصميمي عبر غرفة الإمداد؛ ومحطة العوّامة تُبقيه عند ذلك المنسوب. وحيثما يقتضي التصميم، تُغسل الخلايا عبر مخارج التصريف الصفري — وهي الوصلة نفسها التي تدير الأملاح في أنظمة المياه المالحة ومرفوضات التحلية. وفي أنظمة مياه الصرف، تُبدَّل حقول الرشح المتناوبة في دورتها السنوية. أمّا المضخّة وأي معدّات تحكّم فتُخدَم وفق جداولها الخاصة.

أمّا المنشأة نفسها فلا جدول صيانة لها. لا نقّاطات تُغسَل، ولا خطوط تُنفَّس، ولا معدّات سطحية تُصلَّح؛ فالصيانة معاينةٌ لا تدخّل.

التسميد مع الري دون نقّاطات

يُغذّي EPIC بالقدر نفسه الذي يروي به. يُضاف السماد السائل أو الذائب في الماء إلى خزّان المصدر، فتوزّعه البنية المحكمة مع الماء على الخلية كاملة. ولا يوجد حاقن ولا فنتوري ولا وحدة معايرة — وهذا تحديداً سبب نجاحه، لأنه لا يوجد ما يمكن لمحلول المغذّيات أن يُفسده. ومقارنةً بالتسميد بالتنقيط: لا نقّاطات تنسدّ بأملاح السماد أو بالأغشية الحيوية، ولا حرق للأوراق، ولا نافذة رشّ، ولا حلقة ملحية سطحية، ولا فقد بالرياح أو التبخّر؛ والتوزيع منتظم على امتداد الصف. وقد سجّل بيت محمي في الخليج انخفاضاً بنسبة 40% في السماد إلى جانب 81% في المياه.



مسطّح أخضر راسخ فوق بنية EPIC في حديقة السلامات، العين — لا شيء فوق سطح الأرض يُخدَم أو يُضبَط أو يُستبدَل.

الجزء IV

من المهد إلى المهد — الاستدامة وإعادة التدوير

علم المواد، ونهاية العمر الافتراضي، والعائد الذي يحقّقه نظام مائي دائري طويل العمر على امتداد حياة المشروع.

4.1 ماذا يعني «من المهد إلى المهد» بالنسبة لـ EPIC؟

4.2 ما مدى قابلية النظام لإعادة الاستخدام والتدوير؟

4.3 ماذا يحدث للمكوّنات البلاستيكية في نهاية عمرها؟

4.4 ماذا يحدث للمواد الطبيعية؟

4.5 ما البولي بروبيلين ومن أين يأتي؟

4.6 هل البلاستيك ضارٌّ بالبيئة فعلاً هنا؟

4.7 لماذا ليست المكوّنات البلاستيكية قابلة للتحلّل — ولماذا هذا جيّد هنا؟

4.8 كيف تضيف تطبيقات EPIC قيمة إلى المشروع؟

4.9 ما أبرز التطبيقات والمزايا؟



قدرات الإنماء بنظام EPIC عبر مصادر المياه — مسطّحات على مياه الصرف المعالجة، وحقول على المياه الرمادية، ونباتات ملحية على مياه البحر.

الجزء IV · من المهد إلى المهد

المواد ونهاية العمر والعائد

4.1 ماذا يعني «من المهد إلى المهد» بالنسبة لـ EPIC؟

حجرة EPIC جهاز صرف وريّ لا ينسدّ، يستخدم عمليات طبيعية سلبية لإدارة المياه وتوجيهها. فالماء يُرشَّح فيزيائياً بالركام، ويُبرَّد طبيعياً بالأثر الحراري الأرضي، ويُحتجَز في الفراغات داخل بنية الركام، بينما تقوم الأنظمة الحيّة من نباتات وكائنات دقيقة بتنقية المياه وإعادة استخدامها عبر الامتصاص الفيزيائي والتحلّل الحيوي للملوّثات. ويتألّف النظام من فئتين من المركّبات — مكوّنات بلاستيكية (الحجرات، وأنابيب التوصيل قياس 2 بوصة، والبطانة) ومواد طبيعية (الماء، والرمل، والحصى، والغطاء النباتي) — يبلغ متوسّطها بالوزن أقل من 0.5% بلاستيك و99.5% مواد طبيعية. البلاستيك يتحكّم في ديناميكا الموائع؛ والمواد الطبيعية تؤدّي الخدمة البيئية؛ ولا بدّ للاثنين من العمل في تآزر.

4.2 ما مدى قابلية النظام لإعادة الاستخدام والتدوير؟

يحقّق EPIC الهدف الأسمى لإعادة التدوير: فالمنتجات قابلة تماماً لإعادة الاستخدام دون أي عملية وسيطة. فبحكم التصميم، المكوّنات غير ملصوقة، وغير مضغوطة، ومحميّة من التحلّل بالأشعة فوق البنفسجية، ما يجعلها قابلة لإعادة الاستخدام بالكامل — وقد نقلت EPIC TWS تصاميم كاملة (مكوّنات بلاستيكية وطبيعية) يزيد عمرها على عشر سنوات لإعادة استخدامها في مواقع أخرى.

4.3 ماذا يحدث للمكوّنات البلاستيكية في نهاية عمرها؟

يمكن استخراج المكوّنات البلاستيكية وإعادة استخدامها مباشرةً، أو تقطيعها وطحنها لإعادة التدوير التقليدي. وتجدر الإشارة إلى أن معادلة الطاقة والعمالة على مستوى المنظومة في أي عملية إعادة تدوير نادراً ما تُحلَّل: فإعادة التدوير الكفؤة تحقّق مكسباً بيئياً صافياً، بينما تفقد بعض عمليات إعادة التدوير طاقةً أكثر ممّا توفّره.



حقل الفتحات المصبوب في حجرة EPIC — هندسةٌ تؤدّي عمل ديناميكا الموائع ولا تتآكل.

4.4 ماذا يحدث للمواد الطبيعية؟

المكوّنات الطبيعية هي الأنظمة الحيّة التي توفّر معالجة المياه واحتجازها وتحسين كفاءة الري. والمكوّن الأساسي بالوزن — الرمل والحصى — يُورَّد دائماً محلياً، ويمكن عند إعادة تدويره استخدامه ردماً أو مادة تسوية أو ركاماً آخر. أمّا الغطاء النباتي السطحي والجذور فقابلة للتسميد بالطرق التقليدية. وفي الري، يستهلك EPIC مياهاً أقل بنسبة 50–85% من أنظمة الرشّاشات التقليدية؛ وفي المعالجة، تزيل المكوّنات الطبيعية أكثر من 90% من إجمالي المواد الصلبة العالقة، و85% من إجمالي الفوسفور، وأكثر من 60% من النترات (أبحاث منطقة مستجمعات Rice Creek — انظر 4.9).



بذور تنبت عبر بنية رملية تُغذّى من الأسفل فقط — النصف الحيّ من النظام وهو يؤدّي الخدمة البيئية.

4.5 ما البولي بروبيلين ومن أين يأتي؟

البولي بروبيلين هو المكوّن الكيميائي الأساسي لحجرات EPIC وأحواضها — وهو في جوهره بوليمر من الكربون والهيدروجين، وبلاستيك شائع يدخل في كل شيء من ألعاب الأطفال والزجاجات إلى مصدّات السيارات وأقراص الفريسبي. وهو عاشر أكثر المواد الكيميائية استخداماً من حيث الحجم في الولايات المتحدة، ويُشتقّ من ثالثها — غاز الإيثيلين — الذي يأتي بدوره من الغازات الطبيعية المرافقة للتكوينات الجيولوجية الحاملة للوقود الأحفوري.

المكوّن (الصيغة)	النسبة المولية النموذجية
الميثان (CH_4)	70 – 90 %
الإيثان (C_2H_6)	4 – 10 %
البروبان (C_3H_8)	1 – 5 %
البيوتان وما فوقه (C_4H_{10}+)	0 – 2 %
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	0 – 8 %
النيتروجين (N_2)	0 – 5 %
كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	0 – 5 %
الأكسجين (O_2)	≤ 0.2 %
بخار الماء (H_2O)	متغيّر



رمل كثباني ومكوّنات EPIC في الموقع — الرمل والحصى هما المكوّنان الأساسيان في النظام بالوزن.

4.6 هل البلاستيك ضارٌّ بالبيئة فعلاً هنا؟

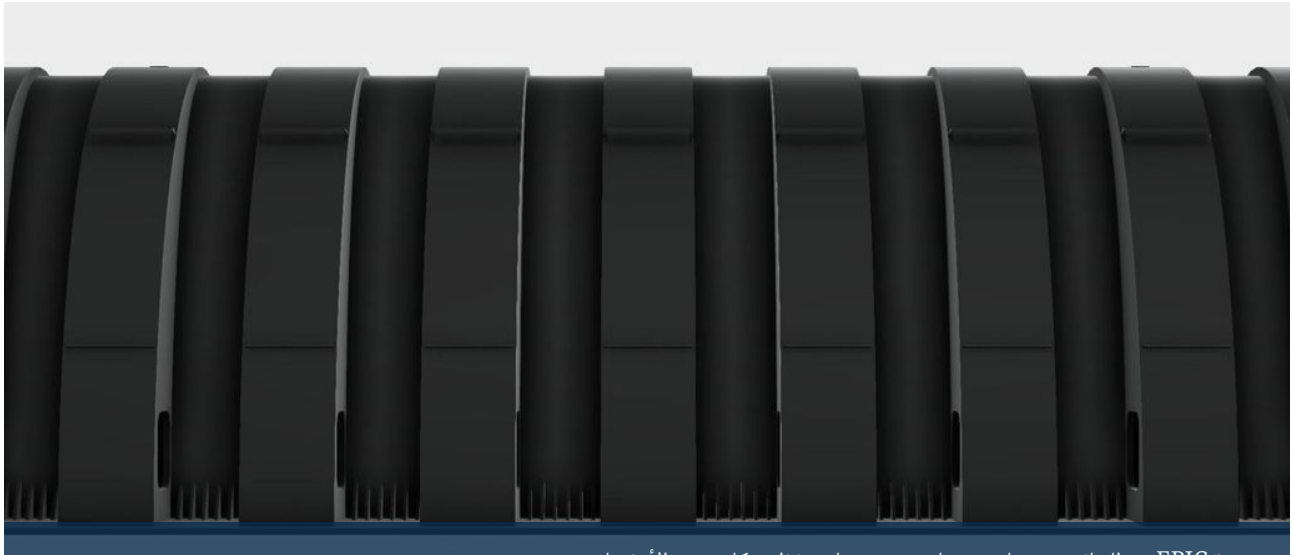
أدّى الربط العَرَضي بين البلاستيك — والبولي بروبيلين تحديداً — ومشتقّات النفط إلى وصف البيئيين للمادة بأنها ملوِّث، وهو ما ليس صحيحاً بالضرورة. فقبل نشأة صناعة البلاستيك في خمسينيات القرن الماضي، كانت انبعاثات الغاز الطبيعي من آبار النفط تُطلَق ببساطة إلى الغلاف الجوي أو تُحرَق كنفاية — وهي ممارسة ما تزال شائعة في كثير من آبار النفط حول العالم — فتتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وقد حوّلت الكيمياء هذه «النفاية» المتأكسدة إلى بوليمرات صالحة للاستخدام ومستقرّة وغير قابلة للتحلّل.

أمّا بشأن البصمة الكربونية للبلاستيك: فتحويل الإيثيلين إلى بلاستيك يقطع دورة الأكسدة ويحبس الكربون («يعزله») في صورة صلبة، ما يمنع تحوّل ذلك الكربون إلى ثاني أكسيد كربون في الغلاف الجوي. وهكذا أصبحت اللدائن، دون قصد، «مصارف» عزلٍ لنفايات الكربون الناتجة عن آبار النفط — أي إنها تقنياً تُبطئ إضافة CO_2 إلى الغلاف الجوي.

4.7 لماذا ليست المكوّنات البلاستيكية قابلة للتحلّل — ولماذا هذا جيّد هنا؟

ارتفعت صفة «القابلية للتحلّل» في قاموس الاستدامة بوصفها ميزة مرغوبة تلقائياً، لكن الصورة الكاملة كثيراً ما يحجبها سوء فهم للمواد واستخداماتها المقصودة. فقابلية المنتجات العضوية للتحلّل أمر جيّد — وإلا لدُفنّا تحت النفايات — ويستخدم EPIC هذه العملية نفسها لتفكيك المادة العضوية لتعيد النباتات والكائنات الدقيقة استخدامها في أنظمته الحيّة.

لكن للمكوّنات البلاستيكية في EPIC سبباً وظيفياً **لعدم** التحلّل. فمن الممكن تصنيعها من مواد قابلة للتحلّل بكلفة أعلى بكثير، لكنها ستتعفّن وتنهار تحت الأرض. ولأن البلاستيك لا يتحلّل، فإنه يطيل عمر النظام: إذ يعمل النظام أكثر من 50 عاماً، وتحتفظ اللدائن بشكلها مئات السنين. وإذا أخفق النظام يوماً بسبب تراكم المواد الصلبة، أمكن استخراج البلاستيك وإعادة استخدامه — بما يوفّر طاقة إنتاج مادة جديدة.



حجرة EPIC من الجانب — بولي بروبيلين مصبوب ليحتفظ بشكله تحت الأرض لعقود.

4.8 كيف تضيف تطبيقات EPIC قيمة إلى المشروع؟

النهج الشمولي هو العمود الفقري لكل تصميم من تصاميم EPIC TWS. وتعتمد الملاءمة على تصميم إدارة المياه الكلي — إذ يمكن أن تكون المياه العذبة أو الرمادية أو مياه الأمطار أو المالحة أو السوداء عوامل محرّكة، شأنها شأن عوامل استخدام الأرض مثل كلفة الأرض والمساحة القابلة للتأجير وسعة المواقف وكلفة البنية التحتية الرمادية وأداء المسطّحات. وكقطع منفصلة قد لا تكون الحلول الخيار الاقتصادي البديهي، لكنها حين تُستخدم بالتناغم مع التسوية السليمة واستخدامات الأرض الموسمية والطلب على المياه وجودتها والأسطح غير النفّاذة ومتطلّبات المواقف وإعادة استخدام المياه الرمادية وإدارة مياه الأمطار وتصميم المسطّحات، فإن EPIC TWS لم تنجز مشروعاً واحداً دون عوائد اقتصادية وبيئية إيجابية — بكثافة مشروع أعلى، وتصميم مسطّحات أغنى، وسعة مواقف أكبر، وجودة مياه أفضل، وعوائد طويلة الأمد من تعدّد وظائف المسطّحات.



ملعب جامعي قيد الاستخدام اليومي فوق بنية EPIC — استجمام وصرف وتخزين مياه على البصمة نفسها.

4.9 ما أبرز التطبيقات والمزايا؟

- **كفاءة الري** — يستهلك الري تحت السطحي مياهاً أقل بنسبة 50–85% من الأنظمة العلوية التقليدية. وفي تجارب جامعة ولاية نيومكسيكو (الدكتور برنهارد لاينَاور) استهلكت المروج المرويّة تحت السطح مياهاً أقل بنسبة 50–70% بجودة عشب أفضل من البنية القياسية لـ USGA؛ أمّا الأرقام المقيسة في التقرير نفسه فهي −40% إجمالي و−41% صافي.
- **معالجة جودة مياه الأمطار** — دراسة عام 2007 لمنطقة مستجمعات Rice Creek (بلين، مينيسوتا) لنظام EPIC محيطي التقط الجريان الموقعي ورشّحه وخزّنه، وأشارت إلى: خفض إجمالي الفوسفور بنسبة 85%؛ وخفض المواد الصلبة العالقة بأكثر من 90%؛ وخفض مسبّبات الأمراض حتى 35% (القولونيات والمكوّرات العقدية وإي كولاي)؛ وإزالة ملموسة للمعادن النزرة والمسبّبات المرضية والسموم.
- **مسطّحات متعدّدة الوظائف** — يمكن للحدائق والملاعب والمساحات المفتوحة أن تخدم الاستجمام وإدارة/معالجة مياه الأمطار والفعاليات والمواقف في آنٍ واحد مع الحفاظ على جودة المياه.
- **تقليص البنية التحتية الرمادية** — قلّة الأسطح غير النفّاذة تعني أنابيب مياه أمطار أقل، وحُفَر تجميع أقل، وكلفة أرصفة أدنى.
- **إعادة استخدام مياه الأمطار** — السحب من التخزين للري يقلّل الطلب على مياه الشبكة بدرجة كبيرة (نحو 60% من مياه المنازل تذهب للري).
- **الاستفادة من المياه الرمادية** — يمكن للمياه الرمادية تغذية المساحات المزروعة كمورد تحت سطحي؛ وكون النظام تحت السطح بالكامل يعالج المخاوف الصحية.
- **نقاط LEED®** — يمكن للنظام أن يسهم في أكثر من 33 نقطة LEED.
- **تصميم موقع محسَّن** — معالجة أمثل للجريان، وأداء مائي أفضل، وتخزين يحرّر مساحة لمبانٍ أكبر أو مساحات مفتوحة أوسع.
- **أسطح خضراء كالحدائق** — بنية مكثّفة لكنها خفيفة نسبياً (60–80 رطلاً/قدم^2 مشبعة) تدعم مسطّحاً أخضر أو تنسيقاً قابلاً للاستخدام على السطح.
- **التسويق الأخضر** — الحلول الخضراء في صميم المشروع ترفع معدّلات الاستيعاب وتفتح فرصاً جديدة.
- **التعليم الأخضر** — تدعم البنية التحتية المناهج المستدامة وتضع الحرم الجامعي في موقع الراعي المجتمعي.

الخلاصة

نظام واحد — إدارة مائية متكاملة

يدمج EPIC الريَّ والصرفَ والتقاطَ مياه الأمطار والترشيحَ الحيوي في حزمة واحدة سلبية تعمل بالجاذبية، مبنيّة على فيزياء الخاصية الشعرية وحجرات بوليمرية متينة. وهو يخفض مياه الري بنسبة 50–85%، ويعالج مياه الأمطار والمياه الرمادية ويعيد استخدامها، ويحتاج حدّاً أدنى من الطاقة والصيانة، ومصمَّم — من المهد إلى المهد — لإعادة الاستخدام والتدوير في نهاية عمره.

والنتيجة حلٌّ مائي دائري يضيف كثافةً وقيمةً للمسطّحات وعائداً طويل الأمد لأي مشروع. أمّا ملاءمته لموقع بعينه فتتطلّب دراسةً وتفاعلاً مع المصمّمين والمطوّرين والجهات الحكومية المعنية — وهنا تبدأ أي محادثة مشروع.



صفوف من النباتات المقاومة للملوحة في قطع تجارب أبوظبي — غرس نما في رمل كثباني مكشوف على مياه البحر.

الأرقام المُوثَّقة

البند	القيمة	المصدر
توفير مقيس في المياه الصالحة للشرب، استخدام رياضي	55–64%	إحصاءات ECS الميدانية، جامعة نيفادا رينو، 2000
توفير مقيس مقابل الري السطحي البلدي، أكثر من 50 °م	> 76%	رسالة لوغلاند، أبوظبي، 2007
التشغيل على مياه البحر	مياه بحر بنسبة 100% دون تراكم ملوحة	رسالة لوغلاند
التوفير مقابل الرشّاشات (إجمالي / صافي) · جودة العشب	≤6.9 : 8.1 · −41% / −40%	لايتاور وماك، جامعة ولاية نيومكسيكو
التوفير بالمياه المعاد تدويرها (مع إنبات بالبذر المائي)	+50%	سجلّ فريق عميل مايكروسوفت – وادي السيليكون
خفض الجريان · إزالة إجمالي الفوسفور	−56% / −85%	Wildwood Commons، 2007 (مرصود)
التشغيل على مرفوضات تحلية مخلوطة (15 شهراً، باتّساق)	6,000–7,000 ppm TDS	مشروع تجريبي خليجي، برصد جامعي
حرارة السطح مقابل العشب الصناعي	66.5 °F : 108 °F (−23 °C)	ملاحظة ميدانية، أغسطس 2000
الطلب على الإمداد، 200,000 قدم²	خط واحد 1 بوصة، 0–20 غالون/دقيقة، ست محطات عوّامة، دون إلكترونيات	إحصاءات ECS الميدانية، UNR



نباتات مقاومة للملوحة في قطع تجارب جزيرة ياس بأبوظبي — غطاء نباتي نما في رمل كثباني مكشوف على مياه البحر.

الممثّل الحصري لدول الخليج

Xpitrade General Trading LLC
309 مبنى الديار، شارع الشيخ زايد، دبي، الإمارات العربية المتحدة
هاتف: 1990 379 4 971+

الموزّع الرئيس الحصري وممثّل تطوير السوق لـ
EPIC Total Water Solutions LLC
12955 Mahogany Drive، رينو، نيفادا، الولايات المتحدة
هاتف: 3272 813 775 1+ · epictws.com

جميع الأسماء التجارية والشعارات ملك لأصحابها. EPIC® علامة تجارية / تقنية محمية ببراءات اختراع (براءات الاختراع الأمريكية 5,921,711 و7,517,172 و10,472,813) مملوكة لشركة EPIC Total Water Solutions LLC. يجمع هذا الدليل المواد المصدرية القائمة لـ EPIC لأغراض المرجعية. وأرقام الأداء مستمدّة من الدراسات المذكورة وهي إرشادية؛ أمّا النتائج الخاصة بكل مشروع فتتطلّب تصميماً واختباراً في الموقع.



حديقة السلامات، العين — ملعب يبقى أخضر على بنية EPIC، وأرض جرداء في الموقع نفسه خلف السياج.