مجموعة دراسات الحالة

الإصدار الثاني · سبتمبر 2026



دراسات حالة من إيبك

ثلاثة عشر مشروعًا. سجلّ واحد.

الولايات المتحدة الأمريكية · الإمارات العربية المتحدة · المملكة العربية السعودية

بيوت محمية وحقول مفتوحة وقطع تجريبية على الجزر وحدائق ومدرسة وملعبان وسطح أخضر. ثلاث عشرة منشأة من منشآت إيبك، لكلٍّ منها ملفها الخاص: الأرقام الرئيسية، وسجل المشروع، والنتائج المُقاسة، وصور مؤرَّخة.

13	3	20
مشروعًا	دول الولايات المتحدة · الإمارات · السعودية	عامًا أطول سجل فوتوغرافي

المحتويات

ثلاثة عشر ملفًا، في كلٍّ منها أربع صفحات، وخمس أو ست صفحات حيث يطول السجل. مستوى الدليل المذكور على غلاف كل ملف مكرَّر هنا.

المرجع	المشروع	الموقع	مستوى الدليل	الصفحة
CS-01	**البيت المحمي رقم 5** شركة الظاهرة الزراعية، العين، الإمارات العربية المتحدة	العين، الإمارات	**مُقاس**	3
CS-02	**الحقل المفتوح التجريبي** شركة الظاهرة الزراعية، العين، الإمارات العربية المتحدة	العين، الإمارات	**موثَّق**	7
CS-03	**جزيرة السمالية** أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة · 2007	أبوظبي، الإمارات	**مُقاس**	11
CS-04	**مشروع تنسيق المواقع في جزيرة ياس** الدار العقارية ومجلس أبوظبي للتخطيط العمراني · ياس لينكس، أبوظبي	أبوظبي، الإمارات	**مُقاس**	15
CS-05	**قطعة مياه البحر** ياس لينكس، أبوظبي · تجربة التحلية بالارتفاع الشعري	أبوظبي، الإمارات	**مُصمَّم ومُنفَّذ**	21
CS-06	**كورنيش الفناتير** الهيئة الملكية للجبيل وينبع · مدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية	الجبيل، السعودية	**مُقاس**	25
CS-07	**حديقة السلامات** بلدية العين · العين، الإمارات العربية المتحدة · 2012	العين، الإمارات	**مُراقَب**	29
CS-08	**ويستسايد بارك** مكتب الهندسة في مدينة لوس أنجلوس · المقترح O (Proposition O) · لوس أنجلوس، كاليفورنيا	لوس أنجلوس، الولايات المتحدة	**مُقاس جزئيًا**	34
CS-09	**مدرسة كامبريا الابتدائية** ساحل كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية · حديقة وملعب مستقلّان مائيًا	كاليفورنيا، الولايات المتحدة	**موثَّق**	38
CS-10	**وايلدوود كومنز** شركة وايت هورس للتطوير · مدينة ويليرني، مينيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية · 2006	مينيسوتا، الولايات المتحدة	**مُقاس**	42
CS-11	**بوكمن ستاكس بارك بلازا** مينيابوليس، مينيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية · سطح أخضر كثيف على هيئة حديقة	مينيابوليس، الولايات المتحدة	**موثَّق**	46
CS-12	**ملعب TCF Bank** جامعة مينيسوتا · مينيابوليس، الولايات المتحدة الأمريكية · افتُتح عام 2009	مينيابوليس، الولايات المتحدة	**معتمد**	50
CS-13	**ملعب واشبورن** جامعة ساوثرن ميثوديست · دالاس، تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية · رُكِّب عام 2006	دالاس، تكساس، الولايات المتحدة	**موثَّق**	55

مُقاس أرقام من العدادات أو من الرصد

معتمد شهادة من جهة مستقلة، وأرقام الأداء كما نُشرت

مُصمَّم ومُنفَّذ أُنشئ وزُرع، والنتيجة من المختبر

مُقاس جزئيًا تحليل مخبري، ولا توفير مُقاس بالعدادات

مُراقَب تفتيش أسبوعي مستقل، ولم يُحسب أي توفير

موثَّق النطاق والتركيب مسجَّلان، ولا نتيجة مُقاسة بالعدادات



دراسة حالة من إيبك

البيت المحمي رقم 5

شركة الظاهرة الزراعية، العين، الإمارات العربية المتحدة

بيت محمي قُسِّم إلى نصفين. المحصول نفسه، والبيت نفسه، والمناخ نفسه: الري بالتنقيط في نصف، ونظام إيبك في النصف الآخر، وعداد مياه على كل منهما.

85%	102%	46%
مياه أقل	**خيار أكثر لكل نبتة**	**سماد أقل**
من 370 إلى 55 م³	من 3.57 إلى 7.22 كجم	من 92 إلى 50 كجم

مستوى الدليل

مُقاس · تجربة مقارنة بعدادات · سجلات إنتاج المزرعة · سجل يومي للعدادات

محصول الخيار في الظاهرة، العين، 26 يناير 2011.

سجل المشروع

العميل	شركة الظاهرة الزراعية
الموقع	العين، الإمارات العربية المتحدة
التركيب	رُكِّبت الأنظمة في بيتين محميين في المزرعة: اكتمل الأول في ديسمبر 2010، والثاني في مارس 2011
المحصول	الخيار، للأسواق المحلية
التهيئة	حُوِّل نصف البيت المحمي رقم 5 إلى نظام إيبك، وبقي النصف الآخر على نظام الري بالتنقيط القائم للمقارنة. 10 صفوف من النباتات (صفّان في كل قسم من الأقسام الـ5)، وكل قسم مزوّد بجهاز إيبك مستقل عن غيره؛ وحُفرت الخنادق يدويًا.
قياس المياه	عداد مستقل لكل نصف
طريقة التسميد	التسميد عبر مياه الري: يُذاب السماد في خزان إيبك وتحمله المياه عبر النظام؛ وتُرشّ العناصر الصغرى على الأوراق

التحدي

الظاهرة من أبرز الشركات الزراعية في الإمارات، وتنتج فواكه وخضروات تُوزَّع محليًا. كان مالك المزرعة والبلدية المحلية يسعيان إلى رفع كفاءة إنتاج الغذاء محليًا، ويبحثان عن بدائل لنظام الري بالتنقيط السطحي القائم.

تتجاذب المنطقةَ قوتان متعاكستان: الحاجة إلى إنتاج مزيد من الغذاء، وشحّ المياه اللازمة لإنتاجه. ويُستخدم نحو 80% من المياه في الإمارات لأغراض زراعية.

ولم تكن المياه الشاغل الوحيد. ففي الري بالتنقيط يميل السماد إلى التسرّب نحو الأسفل بعيدًا عن منطقة الجذور، وهذا كلفة على المزرعة وخطر تلوث على المياه الجوفية.

ما نفّذته إيبك

حُوِّل نصف البيت المحمي رقم 5. حُفرت الخنادق يدويًا، وفُرشت بطانة فايرستون العازلة من مادة EPDM، ووُضعت أجهزة إيبك فوق البطانة ووُصلت بخط الصرف الرئيسي عبر أنابيب توصيل قطرها 2 بوصة لتكتمل دائرة مغلقة. ثم وُضعت طبقة من الحصى الناعم فوق الأجهزة، تلتها طبقة من الرمل الحلو حتى منسوب السطح النهائي.

تصل المياه من خزان مزوّد بمضخة غاطسة. ويضبط كوع بزاوية 90 درجة على خط الصرف الرئيسي منسوبَ المياه في النظام. وتحفظ البطانة المياه والسماد المذاب داخل البنية الرملية، فتُطلقهما للنبات بقدر ما يسحب.

أما النصف الآخر من البيت فبقي دون تعديل، واستمر على الري بالتنقيط للمقارنة. وكان على كل نصف عداد مياه.



5 ديسمبر 2010 تركيب الخنادق. البطانة وأنبوب الجهاز في مكانهما؛ وتُوضع طبقة الحصى قبل الرمل النهائي.



جهاز إيبك™ فوق بطانة فايرستون العازلة من مادة EPDM.

85%	102%	46%
مياه أقل من 370 إلى 55 م³	خيار أكثر لكل نبتة من 3.57 إلى 7.22 كجم	سماد أقل من 92 إلى 50 كجم

السجل

نتائج أحدث المحصولين من الخيار اللذين زُرعا بعد التحويل.

	التنقيط التقليدي	نظام إيبك	الفرق
المياه المستهلكة	370 م³	55 م³	أقل بنسبة 85%
المياه لكل كيلوغرام من الخيار	40 جالونًا أمريكيًا	3 جالونات أمريكية	أقل بنسبة 92.5%
الخيار لكل نبتة	3.57 كجم	7.22 كجم	أكثر بنسبة 102%
السماد المستخدم	92 كجم	50 كجم	أقل بنسبة 46%

المياه لكل كيلوغرام باللتر: 151.42 لترًا في التنقيط مقابل 11.35 لترًا في إيبك. والفروق محسوبة من أرقام كل صف.

السجل اليومي للعدادات، محصول 2011

زُرع جانب التنقيط في 30 أبريل 2011، وجانب إيبك في 3 مايو 2011. القراءات من صحيفة بيانات البيت المحمي رقم 5 في المزرعة.

	إيبك	التنقيط التقليدي	التوفير
قراءة العداد، 17 أبريل 2011 (قبل الزراعة)	50.1 م³	249.6 م³	
قراءة العداد، 3 يوليو 2011	117.3 م³	652.8 م³	
الاستهلاك خلال دورة المحصول	67.2 م³	403.2 م³	83%
السماد، الأسابيع 2 إلى 11	50.50 كجم	116.25 كجم	57%

القراءات تراكمية: صف الاستهلاك هو الفرق بين القراءتين، والتوفير محسوب منه. وتراوح التوفير اليومي بين 94% في بداية الدورة و82% إلى 83% عند آخر القراءات في 3 يوليو.

من صحيفة البيانات نفسها

- **الإنتاج.** في 3 يوليو 2011 كانت 414 نبتة منتِجة في جانب إيبك مقابل 679 في جانب التنقيط، بمعدل 0.373 و0.244 صندوق لكل نبتة على التوالي: أي أن إنتاج النبتة الواحدة في إيبك بلغ 153% من إنتاجها في التنقيط. والصندوق 16 كجم.
- **الديدان الخيطية.** تسجّل صحيفة السماد فقدان 170 نبتة بسبب الديدان الخيطية. ورُشّ مبيد الديدان الخيطية ثلاث مرات في الجانب التقليدي خلال الأسبوع 2، ولم يُرشّ في جانب إيبك.

من السجل أيضًا

دورة المحصول رقم 4، يناير 2012. زُرعت محاصيل التنقيط قبل محاصيل إيبك بخمسة أيام، ومسطبة إيبك أعلى بقدم واحدة؛ ومع ذلك كان محصول إيبك أطول وقد بدأ الإزهار.

ملاحظات المزرعة

«لقد لمسوا توفيرًا في المياه يزيد بنحو 82% على المعتاد في البيت المحمي، وهو ما يتوافق مع التوقعات.»

موجز المشروع، موقع مزرعة الظاهرة التجريبي



حركة المياه أفقيًا فوق بطانة EPDM وعبر طبقة الحصى.



25 يناير 2011 الخزان مثبّت في خندقه مع صمامات الإمداد.



بعد نحو ثلاثة أسابيع من الزراعة.



المقارنة التي أُقيمت التجربة من أجلها: محصول ذابل من نظام التنقيط التقليدي على اليسار، ونباتات إيبك على اليمين.

المصادر دراسة حالة مزرعة الظاهرة وجدول نتائجها؛ صحائف بيانات البيت المحمي رقم 5، يونيو ويوليو 2011؛ تقرير دورة المحصول رقم 4، يناير 2012؛ تقارير الموقع، مارس وأبريل 2011؛ موجز مشروع موقع مزرعة الظاهرة التجريبي.



دراسة حالة من إيبك

الحقل المفتوح التجريبي

شركة الظاهرة الزراعية، العين، الإمارات العربية المتحدة

التقنية نفسها وقد خرجت من البيت المحمي لتمتد عبر حقل صحراوي مفتوح: حفرية واحدة، وبطانة واحدة، وأجهزة مصفوفة في صفوف.

نوفمبر 2010
تركيب الحقل المفتوح
جمع البيانات منذ نهاية يناير 2011

3
خلايا منفصلة
منسوب المياه يُتتبَّع في كل منها على حدة

0
فاقد نباتات إيبك في الموقع التجريبي
مقابل نحو 10% في التنقيط

مستوى الدليل
موثَّق · موجز المشروع وسجل التركيب

أجهزة إيبك مصفوفة على بطانة EPDM عبر الحقل المفتوح في الظاهرة، العين.

سجل المشروع

العميل	شركة الظاهرة الزراعية
الموقع	العين، الإمارات العربية المتحدة
التركيب	رُكِّب الموقعان التجريبيان في البيت المحمي والحقل المفتوح في أواخر نوفمبر 2010
جمع البيانات	بدأ جمع بيانات الحقل المفتوح في نهاية يناير 2011
المزروعات	مجموعة متنوعة من الخضروات، والبرسيم الحجازي، وحشائش العلف
التهيئة	حُفرت مساحة واحدة كبيرة وغُطِّيت ببطانة EPDM، ورُكِّبت أجهزة إيبك في صفوف فوقها: ثلاث خلايا منفصلة، تتيح كل منها تتبّع منسوب المياه فيها بشكل مستقل
الحالة	كان من المتوقع إنجاز التركيب في قطع نخيل التمر بحلول نهاية مارس 2011

التحدي

أرادت الظاهرة إثبات جدوى التقنية لا داخل البيت المحمي فحسب، بل في الأرض المكشوفة أيضًا، وعلى المحاصيل المتنوعة التي تزرعها المزرعة فعلًا: الخضروات والبرسيم الحجازي والأعلاف.

والحقل المفتوح هو الحالة الأصعب: فلا حماية فيه من الرياح أو الشمس، والطلب التبخيري فيه أعلى بكثير منه داخل البيت المحمي.

وكانت المزرعة تواجه أيضًا مشكلة في السماد. ففي النظام التقليدي يتسرّب السماد إلى باطن الأرض؛ أما مع بطانة EPDM فيبقى محصورًا بعد إضافته ويُطلَق بقدر ما يستهلكه النبات، فلا يصل إلى المياه الجوفية.

ما نفّذته إيبك

في حين تطلّب البيت المحمي خنادق محفورة يدويًا، نُفِّذ الحقل المفتوح بالطريقة المعتادة: حُفرت مساحة واحدة كبيرة وغُطِّيت ببطانة EPDM، ورُكِّبت أجهزة إيبك في صفوف عبرها، ثم وُضع الحصى والرمل.

واستُخدمت ثلاث خلايا منفصلة لتتبّع منسوب المياه في كل منها على حدة خلال التجربة. وفي التشغيل العادي كان من الممكن تشغيل المساحة نفسها، أو مساحة أكبر، من خلية واحدة. ورُكِّبت خزانات وعدادات مياه ومضخات إضافية لغرض جمع البيانات وتحليلها فقط.

ويذكر الموجز أيضًا، بعبارة صريحة «**ليس بالضرورة لهذا المشروع، وإنما بوجه عام**»، أن النظام يمكنه استخدام مياه البحر والمياه الرمادية. فمع وجود البطانة لا يتلوث شيء أسفلها؛ ولأن النظام تحت سطحي، لا يلامس الناس مياه الري.



بطانة EPDM مفروشة فوق المساحة المحفورة في الحقل المفتوح.



الأجهزة مصفوفة على البطانة، وأنابيب التوصيل في مكانها، قبل وضع الحصى.

نوفمبر 2010	3	0
تركيب الحقل المفتوح	خلايا منفصلة، ومنسوب المياه يُتتبَّع في كل منها على حدة	فاقد نباتات إيبك في الموقع التجريبي، مقابل نحو 10% في التنقيط

ما يُظهره السجل

التجربة في الحقل المفتوح موثّقة بموجز المشروع وصور التركيب، لا بقراءات العدادات. والملاحظات أدناه هي الواردة في الموجز.

الملاحظة	كما وردت في السجل
حالة النباتات، الموقع التجريبي	كانت النباتات على نظام إيبك أكثر اخضرارًا وصحة
فاقد النباتات، أول 4 إلى 6 أسابيع	فقد نظام التنقيط نحو 10% من النباتات، ربما بسبب الديدان الخيطية. ولم يفقد نظام إيبك أيًّا منها.
التوفير في البيت المحمي كما أفادت المزرعة	نحو 82%، بما يتوافق مع التوقعات

نسبة 82% هي ما أفادت به المزرعة عن تركيب البيت المحمي، لا الحقل المفتوح؛ والسجل المُقاس بالعدادات للبيت المحمي معروض في CS-01. ويصف صفّا حالة النباتات وفاقد النباتات الموقع التجريبي ككل، لا الحقل المفتوح وحده.



أنابيب الخط الرئيسي وأنابيب التوصيل بعد توريدها إلى الحقل المفتوح.



حشائش العلف بعد تأسيسها على نظام الحقل المفتوح.

من السجل أيضًا

- **الموسمية.** تنمو الخضروات المزروعة في الأراضي المكشوفة في الإمارات عادةً من سبتمبر حتى مايو، وتكون خارج موسمها من يونيو إلى أغسطس. وتوقّع الموجز أن يتيح نظام إيبك زراعة بعض الخضروات على مدار العام، مما قد يزيد الإنتاج. وهذا توقّع، لا نتيجة.
- **سلوك الجذور.** يصف تقرير موقع من مشروع العين، بتاريخ 16 أبريل 2011، نباتات جانب إيبك بأنها خالية من المجموع الجذري الثانوي الذي شوهد في جانب المزرعة، ويسجّل أن **بعض** النباتات بلغت طول نباتات جانب المزرعة، أي 4 م. وبحسب نص التقرير: «جذر نباتنا بدون مجموع جذري ثانٍ، هو هكذا لأنه يبحث عن السماد، ليس مثل الجانب الآخر كبير وفيه جذور ثانوية لأن فيه سمادًا كثيرًا جدًا.»

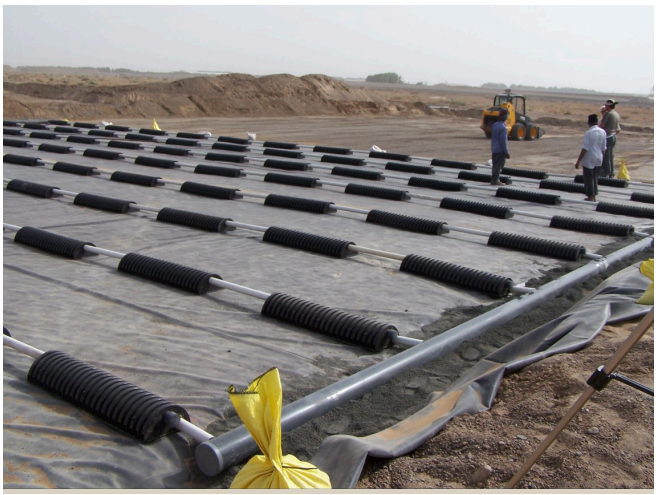
هدف المشروع

«نريد أن نضمن أن يكون أي حل نقدّمه للمزارعين مستدامًا، وأن يكون كذلك بسيطًا وسهل الاستخدام ولا يتطلب إلا قليلًا جدًا من الصيانة. وفي نهاية المطاف نسعى إلى نظام جاهز للتشغيل، مع تعليمات دقيقة بحسب ما سيُزرع، سواء أكان خيارًا أم طماطم أم أي منتج زراعي آخر.»

موجز المشروع، موقع مزرعة الظاهرة التجريبي



الرمل الحلو والحصى مكدّسان في الموقع.



المصفوفة الكاملة في الحقل المفتوح: حفرية واحدة، والأجهزة في صفوف عبرها.



حشائش العلف والبرسيم الحجازي تنمو على نظام الحقل المفتوح.



الحقل المكتمل في مرحلة الإنتاج.

المصادر موجز مشروع موقع مزرعة الظاهرة التجريبي؛ تقرير موقع مشروع العين، 16 أبريل 2011؛ صور تركيب الحقل المفتوح في الظاهرة.



دراسة حالة من إيبك

جزيرة السمالية

أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة · 2007

أربع قطع بنظام إيبك على أربعة مصادر مياه مختلفة، مقابل قطعة ضابطة بالرشاشات مزوّدة بعداد. وكانت إحداها تعمل بمياه البحر مباشرة من الخليج العربي، بمضخة تعمل بلوح شمسي.

78.91%	45,000+	شمسية
توفير المياه المُقاس بالعدادات	**ppm مياه بحر الخليج**	**مضخة**
من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007	استُخدمت مباشرة في الري	في قطعة مياه البحر

مستوى الدليل

مُقاس · تجربة مقارنة على العشب بالعدادات، من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007 · إضافة إلى ثلاث قطع لعرض مصادر المياه

نظام إيبك للري تحت السطحي بالمياه العذبة في جزيرة السمالية، أبوظبي، المطوَّر لمواقف سيارات خضراء متعددة الاستخدامات وللترفيه.

سجل المشروع

الموقع	جزيرة السمالية، أبوظبي، الإمارات
السنة	2007
فترة التجربة	من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007
القطعة 1: إيبك	عشب البرمودا، 126 م^2، ري تحت سطحي، بعداد
القطعة 2: المقارنة	العشب نفسه، 138.75 م^2، رشاشات رذاذ منبثقة تقليدية، بعداد
قطعة مياه البحر	نبات السيسوفيوم (Sesuvium portulacastrum)، يُروى بمياه البحر مباشرة من الخليج العربي بتركيز من 45,000 إلى أكثر من 50,000 ppm، مع خط صرف يعود إلى الخليج ومضخة تعمل بالطاقة الشمسية
قطع أخرى	واحدة على مياه تكثّف أجهزة التكييف، وأخرى على المياه الرمادية من مبنى مكاتب؛ وأُدخلت المياه الرمادية مباشرة دون ترشيح مسبق

التحدي

أُعدّت الجزيرة للإجابة عن سؤال صريح: ما مقدار المياه التي تهدرها المسطحات الخضراء التقليدية فعلًا، وهل يمكن تشغيل نظام تحت سطحي بمياه لا يريدها أحد؟

وتتفاوت ملوحة مياه الخليج العربي بين 45,000 ppm وأكثر من 50,000 ppm، وهو تركيز أعلى بكثير من تركيز معظم المحيطات.

وفي جزيرة، لا تكون الكهرباء اللازمة لنظام ري مضغوط أمرًا مضمونًا.

ما نفّذته إيبك

عدة قطع تجريبية. شكّلت اثنتان منها مقارنة توفير المياه: واحدة بنظام إيبك وأخرى برشاشات الرذاذ المنبثقة التقليدية، بالعشب نفسه، وعلى كل منهما عداد.

بُنيت قطعة مياه البحر مثل أي نظام إيبك آخر مع إضافة واحدة: خط صرف يعود إلى الخليج بجانب خط الإمداد المعتاد، لمنع تراكم الملح في التربة. وبعد فترة أقلمة قصيرة نما السيسوفيوم جيدًا.

وكانت مضخة تلك القطعة تعمل بلوح شمسي صغير. أما نظام الري التقليدي الذي يعمل بضغط مياه أعلى بكثير فيحتاج إلى منظومة إمداد شمسية كبيرة جدًا ومكلفة لأداء المهمة نفسها.

وعملت قطعتان صغيرتان أخريان بمياه تكثّف أجهزة التكييف وبالمياه الرمادية. ولأن نظام إيبك لا ينسدّ، أُدخلت المياه الرمادية مباشرة دون ترشيح مسبق.



قطعة مياه البحر قيد الإنشاء: الأجهزة مثبّتة بأثقال على البطانة بجانب الخليج.



غطاء أرضي من السيسوفيوم بعد تأسيسه في قطعة مياه البحر نفسها.

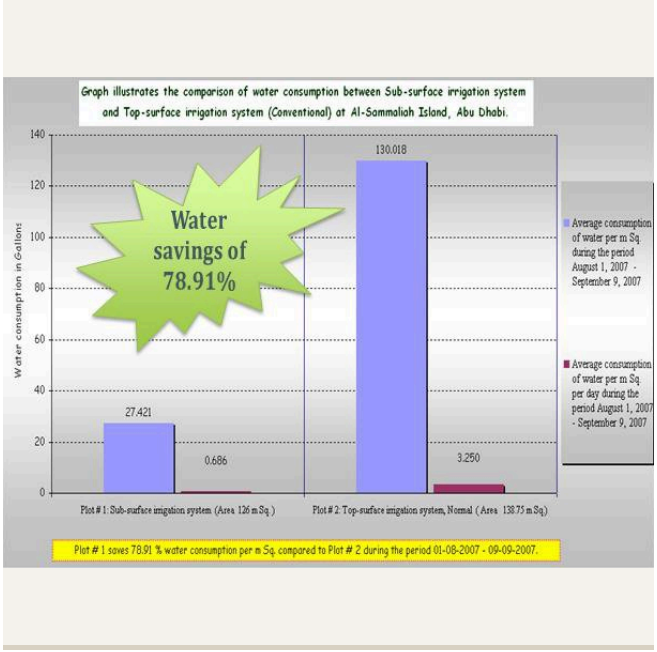
78.91%	45,000+	شمسية
توفير المياه المُقاس من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007	ppm مياه بحر الخليج استُخدمت مباشرة في الري	مضخة في قطعة مياه البحر

السجل

قيس الاستهلاك في قطعتي العشب بالعدادات خلال الفترة نفسها ومدتها 40 يومًا.

من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007	القطعة 1: إيبك تحت السطحي	القطعة 2: الرشاشات المنبثقة
مساحة القطعة	126 م²	138.75 م²
متوسط الاستهلاك لكل م²	27.421 جالون أمريكي	130.018 جالون أمريكي
المتوسط لكل م² في اليوم	0.686 جالون أمريكي	3.250 جالون أمريكي
القيمة نفسها محوّلة إلى اللتر	2.60 لتر/م²/يوم	12.30 لتر/م²/يوم
توفير المياه	78.91%	

وفّرت القطعة 1 نسبة 78.91% من استهلاك المياه لكل م² مقارنة بالقطعة 2 خلال الفترة؛ وتذكر دراسة الحالة المكتوبة النتيجة بأنها أكثر من 78%. وتختلف مساحتا القطعتين قليلًا، لذا أُجريت المقارنة لكل متر مربع. وصف اللتر تحويل بمعدل 3.785 لتر لكل جالون أمريكي، وليس قياسًا مستقلًا.



مخطط المقارنة بالعدادات من تلك الفترة: توفير في المياه بنسبة 78.91%، من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007.



نظام الري السطحي التقليدي بالمياه العذبة: القطعة الضابطة المزوّدة بعداد.

من السجل أيضًا

- **مياه البحر.** رُويت قطعة السيسوفيوم بمياه البحر المأخوذة مباشرة من الخليج العربي، بتركيز من 45,000 إلى أكثر من 50,000 ppm، ونمت جيدًا بعد فترة أقلمة قصيرة.
- **ضبط الملوحة.** لم يُمنع تراكم الملح بالمعالجة، بل بالتمديدات: خط صرف يعود إلى الخليج.
- **الطاقة الشمسية.** عملت مضخة قطعة مياه البحر بلوح شمسي صغير، مما يبيّن إمكانية الإمداد بمياه الري حيث لا تتوفر الكهرباء.
- **مياه رمادية دون ترشيح.** أُدخلت المياه الرمادية من مبنى مكاتب إلى النظام مباشرة دون الحاجة إلى ترشيح مسبق، لأن النظام لا ينسدّ.



الرشاشات المنبثقة أثناء التشغيل في القطعة الضابطة التقليدية.



قطعة مياه البحر في جزيرة السمالية.



القطعة المغذّاة بالمياه المستعملة ومياه تكثّف أجهزة التكييف.



لافتة الموقع: «ري تحت التربة صديق للبيئة».

المصادر دراسة حالة إيبك لجزيرة السمالية، أبوظبي؛ عرض تقديمي عن جزيرة السمالية، يتضمن مخطط المقارنة بالعدادات للفترة من 1 أغسطس إلى 9 سبتمبر 2007 وصور الموقع.



دراسة حالة من إيبك

مشروع تنسيق المواقع في جزيرة ياس

الدار العقارية ومجلس أبوظبي للتخطيط العمراني · ياس لينكس، أبوظبي

خمس قطع في ياس لينكس، لكل منها خزانها وعدادها، زُرعت في بداية صيف أبوظبي: أسوأ وقت في السنة لتأسيس أي زراعة.

2.46
لتر/م²/يوم في المتوسط
مقابل 12 إلى 14 في المعتاد

~80%
توفير في المياه
مقارنة بأنظمة الري المعتادة

4 من 5
قطع بخزانات مستقلة
وعدادات، 83 م² لكل منها

مستوى الدليل

مُقاس · قياس بالعدادات لكل خلية على مدى 9 أشهر · جدول زراعة لكل قطعة على حدة

الخلية 3 مزروعة بالدفلة والقطف والبنيسيتم، ياس لينكس، أبوظبي، 4 يناير 2012.

سجل المشروع

بدعوة من	الدار ومجلس أبوظبي للتخطيط العمراني
الموقع	ياس لينكس، جزيرة ياس، أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة
التركيب	بدأ التركيب في فبراير 2011 واكتمل بحلول مارس 2011
النطاق	خمس قطع مستقلة مساحة كل منها 83 م². أربع منها مزوّدة بخزانات وعدادات مستقلة. وأُضيفت أربع قطع أصغر لأربع أشجار، لكل منها أيضًا خزانها وعدادها.
مصادر المياه	قطعتان على مياه الشرب، وقطعتان على مياه الصرف الصحي المعالجة (TSE)، والخامسة على مياه البحر عبر مضخة تعمل بالطاقة الشمسية
الزراعة	ثلاث من القطع الأربع بنباتات تنسيق المواقع المعتادة في الإمارات، في 26 أبريل 2011. والرابعة بعشب Platinum TE Paspalum المزروع من البذور، في 15 مايو 2011.
المعيار الإقليمي	تحتاج مساحات تنسيق المواقع المعتادة من الشجيرات أو العشب في هذه المنطقة إلى نحو 12 إلى 14 لترًا من المياه لكل متر مربع يوميًا

التحدي

تدعو المخططات الرئيسية لأبوظبي إلى مساحات خضراء واسعة. والقيد هو المياه اللازمة لإبقائها حية، لا التصميم.

وثمة مشكلة ثانية خاصة بجزيرة ياس: فارتفاع منسوب المياه الجوفية والقرب من البحر يجعلان مياه البحر تتسرب إلى المساحات المنسقة بالطرق التقليدية بفعل الخاصية الشعرية. وتمنع بطانة EPDM ذلك؛ فلا شيء يمكنه النفاذ إلى البنية الرملية لإيبك من الأسفل.

زُرعت القطع في بداية الصيف. ونادرًا ما يُجرَّب زرع العشب من البذور في الإمارات أصلًا، لصعوبة توفير مياه تكفي لإنبات البذور دون أن يجف النبات قبل أن يكوّن مجموعًا جذريًا يعتمد على نفسه.

ما نفّذته إيبك

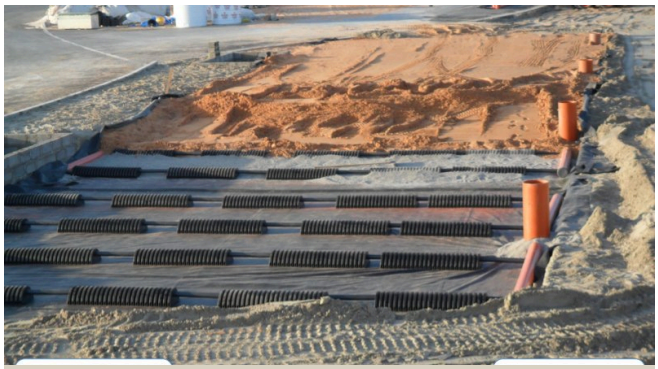
خمس قطع مستقلة مساحة كل منها 83 م² عند مبنى الصيانة في ياس لينكس. زُوِّدت أربع منها بخزانات وعدادات مستقلة لرصد الاستهلاك بصورة منفصلة لأنواع النباتات المختلفة وللعشب؛ وأُضيفت أربع قطع أصغر للأشجار على الأساس نفسه.

زُوِّدت قطعتان بمياه الشرب وقطعتان بمياه الصرف الصحي المعالجة (TSE). وزُرعت ثلاث بأنواع تنسيق المواقع المعتادة في الإمارات، وبُذرت الرابعة بعشب الباسبالوم المستخدم في ملعب الغولف المجاور.

تقع القطعة الخامسة قرب البحر، وتُزوَّد بمياه البحر عبر مضخة تعمل بالطاقة الشمسية. وقد بُنيت من قطعتين فرعيتين مترابطتين لاختبار أمرين في آن واحد: هل تستطيع النباتات البقاء على مياه البحر وحدها، وهل يحدث أثر تحلية حين تنتقل مياه البحر بالخاصية الشعرية من قسم إلى الآخر.



فبراير 2011 أجهزة إيبك وبطانة EPDM العازلة للماء في مكانها.



فرش طبقتي الحصى والرمل.

2.46	~80%	4 من 5
لتر/م²/يوم في المتوسط مقابل 12 إلى 14 في المعتاد	توفير في المياه مقارنة بالري المعتاد	قطع بخزانات مستقلة وعدادات، 83 م² لكل منها

السجل

استهلاك المياه المُقاس بالعدادات للقطع الأربع ذات العدادات المستقلة، باللتر لكل متر مربع يوميًا.

متوسط كل خلية خلال فترتين، في ملخص بتاريخ 29 يناير 2012

الفترة	الخلية 1	الخلية 2	الخلية 3	الخلية 4	متوسط 4 خلايا
26 أبريل 2011 إلى 23 يناير 2012	3.66	2.00	2.33	3.10	2.77
2 نوفمبر 2011 إلى 23 يناير 2012	2.38	1.62	1.81	2.95	2.19
نخيل التمر، لتر/شجرة/يوم	73.9 (أبريل إلى يناير) · 11.67 (نوفمبر إلى يناير)				

متوسط 4 خلايا هو المتوسط الحسابي للخلايا 1 إلى 4. ونخيل التمر مزروع في قطع الأشجار ذات الخزانات والعدادات المستقلة، وأرقامه باللتر لكل شجرة يوميًا.

الأشهر الخمسة الأولى من المشروع، لكل قطعة، كما نُشرت أول مرة

لتر / م² / يوم	القطعة 1	القطعة 2	القطعة 3	القطعة 4	المتوسط
أول 5 أشهر من المشروع	3.63	1.80	1.99	2.44	2.46

مقارنةً بمعدل 12 إلى 14 لتر/م²/يوم المعتاد لمساحات تنسيق المواقع هنا، وُصف هذا المتوسط بأنه «توفير بنحو 80% مقارنة بأنظمة الري المعتادة».



4 يناير 2012 الخلية 1 بعشب البنيسيتم والجهنمية.



4 يناير 2012 عشب الباسبالوم في الخلية 4 في ياس لينكس، مزروع من البذور داخل النظام.

من السجل أيضًا

- **العشب من البذور.** زُرعت قطعة الباسبالوم من البذور داخل النظام (وهو أمر نادر في الإمارات)، وتأسست خلال الصيف.
- **محتويات القطع.** القطعة 1: Pennisetum Green، Sesuvium Portulacastrum، Bougainvillea، نخيل التمر، Cyperus Alternifolius، Caesalpinia Pulcherrima، Sesuvium Red، Ruellia، Agave. القطعة 2: Agave، Nerium Oleander، Ruellia، Atriplex Halimus، Pennisetum Green، Pennisetum Red، زنبق العنكبوت (Spider Lily)، أشجار. القطعة 3: Atriplex Halimus، Atriplex Canescens، Caesalpinia Pulcherrima، الفرانجيباني (Frangipani)، Rhoeo Discolor، Pennisetum Red، أشجار. القطعة 4: عشب Platinum TE Paspalum.
- **اهتمام الإعلام والجهات الحكومية.** تسجّل دراسة الحالة طلبات كثيرة من جهات حكومية وإعلامية وخاصة لزيارة الموقع، مع تغطية في منشورات عربية وإنجليزية منها Construction Weekly، وAME Info، وMEED، والفجر، وزاوية، وGulf Today.
- **الموجز الأصلي.** توقّع المقترح المقدَّم إلى مجلس أبوظبي للتخطيط العمراني والدار في ديسمبر 2010 «توفيرًا في المياه بنظام إيبك يتراوح بين 50 و80% مقارنة بأنظمة الري التقليدية الأخرى»، وطلب إعداد جمع البيانات بحيث تكون النتائج «قادرة على اجتياز تدقيق أي طرف ثالث».
  المقترح المقدَّم إلى مجلس أبوظبي للتخطيط العمراني والدار، ديسمبر 2010



26 أبريل 2011 اليوم الأول من الزراعة.



بعد أربعة أسابيع.



4 أكتوبر 2011 بعد خمسة أشهر من الزراعة.



البنية المكتملة، جاهزة لزراعة أبريل 2011.

البناء، من فبراير إلى أبريل 2011

كل صورة في هاتين الصفحتين مؤرّخة. وهي مرتبة بحسب تاريخ التقاطها، من الأرض الخالية إلى التجربة المزروعة.



3 فبراير 2011 قبل البدء

الأرض المسوّاة بجوار مبنى النادي قبل أي عمل. رمل مدكوك مكشوف، والفلل في الخلفية.



27 فبراير الحفر

فُتح الحفر وسُوّي منسوبه، ووُضعت قاعدة الحصى وشُدّت خيوط الاستقامة.



1 مارس الأجهزة

أجهزة إيبك ممدودة على البطانة الأرضية، والأنابيب الرأسية قائمة عند الوصلات.



2 مارس الشبكة

اكتملت الشبكة على امتداد القطعة: صفوف من الأجهزة فوق البطانة، جاهزة للتغطية.



2 مارس الرمل

فرش الرمل فوق الحصى لتكوين البنية التي تنمو فيها الجذور.



3 مارس اختبار المياه

حجرة التحكم معبّأة بالمياه وممتلئة، واختُبرت قبل الردم.



26 أبريل الجاهزية

القطع المكتملة ولوحة التحكم في مكانها، وتاريخ الزراعة مثبت في السجل.

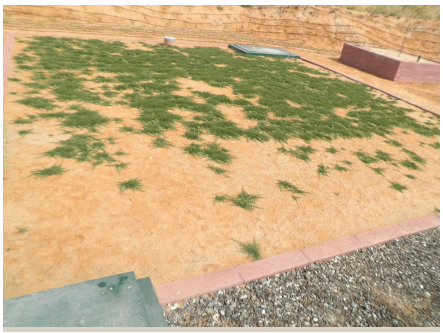
النمو، من مايو 2011 إلى أغسطس 2012

القطع نفسها خلال الأشهر الخمسة عشر التالية. تُحسب المدة من تاريخ الزراعة في 26 أبريل 2011؛ وبُذر العشب على حدة في 15 مايو 2011.



22 مايو 2011 بذر العشب

العشب يتأسس على الرمل الخام بعد أسبوع من البذر، وغطاء فتحة الوصول إلى الجهاز عند طرف الصورة.



19 يونيو 2011 8 أسابيع

النباتات المغطية للأرض تنتشر في الخلية، وخطوط التنقيط ما زالت ظاهرة بين النباتات.



3 أكتوبر 2011 5 أشهر

خلية العشب مكتملة التأسيس ومغطاة بالكامل من طرف إلى طرف.



6 أكتوبر 2011 5 أشهر

أحواض الشجيرات والنباتات المغطية للأرض اكتملت تغطيتها في الأسبوع نفسه، والأغاف واليوكا بارزة بينها.



12 فبراير 2012 9 أشهر

نباتات مكتملة النمو: الجهنمية مزهرة، والدفلة واليوكا متأسسة على طول الممر.



12 مارس 2012 10 أشهر

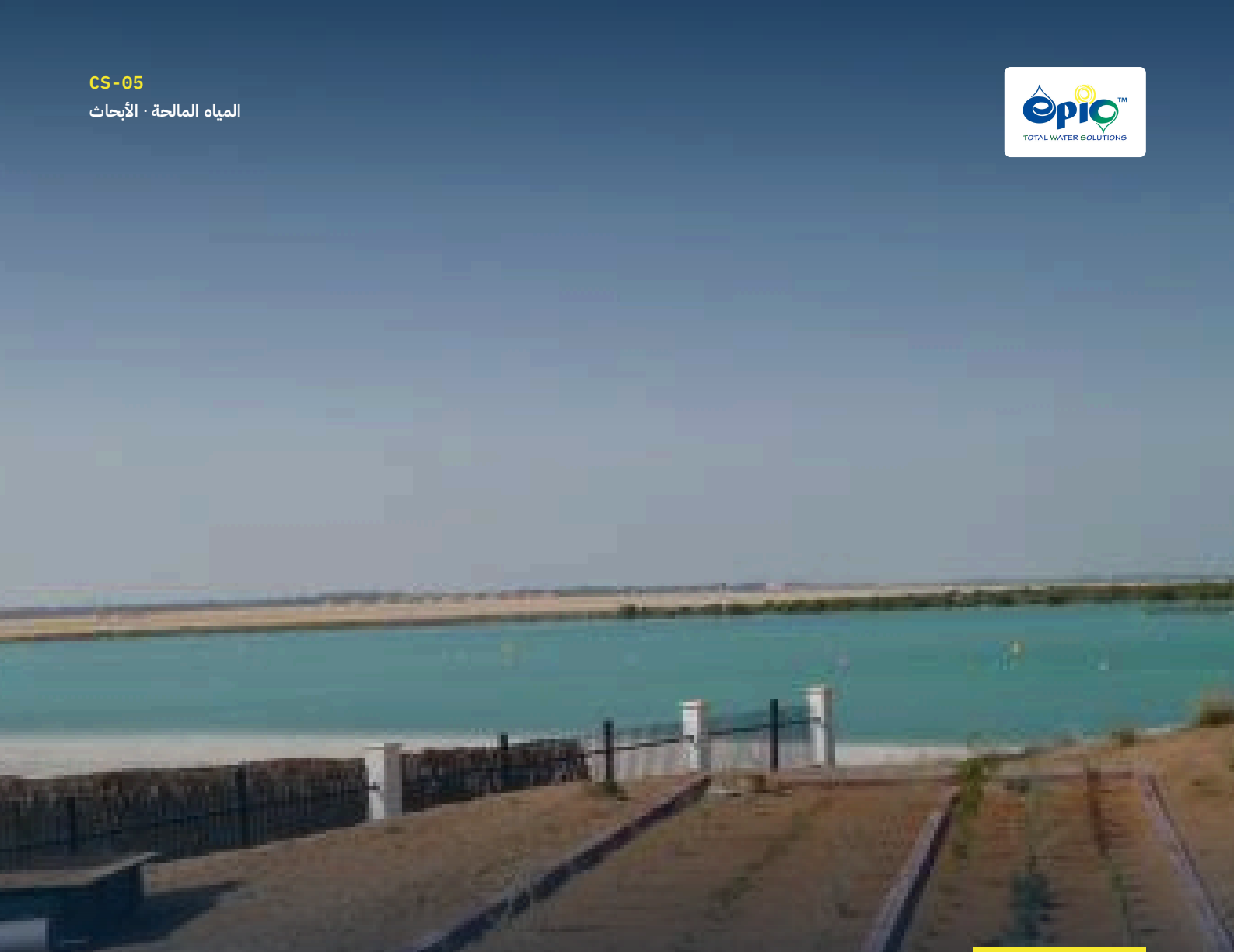
القطعة في محيطها، بعشب مجزوز وأغطية الأجهزة، والطريق والمباني خلفها.



1 أغسطس 2012 15 شهرًا

الفرانجيباني والدفلة فوق غطاء نباتي كثيف، بعد صيف خليجي ثانٍ.

المصادر دراسة حالة مشروع تنسيق المواقع في جزيرة ياس؛ ملخصات استهلاك المياه في جزيرة ياس، يناير 2012؛ جدول محتويات القطع؛ تقرير إيبك عن التركيب في جزيرة ياس؛ المقترح المقدَّم إلى مجلس أبوظبي للتخطيط العمراني والدار، ديسمبر 2010؛ صور مؤرّخة للموقع، من فبراير 2011 إلى أغسطس 2012.



دراسة حالة من إيبك

قطعة مياه البحر

ياس لينكس، أبوظبي · تجربة التحلية بالارتفاع الشعري

قطعة أُنشئت لاختبار ما إذا كان الرمل نفسه قادرًا على نزع الملح من مياه البحر أثناء صعودها. وكانت الظاهرة الفيزيائية قد أُثبتت في المختبر من قبل.

91%
خفض إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)
خلال الانتقال الشعري الأول

32,000 → 3,000
TDS بوحدة ppm
في المختبر، يناير 2009

110 سم
أطول مسار شعري
نُفِّذ في الخلية المرافقة

مستوى الدليل
مُصمَّم ومُنفَّذ · نتيجة مختبرية، 2009 · قطعة ميدانية أُنشئت وزُرعت، 2012

قطعة مياه البحر في ياس لينكس، أبوظبي، 18 يناير 2012، بعد 14 يومًا من الزراعة.

سجل المشروع

الموقع	ياس لينكس، أبوظبي، الإمارات
تاريخ الزراعة	4 يناير 2012
التأسيس	رُويت بالمياه العذبة في أول أسبوعين، ثم أُقلمت على خليط من مياه الصرف الصحي المعالجة (TSE) ومياه البحر. والخطة المسجلة في 29 يناير 2012: «خلال الـ 4 أسابيع القادمة ستُخفَّض مياه TSE، وستُروى الخلية بمياه البحر فقط.»
التهيئة	تُدخَل مياه البحر إلى خلية إيبك، وتدور عبر الأجهزة ثم تعود إلى البحر، مكوّنةً طبقة مشبعة بعمق 75 مم
مسافة الانتقال	50 سم حتى السطح فوق قسم مياه البحر؛ وحتى 110 سم في الخلية المرافقة، صعودًا فوق جدار فاصل ارتفاعه 40 سم، ثم نزولًا في الجانب الآخر، ثم صعودًا إلى السطح
النباتات	السيسوفيوم (Sesuvium Portulacastrum)، والقطف (Atriplex Nummularia)، والدمس (Conocarpus)، والقطف (Atriplex Semibaccata)، والبنسيتم (Pennisetum) وعشب النافورة، وعشب الباسبالوم، ونخيل التمر
المضخة	تعمل بالطاقة الشمسية

السؤال

«صُمِّمت قطع الاختبار لتحديد ما إذا كان لتدفق المياه المالحة بالخاصية الشعرية عبر الرمل تأثير في فصل الأيونات الذائبة.» وإن كان للرمل أثر في الفصل، فقد يرتبط بمسافة الانتقال، ولهذا بُنيت القطعة من خليتين متصلتين بطولَي مسار مختلفين جدًا.

والآلية كما وصفها مخترع النظام: قد يحدث الفصل في المنطقة الشعرية، حيث يكون الغشاء المائي شديد التماسك في بنيته الفيزيائية فيطرد الجزيئات الأكبر كغشاء التناضح العكسي. وقد يكون السبب أيضًا التطبّق بحسب الكثافة، إذ إن مياه البحر أثقل من العذبة، فتعمل الحركة البطيئة التي يوفرها نظام إيبك أولًا على المياه السطحية الأخف عند المصدر.

وكانت التجارب المختبرية قد أُجريت في 2009، وجاءت نتيجتها كبيرة لكنها محدودة. ولهذا كانت للتجربة الميدانية أهميتها.

ما نفّذته إيبك

تُدخَل مياه البحر إلى خلية إيبك، وتدور عبر الأجهزة ثم تعود إلى البحر، تاركةً طبقة مشبعة بعمق 75 مم. وفوقها لا تصل المياه إلى السطح إلا بالارتفاع الشعري عبر الرمل.

في الخلية الأولى يبلغ هذا الارتفاع 50 سم. أما في الخلية المرافقة المجاورة فعلى المياه أن تصعد جدارًا فاصلًا ارتفاعه 40 سم، وتنزل في الجانب الآخر، ثم ترتفع إلى السطح: أي مسافة انتقال إجمالية تصل إلى 110 سم.

ووُضع للقطعة بروتوكول كامل لأخذ العينات: أوزان مرجعية للرمل الجاف والرمل المشبع، وعينات من الرمل الرطب على عمق 10 سم تحت السطح، وثلاث عينات في وسط خلية مياه البحر وثلاث في الخلية «العذبة» على عمق 15 سم، والاستخلاص في 500 مل من الماء المقطر، والتحليل المختبري لقياس TDS والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والبوتاسيوم؛ على أن يتكرر ذلك بعد شهر على بعد 30 سم شمال النقاط الأصلية، ثم جنوبها وشرقها وغربها في الفترات التالية كل ثلاثة أشهر.



خلية مياه البحر في ياس لينكس، يناير 2012.



الخلايا بجانب الخليج كما نُفِّذت.

91%
خفض TDS خلال
الانتقال الشعري الأول

32,000 → 3,000
TDS بوحدة ppm، في المختبر
يناير 2009

110 سم
أطول مسار
شعري مُنفَّذ

السجل المختبري

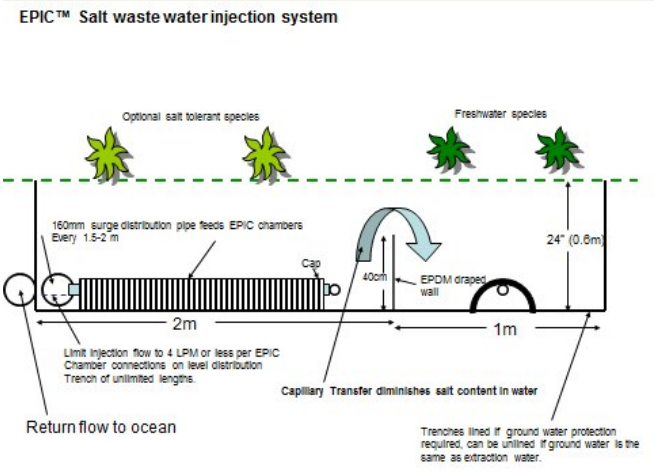
مستويات استخلاص الأنيونات والكاتيونات في منطقة الجذور بعد حركة المياه المالحة بالخاصية الشعرية. القيم بوحدة ppm (مجم/لتر).

	محلول المياه المالحة	رمل المقارنة	B · 17 إلى 20 بوصة	C · 28 إلى 31 بوصة	D · 57 إلى 60 بوصة
TDS	32,000	81	3,000	3,800	3,300
الصوديوم	12,000	5.4	390	330	100
الكلوريد	20,000	2.4	2,200	2,400	2,200
المغنيسيوم	1,400	8.7	210	250	270
الكالسيوم	380	7.3	540	630	700
البوتاسيوم	340	3.0	7.4	7.6	7.0

الجدول 1 من الورقة المختبرية الصادرة في يناير 2009 عن الري بالمياه المالحة باستخدام أنظمة إيبك، من إعداد جوناس ز. سيبايلا (Jonas Z. Sipaila)، مدير الابتكار في شركة ريباين للحلول البيئية (Rehbein Environmental Solutions Inc.). والأعمدة B وC وD مسافات من المصدر بالبوصة. وهذه نتائج مختبرية، وليست نتائج ميدانية من جزيرة ياس.



قطع اختبار مياه البحر على شاطئ ياس لينكس كما نُفِّذت.



مخطط حقن مياه الصرف المالحة: تدفق حقن محدود، وانتقال شعري، وتدفق راجع إلى المحيط.

ما يعنيه ذلك

- **الحدّ لا يقل أهمية عن النتيجة.** ينخفض TDS من 32,000 إلى 3,000 ppm خلال الانتقال الأول، أي بنسبة 91%، ثم لا ينخفض أكثر في العمودين التاليين (3,800 و3,300 ppm). ولم يتحقق خفض بنسبة 97% إلى ما دون 1,000 ppm. ولهذا يُخصَّص هذا التطبيق للأنواع المتحملة للملوحة، لا لأنواع المياه العذبة.
- **نتيجة مختبرية، لا ميدانية.** خفض الـ 91% نتيجة مختبرية من يناير 2009، خلال الانتقال الشعري الأول فقط، دون تغيّر إضافي يُذكر في الانتقالات اللاحقة. وليست نتيجة من جزيرة ياس.
- **القطعة الميدانية.** أُنشئت قطعة ياس لينكس، وزُرعت في 4 يناير 2012، ووُضع لها بروتوكول كامل لأخذ العينات. وسُجِّلت مواقع عينات المياه المالحة في 3 أبريل 2012.



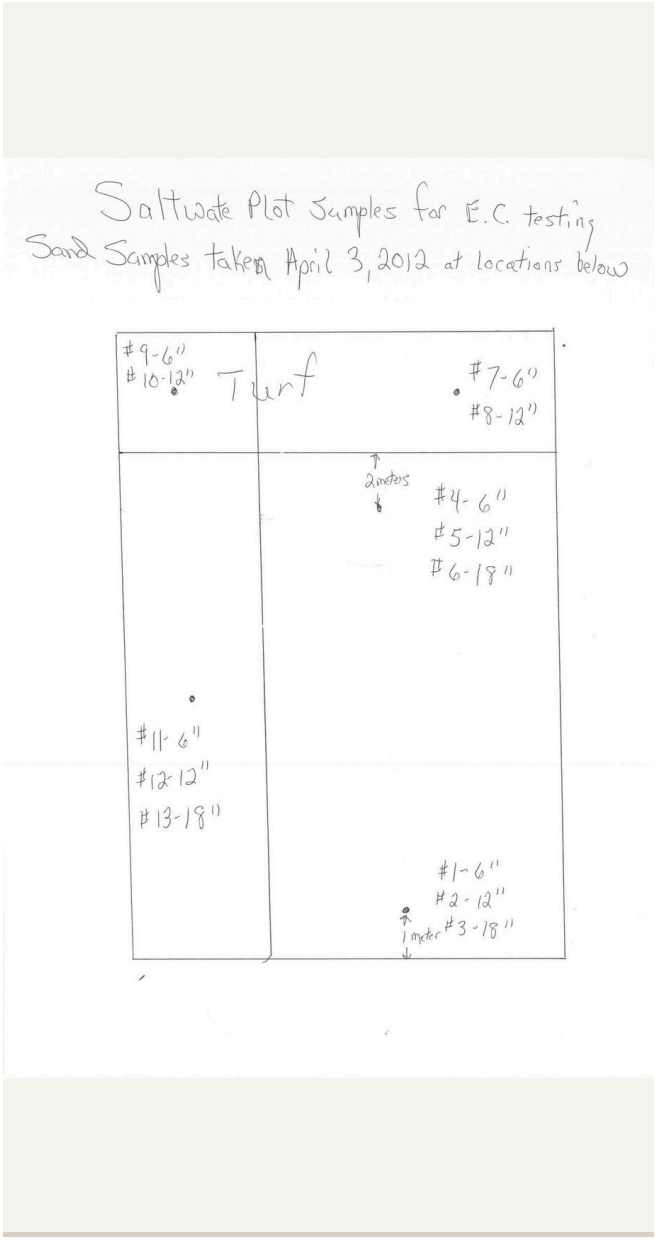
نباتات متحملة للملوحة بعد تأسيسها في الخلايا.



الخليتان المتصلتان: الثانية تحمل المسار الشعري الأطول.



قطع اختبار مياه البحر كما نُفِّذت في ياس لينكس.

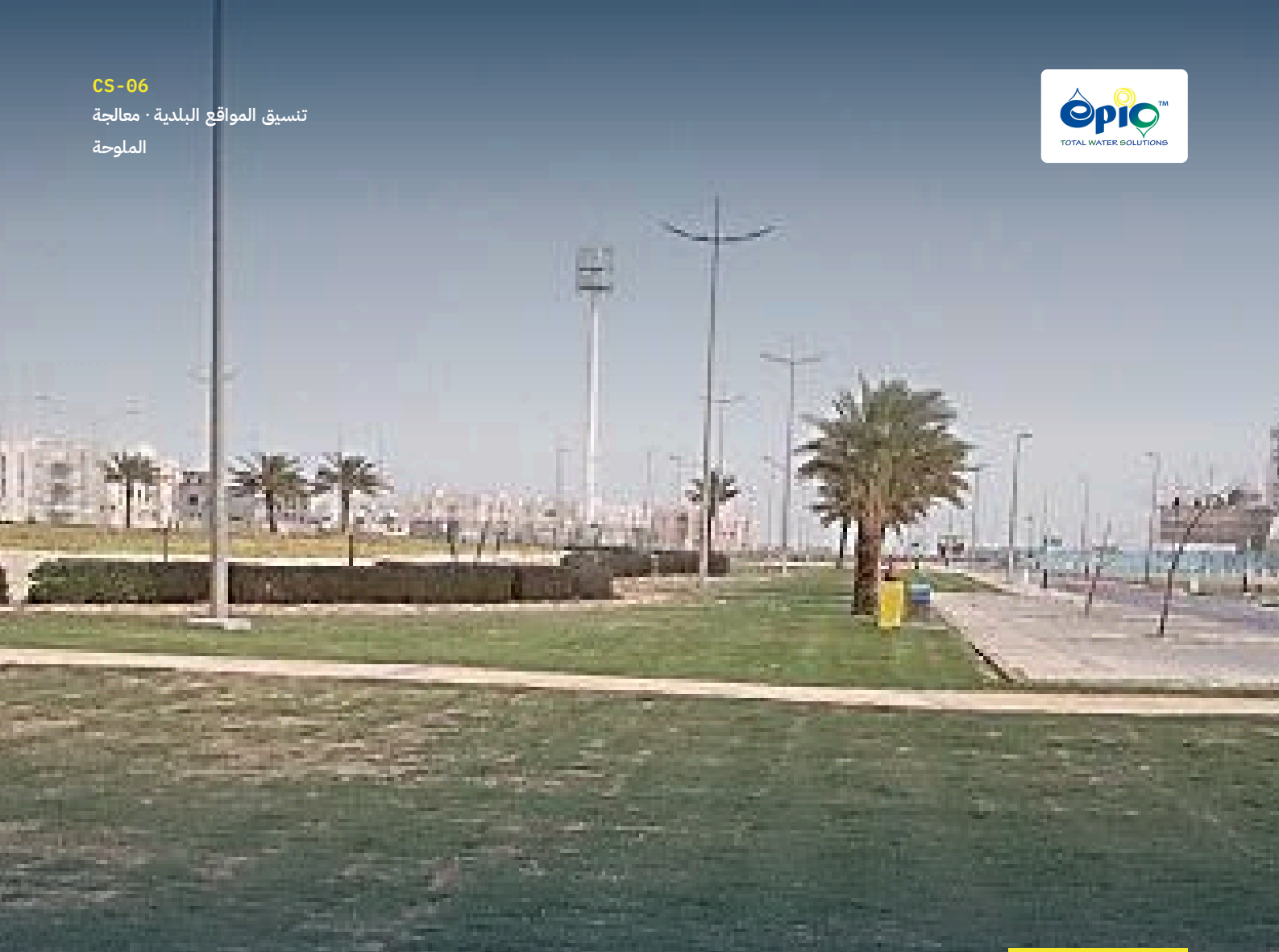


3 أبريل 2012 رسم تخطيطي لمواقع عينات المياه المالحة.

المصادر الورقة المختبرية عن الري بالمياه المالحة باستخدام أنظمة إيبك، يناير 2009؛ تقييم نظام إيبك لتحلية مياه البحر والري تحت السطحي بها؛ إجراءات أخذ عينات المياه المالحة في جزيرة ياس؛ رسم تخطيطي لمواقع عينات المياه المالحة، 3 أبريل 2012؛ سجلات نباتات المياه المالحة، بما فيها ما نُفِّذ فعليًا؛ سجل تركيب إيبك في جزيرة ياس؛ ملخص استهلاك المياه في جزيرة ياس.

CS-06

تنسيق المواقع البلدية · معالجة الملوحة



دراسة حالة من إيبك

كورنيش الفناتير

الهيئة الملكية للجبيل وينبع · مدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية

قطعة مساحتها 400 م² طلب العميل رصدها مقابل هدف توفير بنسبة 50%. كان الرمل الذي بُنيت به شديد الملوحة على العشب، فغسل النظام نفسه بنفسه.

2.05	>80%	0.91 → <0.4
لتر/م²/يوم	**توفير مُثبت**	**الملوحة بعد الغسيل**
مقابل 20 في الموقع	مقابل هدف 50%	بالنظام نفسه

مستوى الدليل

مُقاس · رصد مشترك بين الهيئة الملكية وساتكو (SATCO) وإيبك · سجل يومي لعداد المياه من ديسمبر 2011 إلى مارس 2012 · قراءات الملوحة

نمو العشب بعد شهرين في قطعة كورنيش الفناتير، الجبيل، فبراير 2012.

سجل المشروع

العميل	الهيئة الملكية للجبيل وينبع (RCJY)
الموقع	المنطقة السكنية، تقاطع طريق الدانة مع الدانة 3، مدينة الجبيل الصناعية، المملكة العربية السعودية
الرصد	المهندس فيصل الخطيب من ساتكو، المنسق الرئيسي المعيَّن نيابة عن الهيئة الملكية، مع عضوين من فريق إيبك جرين سوليوشنز (Epic Green Solutions) مقيمين في المنطقة الشرقية
العقد	عقد ساتكو رقم 951-S24
المساحة والمياه	400 م^2، ونوع الزراعة عشب (العشب السجادي)؛ ومصدر المياه مياه الصرف الصحي المعالجة (TSE)
التركيب	من 10 إلى 17 ديسمبر 2011؛ وفُرش العشب في 17 ديسمبر 2011
التعبئة الأولية	19 م^3 من صهريج و19 م^3 من خط الإمداد الرئيسي، لتشبيع البنية الرملية
السماد الأولي	100 كجم من سماد 15-15-15 بطيء الإطلاق و10 كجم من سماد 20-20-20 بطيء الإطلاق
هدف العميل	توفير 50% من المياه، تنظر الهيئة على أساسه في ترسية عقود التركيب

التحدي

في أكتوبر 2011 دعا الشيخ فيصل الرشيد، مدير التخطيط في الهيئة الملكية للجبيل وينبع، إيبك إلى تنفيذ مشروع تجريبي في الجبيل ترصده الهيئة. وكان الشرط صريحًا: تحقيق توفير في المياه بنسبة 50% مقارنة بالأنظمة القائمة، لتنظر الهيئة بعدها في ترسية عقود تركيب لأعمال المعالجة البيئية والري في المناطق الخاضعة لإشرافها.

وعمل ظرفان في الموقع ضد التجربة منذ اليوم الأول. فحالة التربة وقت التنسيق مسجلة بأنها «سيئة جدًا (محتوى ملوحة مرتفع في الرمل (غير مغسول)»، وكان العشب المورَّد رديء الجودة، ونُفذت القطعة في موسم سبات العشب.

وثمة أيضًا مشكلة بنيوية في الفناتير تحلّها البطانة عرضًا: فارتفاع منسوب المياه الجوفية والقرب من البحر يجعلان مياه البحر تتسرب إلى المساحات المنسقة بالطرق التقليدية التي تديرها الهيئة. ولا يمكنها التسرب إلى البنية الرملية لإيبك.

ما نفّذته إيبك

قطعة مستقلة واحدة مساحتها 400 م^2 مغطاة بالعشب، مع خزان وصمام عوّامة ومدخل وكوع بزاوية 90°، وفتحة مراقبة لقراءة منسوب المياه في الخلية يوميًا.

في 28 ديسمبر، بعد أحد عشر يومًا من فرش العشب، كانت ملوحة التربة فوق المقبول (0.91 بمقياس مجس التربة مقابل 0.1 إلى 0.4 الموصى بها للعشب) بسبب الرمل غير المغسول وزيادة خلطة السماد. وبلغت قراءات التوصيل الكهربائي في الخزان وخط الصرف 9 و16، أي 5,760 و10,240 ppm من إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS).

غسل النظام نفسه بنفسه. يُوصل خرطوم بصمام المدخل في غرفة الإمداد وتُشغَّل المضخة، فيرتفع منسوب المياه في الخلية حتى يغمر معظم عمق البنية الرملية بمياه عذبة، ثم تُصرَّف حاملةً الملوحة الزائدة. «لا يتطلب هذا الغسيل أي تعديل على النظام أو معدات خاصة.»



ديسمبر 2011 تركيب الأجهزة والبطانة في كورنيش الفناتير.



الجهاز وأنبوب التوصيل قبل طبقة الرمل.

2.05	>80%	0.91 → <0.4
لتر/م²/يوم مقابل 20 في الموقع	توفير مُثبت مقابل هدف 50%	الملوحة بعد الغسيل بالنظام نفسه

السجل

استهلاك المياه على مدى 105 أيام من فرش العشب في 17 ديسمبر 2011.

قطعة حديقة كورنيش الجبيل	بخصم الغسيل	بخصم الغسيل والتعبئة
المياه المضافة، بالصهريج	22.5 م³	22.5 م³
المياه المضافة، بالمضخة	79.5 م³	79.5 م³
الإجمالي	102 م³	102 م³
المسحوب للغسيل	16 م³	16 م³
المستخدم لتعبئة البنية الرملية		38 م³
المياه المنسوبة إلى القطعة	86 م³	48 م³
الأيام · مساحة القطعة	105 أيام · 400 م²	105 أيام · 400 م²
لتر / م² / يوم	**2.05**	**1.14**

القراءات من السجل اليومي لعداد المياه لدى ساتكو، وتمتد حتى 17 مارس 2012. ويذكر تقرير المشروع المقدَّم إلى الهيئة الملكية في مارس 2012 أنه لم تُضف مياه أخرى قبل 1 أبريل 2012؛ وعلى هذا الأساس حُسبت الأرقام اليومية، بقسمة المياه المنسوبة إلى القطعة على 105 أيام و400 م². والتعبئة والغسيل عمليتان تُجريان مرة واحدة، وليستا استخدامًا مستمرًا. ورقم المقارنة لنظام الرشاشات المنبثقة القائم في الفناتير هو 20 لتر/م²/يوم؛ وتُذكر متوسطات القطاع للعشب وتنسيق المواقع في هذه المنطقة من العالم بين 12 و18 لتر/م²/يوم.

الملوحة والتجذير

التاريخ	القراءة	ملاحظة
28 ديسمبر 2011	0.91 على عمق 25 سم تقريبًا	أعلى من 0.1 إلى 0.4 الموصى بها للعشب؛ وأُضيف 7 م³ لغسل التربة
29 ديسمبر إلى 3 يناير	الغسيل	غُسل النظام في 29 ديسمبر و31 ديسمبر (مع إضافة 9 م³ أخرى) و3 يناير
4 يناير 2012	أقل من 0.4	اعتُمد بوصفه المستوى الأمثل الموصى به للعشب
21 فبراير 2012	جذور بعمق 20 سم على الأقل	تقدم جيد في الاخضرار والتجذير

نشاط التربة على الأعماق مقارنة بنظام رشاشات عادي، من ملخص التركيب الصادر عن الهيئة الملكية في ديسمبر 2011: على أعماق 10 و15 و25 سم، سجّل نظام إيبك 0.22 و0.33 و0.65 مقابل 0.04 و0.07 و0.06 لنظام الرشاشات.

من السجل أيضًا

النتيجة مقارنة بالهدف

«نُثبت في هذه المرحلة توفيرًا في المياه يزيد على 80% مقارنة بالاستخدام المعتاد للمياه في أنظمة الري التقليدية لهذا المناخ.»

تقرير المشروع المقدَّم إلى الهيئة الملكية، مارس 2012. وكان هدف العميل توفير 50%.

- **سبب وجود دورة راحة.** «من أسباب وجود دورة راحة بين مرات إضافة المياه في نظام إيبك إتاحة الفرصة للبنية الرملية لامتصاص الأكسجين مع جفافها وانفتاح المسام. وعند إضافة المياه دوريًا يُطرد ثاني أكسيد الكربون من البنية الرملية... وهذا التبادل المستمر للأكسجين وثاني أكسيد الكربون مفيد جدًا للنباتات وللبنية الرملية.»

  تقرير المشروع المقدَّم إلى الهيئة الملكية، مارس 2012

- **قاعدة التشغيل.** يسجّل التقرير أن شخصًا في الموقع أضاف سهوًا 1 م^3 من المياه في 25 ديسمبر لم تكن هناك حاجة إليه وما كان ينبغي إضافته، ويستند إلى ذلك في وضع قاعدة تشغيل تقضي بألا تُضاف المياه إلا بتوجيه من ممثلي إيبك في الموقع.
- **البقع البنية.** أظهر نمو العشب بعد شهرين بعض البقع البنية، وعزاها التقرير إلى رداءة العشب المورَّد للتركيب.



جذور جديدة تمتد في البنية الرملية.



عيّنة جذور مرفوعة من القطعة بعد شهرين.



قراءات التوصيل الكهربائي ونشاط التربة المأخوذة في الموقع.



القطعة تزداد اخضرارًا مع دفء الطقس.

المصادر تقرير المشروع المقدَّم إلى الهيئة الملكية للجبيل وينبع، مارس 2012، مع السجل اليومي لعداد المياه لدى ساتكو (العقد رقم S24-951)؛ ملخص التركيب الصادر عن الهيئة الملكية، ديسمبر 2011.



دراسة حالة من إيبك

حديقة السلامات

بلدية العين · العين، الإمارات العربية المتحدة · 2012

تسعة عشر أسبوعًا من التفتيش البلدي المستقل خلال صيف العين، جنبًا إلى جنب مع نظام الري التابع للبلدية، بما في ذلك نوبة إجهاد في منتصف الموسم والتعافي منها.

19	45°C	96%
أسبوعًا من التفتيش البلدي المستقل	**أعلى متوسط** لدرجة الحرارة المسجَّلة	**تعافي النمو** بتقييم الأسبوع 19

مستوى الدليل

مُراقَب · تفتيش بلدي أسبوعي مستقل · سجل مصوَّر مؤرَّخ · قراءات عدادات أسبوعية للنصفين

حديقة السلامات، العين، أغسطس 2012، في أواخر فترة الرصد.

سجل المشروع

جهة الرصد	بلدية العين
الموقع	حديقة السلامات، العين، الإمارات العربية المتحدة
فترة الرصد	من 23 أبريل 2012 إلى 27 أغسطس 2012، الأسابيع من W1 إلى W19
التهيئة	مسطح عشبي في حديقة السلامات مقسوم بين نظام الري التقليدي التابع للبلدية ونظام الري تحت السطحي من إيبك، ويُفتَّش النصفان جنبًا إلى جنب
ما يُسجَّل أسبوعيًا	قراءة عداد بلدية العين، وقراءة عداد شركة إيبك جرين (EPIC Green Co.)، ومتوسط درجة الحرارة، وملاحظات مكتوبة عن حالة النباتات ورطوبة التربة
درجات الحرارة المسجَّلة	35°C في أبريل، ارتفاعًا إلى 45°C في مايو، ومن 40 إلى 43°C خلال الصيف، و39°C عند التفتيش الأخير

إطار التجربة

فتّشت بلدية العين نصفي المسطح نفسه كل أسبوع، على نماذجها الخاصة وباللغة العربية، ودوّنت ما شاهدته.

جرت التجربة خلال أشد فترات صيف العين، إذ بلغ متوسط درجات الحرارة المسجَّلة 45°C، وشملت نوبة إجهاد في منتصف الموسم على جانب إيبك وثّقتها البلدية أسبوعًا بأسبوع.

وتُعرض هذه النوبة والتعافي منها أسبوعًا بأسبوع في الصفحات التالية.

آلية الرصد

تسع عشرة عملية تفتيش أسبوعية بين 23 أبريل و27 أغسطس 2012. ثلاث عشرة منها تتضمن قراءات للعدادات؛ أما ستة أسابيع (3 و4 و8 و14 و17 و18) فسُجِّل فيها «لا يوجد»، مع الإشارة في الأسبوع 18 إلى عطلة العيد.

تتضمن كل مدخلة قراءة عداد البلدية، وقراءة عداد إيبك، ومتوسط درجة الحرارة، وملاحظات حرة باللغة العربية عن حالة النباتات ووجود الحشائش الضارة ورطوبة التربة، إضافة إلى مجموعة صور مؤرَّخة لنصفي المسطح.

وترد ملاحظات البلدية في الصفحة التالية، بما فيها انتقاداتها وسؤالها الوحيد في الأسبوع 12.



في بداية فترة الرصد: النصفان بحالة جيدة.



منتصف يونيو: نوبة الإجهاد التي سجّلتها البلدية منذ الأسبوع 9.

19	45°C	96%
أسبوعًا من التفتيش البلدي المستقل	أعلى متوسط لدرجة الحرارة المسجَّلة	تعافي النمو بتقييم الأسبوع 19

ملاحظات البلدية كما دُوِّنت

الملاحظات بنصّها الوارد في جدول الرصد الأسبوعي لبلدية العين، 2012.

الأسبوع	التاريخ	متوسط الحرارة	الملاحظة المدوّنة
W1	23 أبريل	35°C	المسطح من الجهة الخاصة للشركة يعاني من شحوب في اللون.
W2	30 أبريل	35°C	نفس الملاحظة السابقة. أُخذت القراءة بعد عملية قص المسطح.
W5	22 مايو	45°C	لا توجد أي أعشاب ضارة في موقع التجربتين. الجزء المتأثر في قسم شركة إيبك هو المناطق التي بها ترقيع للمسطح. بعض الأطراف جافة في كلا الموقعين.
W7	4 يونيو	43°C	ظهور أعشاب طفيلية في موقع البلدية، بينما هي قليلة أو شبه معدومة في قسم الشركة. جفاف الحواف في تجربة الشركة.
W8	11 يونيو		قص المسطح الأخضر ضمن أعمال الصيانة الدورية.
W9	19 يونيو	40°C	ظهور الجفاف الشديد على القسم الخاص بالشركة. ستبدأ عملية مراقبة (معدل نمو المسطح بعد القص).
W10	25 يونيو	40°C	بدأ القسم الجاف الخاص بالشركة باستعادة النمو تدريجيًا بشكل بطيء جدًا، كما تمت ملاحظة نمو للمسطح الأخضر بشكل طفيف في بعض المناطق الجافة.
W11	2 يوليو	40°C	معدل نمو العشب في نظام الري تحت السطحي لا يزال ضعيفًا.
W12	9 يوليو	40°C	بدأ المسطح الأخضر في الجزء الخاص بالشركة باستعادة النمو الطبيعي بنسبة 80% بناءً على الملاحظة. وجود النباتات الطفيلية في الجزء الخاص بالبلدية بينما هي معدومة في الجزء الخاص بالشركة. «للتأكد من الشركة عن التسميد؟»
W13	16 يوليو	42°C	استعاد المسطح الأخضر نموه الطبيعي، ولكن يظل شحوب اللون واضحًا بدرجة بسيطة.
W15	30 يوليو	43°C	وجود ذبول في المسطح الأخضر في جزء الري تحت السطحي.
W16	6 أغسطس	41°C	استعادة المسطح للونه الطبيعي بشكل تدريجي، وتتم ملاحظة الخط الفاصل بين الري تحت السطحي وري البلدية.
W19	27 أغسطس	39°C	وجود نباتات طفيلية في الجزء الخاص بالري العادي من نوع (Euphorbia sp.). استعاد المسطح الأخضر نموه الطبيعي بنسبة 96%، وذلك لعدم اكتمال النمو عند الحواف في الجزء الخاص بشركة إيبك، واللون لا يزال شاحبًا. احتمال وجود بعض يرقات الحفار (العاقور) في الجزء الخاص بالري التقليدي. لم يتم قص المسطح الأخضر حتى تاريخ المعاينة.

قراءات العدادات كما سُجِّلت

الأسبوع	التاريخ	بلدية العين (م³)	قراءة شركة إيبك جرين
W1	23 أبريل 2012	000047	0014581
W2	30 أبريل 2012	000053	0019888
W5	22 مايو 2012	000072	00249729
W6	29 مايو 2012	000079	00249994
W7	4 يونيو 2012	000085	00250002
W9	19 يونيو 2012	000099	00279369
W10	25 يونيو 2012	000105	00336237
W11	2 يوليو 2012	000112	00359782
W12	9 يوليو 2012	000119	00360372
W13	16 يوليو 2012	000126	00380513
W15	30 يوليو 2012	000140	0041981
W16	6 أغسطس 2012	000147	0044147
W19	27 أغسطس 2012	000163	00496488

القراءات كما أُدخلت في جدول الرصد الأسبوعي لبلدية العين. عمود البلدية بالمتر المكعب، أما عمود إيبك فلا يحمل وحدة. وأُدخلت قراءات إيبك للأسابيع 1 و2 و15 و16 بسبع خانات، والبقية بثماني خانات. ولا تحمل الأسابيع 3 و4 و8 و14 و17 و18 أي قراءات (الأسبوع 18 عطلة العيد). ولم تُذكر المساحة المروية، لذا لا يُحسب أي توفير من هذه القراءات.

ما يُظهره السجل المصوَّر

- **من أبريل إلى مايو.** النصفان أخضران وبحالة جيدة، مع الإشارة إلى أن جانب إيبك أكثر شحوبًا.
- **من منتصف يونيو إلى أوائل يوليو.** تحوّل واسع إلى اللون البني على جانب إيبك، عند متوسط درجات حرارة مسجَّلة من 40 إلى 43°C. وهذه نوبة الإجهاد التي تتبّعتها البلدية منذ الأسبوع 9.
- **من أواخر يوليو إلى أغسطس.** تعافٍ تدريجي بلغ 96% من النمو الطبيعي وفق تقييم البلدية بحلول 27 أغسطس، مع وصف اللون بأنه لا يزال شاحبًا والأطراف بأنها غير مكتملة.
- **الحشائش.** في ثلاثة أسابيع منفصلة تسجّل البلدية حشائش متطفلة في نصفها المروي بالطريقة التقليدية، وقليلًا منها أو لا شيء في نصف إيبك، وتحددها في الأسبوع 19 بأنها (*Euphorbia* sp.). وفي الأسبوع 5 تسجّل عدم وجود حشائش ضارة في أي من الموقعين.

جدول الرصد، الأسابيع 5 و7 و12 و19

السجل بالصور

المسطح خلال فترة الرصد، من ذروة فترة الجفاف إلى الختام في 27 أغسطس 2012.



فترة الجفاف في ذروتها.



بداية التعافي.



أغسطس: عودة النمو في أنحاء المسطح.



المسطح عند ختام فترة الرصد.

المصادر جدول الرصد الأسبوعي لبلدية العين لتجربة حديقة السلامات، من 23 أبريل إلى 27 أغسطس 2012، باللغة العربية؛ سجل مصوَّر مؤرَّخ للحديقة، من 24 أبريل إلى 27 أغسطس 2012؛ صور التركيب وما بعده.



دراسة حالة من إيبك

ويستسايد بارك

مكتب الهندسة في مدينة لوس أنجلوس · المقترح O (Proposition O) · لوس أنجلوس، كاليفورنيا

حديقة عامة في المدينة صُمِّمت لتروي نفسها من مصرف مياه الأمطار الذي يمر تحتها، ولتعيد ما لا تستخدمه إلى القناة أنظف بكثير.

3,700	$2.9m	2
إيكر من مساحة التجميع مستهدفة	**المقترح O** مشروع بلدي	**إيكر من أنابيب إيبك** في بنية رملية

مستوى الدليل

مُقاس جزئيًا · مشروع بلدي بقيمة 2.9 مليون دولار أمريكي · تحاليل مخبرية للمياه والتربة

أجهزة إيبك ممدودة على بطانة EPDM عبر مصاطب الطبقة السفلية المسوّاة بالليزر، ويستسايد بارك (Westside Park)، لوس أنجلوس.

سجل المشروع

العميل	مكتب الهندسة في مدينة لوس أنجلوس؛ مدير المشروع أحمد افتخار (Ahmed Iftekhar)
التمويل	المقترح 2.9 · O مليون دولار أمريكي
مساحة التجميع المستهدفة	الجريان السطحي من 3,700 إيكر من الأراضي المجاورة لجادة ساوث فيرفاكس (South Fairfax Avenue)
المياه المستقبِلة	جدول بالونا (Ballona Creek) وخليج سانتا مونيكا
النظام	شبكة من أنابيب الري تحت السطحي من إيبك على مساحة إيكرين، ضمن بنية رملية
البنية	13 بوصة من الرمل فوق طبقة حصى بسماكة 2 بوصة؛ إجمالي بنية إيبك 15 بوصة
التهيئة	15 قسمًا بطول خطي من 300 إلى 500 قدم على مصاطب مسوّاة بالليزر، لكل منها مدخل واحد ومخرج واحد
التدفق	طلب قدره 12 جالون أمريكي/دقيقة لكل إيكر؛ ومن 1 إلى 2 جالون أمريكي/دقيقة لكل مدخل
الإنجاز	المرحلة الثالثة حتى منتصف أكتوبر 2010؛ الافتتاح مقرر في فبراير 2011؛ الإنجاز في يوليو 2011

التحدي

في 7 يوليو 2010 صنّف مدير وكالة حماية البيئة الأمريكية نهر لوس أنجلوس بكامله «مجرى مائيًا ملاحيًا تقليديًا»، فعزّز التنظيم البيئي للنهر وروافده وأراضيه الرطبة في حوضه. وبات على المطورين والشركات على امتداد النهر البالغ طوله 82 كم والمبطَّن بالإسمنت في معظمه، وعلى من يؤثرون في المياه عبر حوض مساحته 216,000 هكتار، مراعاة الامتثال لقانون المياه النظيفة.

تتدفق يوميًا ستة وعشرون مليون جالون أمريكي من المياه إلى المحيط الهادئ من قنوات تصريف مثل القناة الواقعة تحت ويستسايد بارك.

«في سنة الجفاف، سيخفض استخدام مياه الأمطار في الري استهلاك مياه الشرب في المنطقة كثيرًا، ويقلّص نفقاتنا بدرجة كبيرة.» وينغ تام (Wing Tam)، برنامج مياه الأمطار في مدينة لوس أنجلوس.

ما نفّذته إيبك

تمر قناة التصريف تحت الحديقة. يُعترض التدفق ويُحوَّل جزء منه إلى محطة رفع بالضخ تغذي نظام إيبك. والمشروع تعديل لمنشأة قائمة: تستمر وظيفة التصريف المعتادة كلما تجاوز تدفق القناة طلب الحديقة على مياه الري.

تُصفّى المياه من النفايات الطافية والرواسب الثقيلة، ثم تُوصَل إلى أنابيب إيبك في بنيتها الرملية، فتغذي نباتات الحديقة بامتصاص الجذور. والنظام غير مضغوط ويعمل بالجاذبية، ومقسَّم إلى مصاطب سفلية مسوّاة بالليزر تلائم ميل سطح الحديقة القائم.

تستقر الأجهزة على بطانة فايرستون من مادة EPDM، وجميع جوانبها مطوية إلى الأعلى لحبس المياه في خلايا. وتصل الرطوبة إلى السطح النهائي بتأثير الخاصية الشعرية بين الطبقات السفلية المستوية ونمط تدفقها المتعرّج، من المدخل إلى المخرج ومن المنسوب الأعلى إلى الأدنى.

تُخزَّن مياه الأمطار المُرشَّحة الزائدة في غرف تحت الأرض. ووفق التصميم، عندما تمتلئ فإن الفائض «يُصرَّف نحو جدول جاف ثم يعود إلى مصرف مياه الأمطار أنظف بكثير». وأُبقيت شجرة قائمة في مكانها، ودُفنت كتلة جذورها حتى منسوب السطح النهائي، وتُروى بالحركة الشعرية صعودًا فوق الجدار الجانبي للبطانة.



قناة التصريف أثناء التدفق: مصدر ري الحديقة.



تركيب محطة الرفع بالضخ.

3,700	$2.9m	2
إيكر من مساحة التجميع مستهدفة	المقترح 0 مشروع بلدي	إيكر من أنابيب إيبك في بنية رملية

السجل

أُخذت عينات من التربة والمياه في 24 أغسطس 2011، وحلّلتها مختبرات والاس (Wallace Laboratories) في إل سيغوندو.

المياه، ملغم/كجم (ppm)	المدخل	المخرج
الألومنيوم	10.72	< 0.05
الحديد	19.29	2.58
السيليكون	15.22	5.35
الباريوم	1.60	0.26
التيتانيوم	1.51	0.08
الفاناديوم	0.83	0.18
الزنك	1.55	0.74
الرصاص	0.27	< 0.08
الفوسفور	36.45	2,376.40

عينتا المختبر 11-237F-01 (المخرج) و11-237F-02 (المدخل). وهما عينتان لحظيتان مرجعيتان، وليستا مقياسًا لكفاءة المعالجة في إيبك. ويذكر تقرير الموقع الصادر عن إيبك في سبتمبر 2011: «لا ينبغي تفسير هذه العينة على أنها نتائج المعالجة في حقل إيبك… فالمياه الواردة لا تدخل منطقة الترشيح الحيوي في البنية الرملية»، ويقول عن نتيجة الفوسفور: «القراءة الواحدة ليست نمطًا». ويشير المختبر إلى أن مستويات الألومنيوم والباريوم والحديد والسيليكون في المخرج أدنى بكثير منها في المدخل لأن العكارة أقل؛ غير أن الفوسفور أعلى بكثير في المخرج.

التربة، ونتيجة التشغيل

المقياس	القيمة	ملاحظة
درجة حموضة التربة (pH)	7.77	قلوية معتدلة
الملوحة، ECe	0.73 مليموز/سم	منخفضة
القوام التقديري	رمل	المادة العضوية منخفضة؛ الترشيح النسبي مقبول/جيد
عمق الجذور بعد شهرين	من 4 إلى 5 بوصات	من عينات لبّية
عمق الجذور في بنية تعمل بدورات صحيحة	أكثر من 10 بوصات	تتعمق الجذور بحثًا عن الرطوبة قرب الطبقة المشبعة

قيم التربة من تقرير التربة الصادر عن مختبرات والاس في 26 أغسطس 2011؛ وأعماق الجذور من تقرير الموقع الصادر عن إيبك في سبتمبر 2011. تشخيص التقرير: التشغيل المستمر لمحطة الرفع بالضخ لم يترك للبنية فترة راحة تتنفس فيها وتتبادل الغازات الجوية، فنتجت رطوبة وفيرة لا تشجع نمو الجذور في العمق. التوصية: ضبط دورة تشغيل الري بالضخ على دورة مدتها 36 ساعة مرة واحدة أسبوعيًا.

من السجل أيضًا

- **استنتاجا تقرير سبتمبر 2011.** «1. لا يوجد ما يمنع استخدام مياه الأمطار في قناة التصريف مياهًا للري. 2. المغذيات الموجودة في مياه الأمطار لا تكفي لتلبية احتياجات إنشاء عشب نضر وصحي في الحديقة، ويلزم تسميد تكميلي.»
  تقرير موقع إيبك، ويستساید بارك، سبتمبر 2011

- **لا توجد طبقة سدادة سوداء.** كشف مقطع في عينة من البنية الرملية عن طبقة قش عند السطح، دون أي مؤشر على طبقة السدادة السوداء (Black Plug Layer) اللاهوائية.
  التقرير نفسه

- **ما وُجد في زيارة الموقع في أغسطس 2011.** صُحِّحت خلال الزيارة جميع مداخل إيبك المصمَّمة خصيصًا التي وُجد ضبطها غير صحيح. وبقيت فتحة الصرف «M» توصيةً بوضع ملصق عليها والتحقق منها. وظهرت في القسم «D» آثار تجمّع سابق للمياه على السطح.
  التقرير نفسه

- **الملوثات مغذيات.** تنسب دراسة النهر لعام 2000 النترات والنتريت والأمونيا والفوسفات الكلي إلى محطات استصلاح المياه الثلاث (72% من حجم مياه النهر خلال تلك الدراسة)، والبكتيريا، ومنها القولونيات الكلية والإشريكية القولونية والمكورات المعوية، إلى مصارف مياه الأمطار والروافد الجارية. وفي نظام تحت سطحي «ليست كل هذه الملوثات سوى مغذيات يمكن استخدامها في نمو النباتات... دون أي تعرّض أو مخاوف على الصحة العامة».
  دراسة حالة الاستدامة من إيبك، ويستساید بارك

- **ما تذكره إيبك عن الكفاءة في عرض المشروع.** «إيبك ري بكفاءة 100%، يستخدم مياهًا أقل بنسبة تتراوح بين 60 و80% من أنظمة الرش المضغوطة وأنظمة التنقيط.» وهذا رقم إيبك العام للنظام، وليس قياسًا في ويستساید بارك.
  عرض دراسة ويستساید بارك

- **المجتمع.** «المشاريع متعددة المنافع مثل هذا المشروع هي ما يجعل مجتمعاتنا أفضل.»
  سينثيا رويز (Cynthia Ruiz)، رئيسة مجلس الأشغال العامة



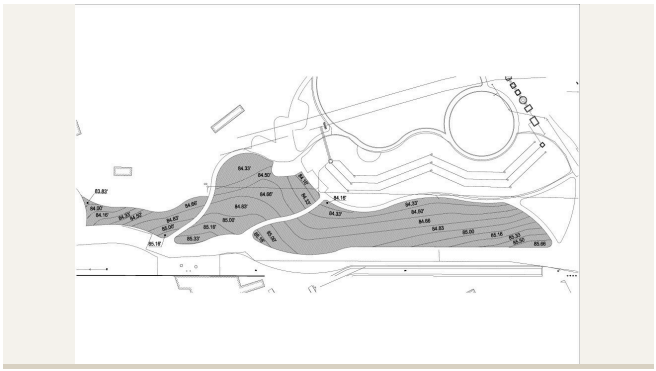
مصاطب مسوّاة بالليزر، والبطانة مطوية إلى الأعلى لحبس المياه في خلايا.



شجرة قائمة أُبقيت في مكانها، وبُني النظام حولها.



ردم الرمل فوق الأجهزة: 13 بوصة من الرمل على 2 بوصة من الحصى.



مخطط الحديقة: مناطق إيبك مظلَّلة، مع بيان منسوب كل مصطبة.

المصادر دراسة حالة الاستدامة وعرض المشروع من إيبك لويستساید بارك؛ تقرير موقع إيبك، سبتمبر 2011؛ تحليل التربة والمياه وتوصية إضافة المغذيات من مختبرات والاس، أغسطس 2011؛ دليل الصيانة من إيبك لويستساید بارك.

CS-09

التعليم · عشب الملاعب الرياضية · جمع مياه الأمطار



دراسة حالة من إيبك

مدرسة كامبريا الابتدائية

ساحل كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية · حديقة وملعب مستقلّان مائيًا

مدرسة على منحدر ساحلي شديد لا تتوفر لها مياه بلدية للري، وخزان سعته 2,200,000 جالون أمريكي أُنشئ تحت ملعب كرة القدم.

130,000	2,200,000	صفر
قدم² من عشب إيبك	جالون أمريكي سعة الخزان	مصادر مياه عذبة للري
على مساحة 12 إيكر	40 أنبوبًا × 380 قدم، تحت الملعب	مطلوبة

مستوى الدليل

موثَّق · نطاق التصميم وسعة التخزين وسجل مصوَّر على مدى عام

أراضي المدرسة وملاعبها بعد الإنجاز، مدرسة كامبريا الابتدائية (Cambria Elementary School)، كامبريا، كاليفورنيا.

سجل المشروع

الموقع	كامبريا (Cambria)، ساحل كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية
الحرم المدرسي	12 إيكر
عشب إيبك	130,000 قدم² موزعة على ست مناطق استراتيجية
الملاعب	ملعب مجتمعي لكرة القدم مساحته 85,000 قدم²، إضافة إلى الملاعب الرياضية للمدرسة
الخزان	40 أنبوبًا بطول 380 قدم تحت ملعب كرة القدم، بسعة إجمالية تبلغ 2,200,000 جالون أمريكي
التجميع	الحرم المدرسي بأكمله، بما فيه الملاعب، مصمَّم لجمع كل مياه الأمطار المتاحة والجريان السطحي من الأسطح الصلبة
التغذية في الصيف	مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة المعالجة البلدية
طريقة التركيب	ردم عالي السرعة بنظام النقل Brundage

التحدي

تقع مدرسة كامبريا الابتدائية على المنحدرات الشديدة لساحل كاليفورنيا، حيث لا تتوفر مياه بلدية للري.

ولم تتمكن مدينة كامبريا من توفير كمية المياه ولا ضغط المياه اللازمين لري الملاعب الرياضية بنظام رشاشات تقليدي.

واحتاجت المدرسة إلى وسيلة تستفيد بها من موسم أمطار قصير، فتخزّن مياه أشهر الشتاء الممطرة لإعادة استخدامها في الصيف الجاف، دون الإضرار بمنطقة ساحلية حساسة بيئيًا. وكانت لمعالجة مياه الأمطار ولكفاءة الري كلتيهما أولوية قصوى.

ما نفّذته إيبك

يغطي عشب إيبك 130,000 قدم² في ست مناطق استراتيجية من الحرم المدرسي البالغ 12 إيكر، تشمل ملعبًا مجتمعيًا لكرة القدم مساحته 85,000 قدم²، وملاعب المدرسة الرياضية ومناطق أخرى من الحديقة.

صُمِّم الحرم المدرسي بأكمله، بملاعبه، لجمع كل مياه الأمطار المتاحة والجريان السطحي من الأسطح الصلبة. وتحت ملعب إيبك لكرة القدم خزان من 40 أنبوبًا بطول 380 قدم، سعته الإجمالية 2,200,000 جالون أمريكي. ويمنع الخزان الأنبوبي الطحالب والتبخر معًا.

وتمنح سعة التخزين المدرسةَ مصدرًا مجانيًا لمياه الري طوال أشهر الصيف الجافة، ويُغذّى النظام خلالها أيضًا بمياه الصرف الصحي المعالجة من محطة المعالجة البلدية. وبذلك تنتفي الحاجة إلى مصدر مياه عذبة للري تمامًا.

ولأن التصميم يحدّ أيضًا من الجريان السطحي، حصلت المدرسة على مساحات خضراء متعددة الوظائف في بيئة ساحلية حساسة كان ذلك متعذرًا فيها لولاه.



تركيب الأجهزة عبر الملعب، ونظام النقل Brundage يملأ أحواض إيبك.



أنابيب الخزان الواقع تحت الملعب، ويظهر شخص للمقارنة بالحجم.

130,000	2,200,000	صفر
قدم² من عشب إيبك على مساحة 12 إيكر	جالون أمريكي سعة الخزان تحت الملعب	مصادر مياه عذبة للري مطلوبة

السجل

يوثّق هذا المشروعَ نطاقُه وسعةُ خزانه وسجلٌّ مصوَّر يمتد حتى عام بعد الإنجاز.

كما نُفِّذ	
مساحة الحرم المدرسي	12 إيكر
عشب إيبك المركَّب	130,000 قدم² في ست مناطق
ملعب كرة القدم المجتمعي	85,000 قدم²
الخزان تحت الملعب	40 أنبوبًا × 380 قدم
السعة الإجمالية للخزان	2,200,000 جالون أمريكي
مصدر المياه العذبة المطلوب للري	لا يوجد



الحرم المدرسي البالغة مساحته 12 إيكر أثناء الإنشاء.



التركيب المكتمل بعد أسبوعين من فرش العشب الجاهز على جزء الملاعب الرياضية من الموقع.

من السجل أيضًا

- **لماذا الخزان أنبوبي وليس مكشوفًا.** «يمنع هذا النظام أي نمو للطحالب وأي تبخر.»
  سجل المشروع، مدرسة كامبريا الابتدائية
- **النتيجة المعلنة.** «توفّر سعة التخزين في نظام إيبك للمدرسة مصدرًا مجانيًا لمياه الري خلال أشهر الصيف الجافة، فتلغي تمامًا الحاجة إلى مصدر مياه عذبة للري.»
  ملخص مشروع إيبك، مدرسة كامبريا الابتدائية
- **المسوّغ البيئي.** «صمّمت إيبك ونفّذت مساحات خضراء متعددة الوظائف تعالج مشكلات الجريان السطحي وتحافظ على المياه في المنطقة الساحلية الحساسة بيئيًا.»
  ملخص مشروع إيبك، مدرسة كامبريا الابتدائية
- **السجل المصوَّر.** يمتد سجل المشروع المؤلف من 14 صفحة من أعمال الحفر الأولية ومخططات التصميم، مرورًا بتركيب الأجهزة والردم بالناقل وإنشاء الخزان وفرش العشب الجاهز، وصولًا إلى صفحة عنوانها «بعد عام واحد».
  سجل المشروع، مدرسة كامبريا الابتدائية



وضع مواد الردم في الأجهزة بجوار أحد مباني المدرسة.



قطعة من العشب الجاهز مرفوعة باليد عند حافة الملعب، تظهر جذورها.



شريط عشب مكتمل بين الضفة المزروعة وملاعب اللعب.



بعد عام واحد.

المصادر ملخص مشروع إيبك في صفحة واحدة لمدرسة كامبريا الابتدائية؛ سجل المشروع المؤلف من 14 صفحة مع سجله المصوَّر من أعمال الحفر حتى عام بعد الإنجاز؛ عرض دراسة الحالة من إيبك لمدرسة كامبريا الابتدائية.



دراسة حالة من إيبك

وايلدوود كومنز

شركة وايت هورس للتطوير · مدينة ويليرني، مينيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية · 2006

أول مشروع في منطقة العاصمة بولاية مينيسوتا ذات المقاطعات السبع يعتمد على ممارسة إدارية مثلى واحدة لإدارة مياه الأمطار في موقع كامل، على قطعة أرض ملوثة داخل النسيج العمراني بجوار أرض رطبة.

56%
خفض الجريان السطحي في الموقع
من 16 يونيو إلى 24 سبتمبر 2007

85%
خفض حمل الفوسفور
من 11 أغسطس إلى 20 سبتمبر

الأول
موقع يعتمد على BMP واحدة
في منطقة العاصمة بمينيسوتا (7 مقاطعات)

مستوى الدليل
مُقاس · القيم المحتملة المُنمذَجة مقابل الفعلية للتدفق الخارج والجريان السطحي والفوسفور · الهندسة والترخيص من RESI

شريط إيبك الأخضر بعد الإنجاز، وايلدوود كومنز (Wildwood Commons)، ويليرني، مينيسوتا.

سجل المشروع

المطوِّر	شركة وايت هورس للتطوير (WhiteHorse Development Corporation)؛ السيد تيم جاور (Tim Jawor)، الرئيس
الموقع	تقاطع جادة ماكغريغور (McGregor Avenue) مع طريق ستيلووتر (Stillwater Road) (وايلدوود / CSAH 12)، مدينة ويليرني (Willernie)، مينيسوتا
التطوير	مبنيان من المنازل المتلاصقة (تاون هاوس)، تسع وحدات إجمالًا؛ شُيِّدا في 2006
قطعة الأرض	قطعة أرض صغيرة شاغرة مساحتها 30,000 قدم²، كانت سابقًا محطة وقود وورشة لإصلاح المحركات. عنوان مخطط الموقع: «¾ إيكر، 80% غير منفذة، أراضٍ رطبة مجاورة»
الجهات المختصة	مدينة ويليرني، ومهندس مدينة ويليرني السيد ليس ماتيفي (Les Mateffy)، ومنطقة حوض رايس كريك (Rice Creek Watershed District)، ومقاطعة واشنطن، ووكالة مينيسوتا لمكافحة التلوث (MPCA)
المياه المستقبِلة	يتجه التصريف نحو بحيرة وايت بير (White Bear Lake)، مينيسوتا
الهندسة	«ثم تولّت RESI هندسة المشروع وإدارة إجراءات الموافقة.» ورقة فنية من إعداد ويليام ماكولي (William McCully)، مهندس محترف (PE)، من RESI، مهندس المشروع

التحدي

مشروع تطوير داخل النسيج العمراني على قطعة أرض شاغرة، على الحد بين مدينتين، في حوض مائي حساس فيه بحيرة ترفيهية يقصدها كثيرون. واجه المشروع معارضة كبيرة، تركّزت على الكيفية التي سيحدّ بها المطوِّر من آثار مياه الأمطار ويتجنب الأرض الرطبة المجاورة.

وكانت أرض رطبة كبيرة تلتف بإحكام حول الركن الشمالي الشرقي للعقار. وكانت هناك مخاوف بيئية معقولة من أنه إذا كان الموقع ملوثًا، فإن ممارسات التسريب إلى التربة ستزيد الأمر سوءًا بحمل الملوثات إلى المسطحات المائية في الأرض الرطبة المجاورة.

وقد عُثر فعلًا على تلوث أثناء الأعمال، وعولج رسميًا على يد شركة تيترا تك (TetraTech, Inc.) بالتعاون مع MPCA.

وكان المشروع دون حد الإيكر الواحد الذي تشترط عنده منطقة حوض رايس كريك تصريحًا لمياه الأمطار. ومع ذلك اختار المطوِّر استيفاء المعيار.

ما نفّذته إيبك

نظام واحد لإدارة مياه الأمطار لكل الجريان السطحي في الموقع. رُكِّب نظام إيبك في جميع المساحات الخضراء بالموقع، فوفّر ترشيحًا حيويًا ورمليًا فوريًا، وجمع الجريان السطحي للموقع لاستخدامه في الري.

تُرشَّح بالرمل وتُعالَج مياه الأمطار القادمة من الأسطح والطرق غير المنفذة والممرات الخلفية. ويُصرَّف الفائض من مياه الأمطار المُرشَّحة في خط PVC لمياه الأمطار قطره 4 بوصات إلى بالوعة قائمة في الشارع، عبر خطين يدخلان من شمال المباني وجنوبها.

والري يعمل بالجاذبية. لا يتضمن التصميم أي مضخات؛ فلا حاجة إلى تجهيز للشتاء أو للصيف، ولا أجزاء متحركة قد تتعطل أو تتجمد. وعند منسوب المياه المعتاد، يستطيع النظام أن يمدّ النباتات فوقه بمياه ري تكفي حتى ثلاثة أسابيع، تصل إلى الجذور بالخاصية الشعرية.

تمنع بطانة EPDM هنا التسرب إلى التربة بحكم التصميم، وهذا المقصود في موقع معالَج: يعزل النظام التربة المعالَجة ضد مزيد من الرشح أو حركة أعمدة التلوث نحو الأراضي الرطبة أو المياه الجوفية.



الأجهزة وأنابيب التوصيل على بطانة EPDM، ملاصقة للمبنى.



الرمل فوق الأجهزة: المساحة الخضراء هي نظام مياه الأمطار.

56%	85%	الأول
خفض الجريان السطحي في الموقع	خفض حمل الفوسفور	موقع يعتمد على BMP واحدة في منطقة العاصمة بمينيسوتا (7 مقاطعات)

السجل

أداء الموقع من الورقة الفنية لمهندس المشروع. يقارن الجدولان كلاهما خط أساس *محتملًا* مُنمذَجًا بالتدفق الخارج *الفعلي* من نظام إيبك.

خفض الجريان السطحي في الموقع	الهطول	الجريان المحتمل	التدفق الخارج الفعلي من إيبك	نسبة الخفض
من 16 يونيو إلى 24 سبتمبر 2007	13.55 بوصة	32,181 قدم³	14,172 قدم³	56%

الجريان المحتمل هو الجريان السطحي المُنمذَج لوايلدوود كومنز؛ والتدفق الخارج الفعلي هو التدفق الخارج من نظام إيبك خلال الفترة نفسها. ونسبة الخفض محسوبة من الحجمين.

خفض الفوسفور الكلي (TP)

الفترة	حمل TP المحتمل	حمل TP الخارج من نظام إيبك	نسبة الخفض
من 11 أغسطس إلى 20 سبتمبر	0.2 رطل	0.019 رطل	85%

نسبة الخفض الإجمالية كما وردت في ورقة المهندس. وبالحساب من الحملين المقرَّبين المعروضين، تبلغ نسبة الخفض 90.5%.



22 مايو 2006 موقع البناء داخل النسيج العمراني أثناء الإنشاء.



شريط إيبك الأخضر المكتمل على امتداد حافة الممر.

من السجل أيضًا

- **الأول في المنطقة.** «هذا أول مشروع في منطقة العاصمة بمينيسوتا ذات 7 مقاطعات يعتمد اعتمادًا كاملًا على ممارسة إدارية مثلى (BMP) واحدة في نظام إدارة مياه الأمطار للموقع بأكمله.»
  الورقة الفنية، ويليام ماكولي، مهندس محترف، RESI

- **اعتماد تنظيمي.** «إن فهم مهندس المدينة، السيد ليس ماتيفي، لنظام إيبك™ فهمًا شاملًا وموافقته عليه كانا بمثابة اعتماد لنظام إيبك™ في مدينة ويليرني. وبموافقتهم، جرى تجاوز جميع المسائل الأخرى مع MPCA ومنطقة واشنطن لصون التربة والمياه وRCWD.»
  الورقة نفسها

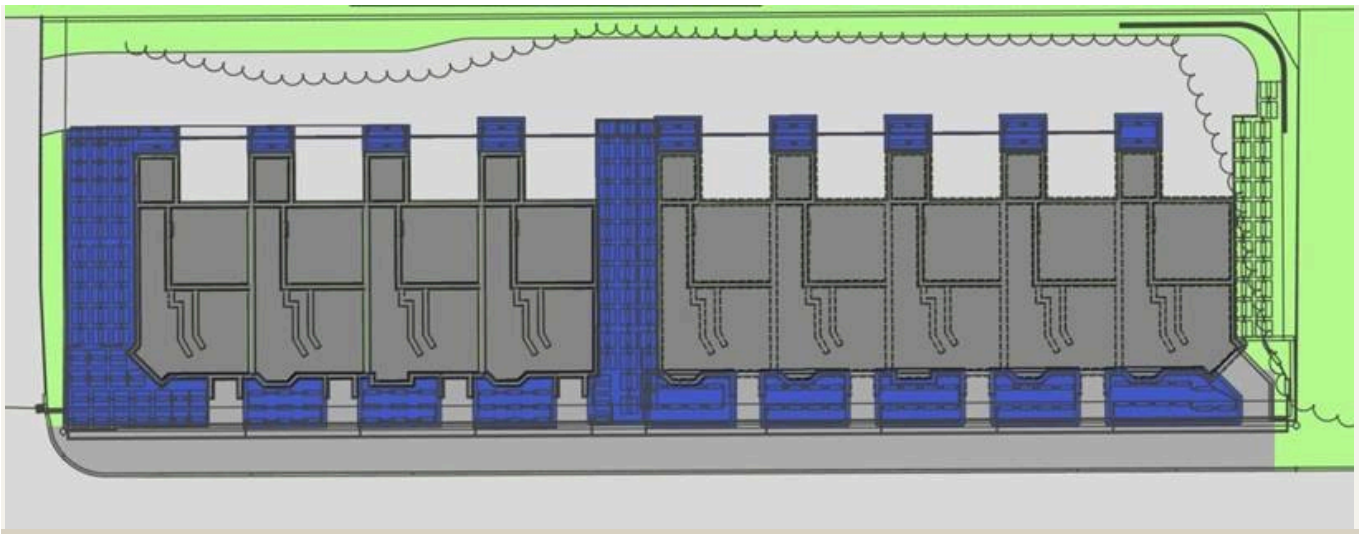
- **عدم توفير بيئة للبعوض، كهدف تصميمي.** كان من الأهداف المعلنة للمطوِّر: «إتاحة إدارة فعالة لمياه الأمطار دون إيجاد بيئة لتكاثر البعوض.»
  الورقة نفسها

- **أصل التقنية.** حصل جوناس سيبايلا (Jonas Sipaila) في 1999 على براءة اختراع لأول أنبوب مصمَّم خصيصًا للتلامس مع الرمل، يجمع بين الري تحت السطحي والصرف تحت السطحي والحركة الشعرية عبر الرمل. وكانت الأنظمة تحت السطحية الأخرى تعاني دائمًا مشكلات الانسداد؛ وقد قضى هذا الاختراع عليها.
  الورقة نفسها

- **مياه الري، بوجه عام.** تذكر الورقة أن النظام «يوفّر للمستخدم النهائي ما بين 50 و85% مقارنة باستهلاك مياه الري الحالي». وهذه عبارة عامة عن نظام إيبك، وليست قياسًا في وايلدوود كومنز.
  الورقة نفسها



نباتات مزروعة فوق النظام في حوض مرتفع بجوار مبنى من الطوب.



مخطط الموقع: نظام إيبك، باللون الأزرق، في المساحات الخضراء حول مبنيي المنازل المتلاصقة.

المصادر الورقة الفنية عن وايلدوود كومنز من إعداد ويليام ماكولي، مهندس محترف، RESI، مع جدول أداء الموقع لعام 2007؛ دراسة حالة وايلدوود كومنز وصحيفة الشهادات؛ صور الإنشاء، مايو 2006.



دراسة حالة من إيبك

بوكمن ستاكس بارك بلازا

مينيابوليس، مينيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية · سطح أخضر كثيف على هيئة حديقة

حديقة فوق مرآب سيارات، ضمن حدّ للوزن يتراوح بين 60 و80 رطلًا لكل قدم مربع في حالة التشبع، وقد بيعت جميع الشقق المطلة عليها.

60 إلى 80	10,000	2005 إلى 2016
رطل/قدم² في حالة التشبع	جالون أمريكي من مياه الأمطار	سجل فوتوغرافي مؤرَّخ
الحد الأقصى للوزن	تُحتجز ويُعاد استخدامها	من التركيب في 2005 إلى أكتوبر 2016

مستوى الدليل

موثَّق · قيد التصميم ومواصفات النظام وسجل فوتوغرافي من 2005 إلى 2016 · النتيجة التجارية كما ذكرتها إيبك

السطح الأخضر الكثيف فوق مرآب السيارات، بوكمن ستاكس بارك بلازا (Bookmen Stacks Park Plaza)، مينيابوليس، أكتوبر 2016.

سجل المشروع

الموقع	وسط مدينة مينيابوليس، مينيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية
المبنى	مشروع متعدد الطوابق يحتاج إلى الاستفادة القصوى من أي مساحة مفتوحة
مهندس تنسيق المواقع	أوسلوند وشركاه (Oslund and Associates)
قيد الوزن	قدرة سقف المرآب تحت الأرضي على تحمّل الأوزان: من 60 إلى 80 رطلًا لكل قدم مربع في حالة التشبع
النظام	نظام ™Muellner Green Roof الحاصل على براءة اختراع: بنية هندسية تستخدم نظام إيبك™ للري السلبي والصرف
مياه الأمطار	تُحتجز في خزان سعته 10,000 جالون أمريكي ويُعاد استخدامها بأمان
المواد	قابلة لإعادة التدوير، ومصنوعة من مواد محلية ومن مخلفات ما بعد الاستهلاك
السجل الفوتوغرافي	التركيب في 2005 · 2005 · 2007 · أكتوبر 2016

التحدي

احتاج مشروع متعدد الطوابق في وسط مدينة مينيابوليس إلى الاستفادة القصوى من كل مساحة مفتوحة لديه. وفي هذا المبنى، كانت المساحة المفتوحة المتاحة هي سقف مرآب السيارات تحت الأرضي.

وفرض ذلك حدًا إنشائيًا صارمًا: كل ما يوضع فوقه يجب أن يبقى ضمن قدرة تحمّل للسقف تتراوح بين 60 و80 رطلًا لكل قدم مربع في حالة التشبع. والتشبع هو الكلمة الحاسمة هنا؛ فالسطح الأخضر يبلغ أقصى وزنه عند هطول المطر تحديدًا.

> «جرى بحث مستفيض لتوفير نظام سطح أخضر كثيف على هيئة حديقة، يدعم تنوع النباتات ويحقق أهداف إدارة المياه ويتسم بخفة الوزن.»
>
> دراسة حالة من إيبك، بوكمن ستاكس بارك بلازا

ما نفّذته إيبك

نفّذت إيبك نظامها ™Muellner Green Roof الحاصل على براءة اختراع، وهو بنية هندسية تستخدم نظام إيبك™ نظامًا سلبيًا للري والصرف، وذلك بالتعاون مع شركة تنسيق المواقع أوسلوند وشركاه.

والنتيجة سطح أخضر كثيف على هيئة حديقة: يزيد المساحة القابلة للاستخدام في المنشأة، ويتيح فرصًا لإدارة المياه، ويطيل عمر غشاء السقف، ويقلل الأسطح الصلبة في الموقع.

تُحتجز مياه الأمطار في خزان سعته 10,000 جالون أمريكي ويُعاد استخدامها بأمان. وبنية ™Muellner Green Roof قابلة لإعادة التدوير ومصنوعة من مواد محلية ومن مخلفات ما بعد الاستهلاك.



2005 التركيب: فرش بنية إيبك فوق غشاء السقف.



النمو في السنة الأولى.

60 إلى 80	10,000	2005 إلى 2016
رطل/قدم² في حالة التشبع الحد الأقصى للوزن	جالون أمريكي من مياه الأمطار تُحتجز ويُعاد استخدامها	سجل فوتوغرافي مؤرَّخ

السجل

قيد التصميم، ونظام مياه الأمطار، والنتيجة، كما سُجِّلت للمشروع.

	كما هو مسجَّل
الالتزام بقدرة تحمّل السقف	من 60 إلى 80 رطل/قدم² في حالة التشبع
احتجاز مياه الأمطار	خزان سعته 10,000 جالون أمريكي، ويُعاد استخدام المياه
النتيجة التجارية	بيعت جميع الوحدات المطلة على السطح الأخضر؛ وكانت الوحدات المطلة على جهات أخرى شاغرة بنسبة 75%
السجل الفوتوغرافي	من التركيب في 2005 إلى أكتوبر 2016، أحد عشر عامًا

النتيجة التجارية كما وردت في دراسة الحالة التي أعدّتها إيبك للمشروع.

النتيجة التجارية

«إضافة إلى ذلك، بيعت في بوكمن ستاكس جميع الوحدات المطلة على السطح الأخضر، في حين كانت الوحدات المطلة على جهات أخرى شاغرة بنسبة 75%. وأدّى تحسّن قابلية الاستخدام والوظيفة والمظهر الجمالي لهذه المساحة الخضراء إلى زيادة نسبة الإشغال.»

دراسة حالة من إيبك، بوكمن ستاكس بارك بلازا



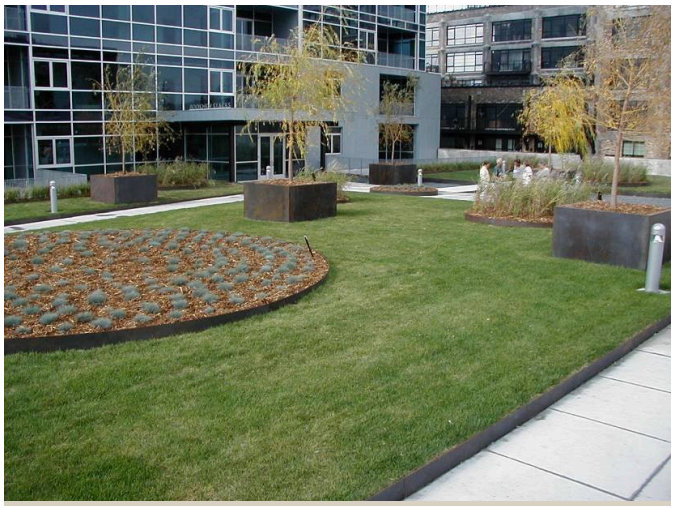
أكتوبر 2016 الساحة فوق مرآب السيارات.



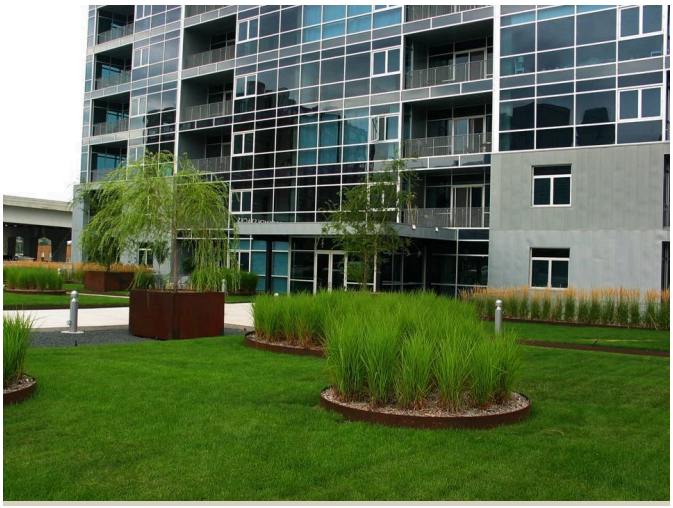
زراعة كثيفة ضمن حدّ للوزن من 60 إلى 80 رطل/قدم².

من السجل أيضًا

- **ما يقدّمه السطح الكثيف.** «يزيد سطحنا الأخضر الكثيف الذي يتخذ هيئة الحديقة المساحةَ القابلة للاستخدام في المنشأة، ويتيح فرصًا لإدارة المياه، ويطيل عمر غشاء السقف، ويقلل الأسطح الصلبة في الموقع.»
  دراسة حالة من إيبك، بوكمن ستاكس بارك بلازا
- **أحد عشر عامًا.** تمتد الصور المؤرَّخة لهذا السطح من التركيب في 2005، مرورًا بعامي 2005 و2007، حتى أكتوبر 2016، وهو سجل مرئي طويل على نحو غير معتاد بالنسبة إلى سطح أخضر.
- **المواد.** «أسطح Muellner Green Roofs™ قابلة لإعادة التدوير، ومصنوعة من مواد محلية ومن مخلفات ما بعد الاستهلاك.»
  دراسة حالة من إيبك، بوكمن ستاكس بارك بلازا



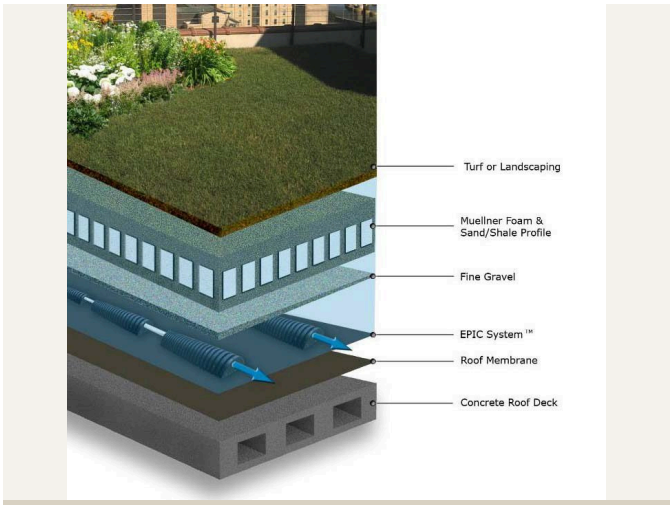
2005 المسطحات المزروعة على السطح.



2007 السطح نفسه.



أكتوبر 2016 ممرات عبر الساحة.



بنية السطح الأخضر: العشب أو النباتات، ورغوة Muellner وبنية من الرمل والطَّفَل الصفحي، والحصى الناعم، ونظام إيبك™، وغشاء السقف، وبلاطة السقف الخرسانية.

المصادر دراسة حالة إيبك لمشروع بوكمن ستاكس بارك بلازا؛ صور مؤرَّخة للسطح في الموقع، من التركيب في 2005 إلى أكتوبر 2016؛ مخطط المقطع العرضي للسطح الأخضر من إيبك.



دراسة حالة من إيبك

ملعب TCF BANK

جامعة مينيسوتا · مينيابوليس، الولايات المتحدة الأمريكية · افتُتح عام 2009

أول ملعب لكرة القدم الأمريكية، جامعي أو احترافي، يحصل على شهادة LEED الفضية. وإيبك هو نظام مياه الأمطار الذي تشمله هذه الشهادة.

LEED	3.75	589
المباني الجديدة، الفئة الفضية	**إيكر، مستجمع المياه**	**جهاز إيبك**
معتمدة من USGBC	تُخزَّن مياهه وتُعالَج	جهاز واحد لكل 40 قدم²

مستوى الدليل

معتمد · شهادة LEED-NC الفضية من USGBC، مُنحت للملعب · مقالان في الصحافة المتخصصة · سجل فوتوغرافي من 2012 و2016

الساحة المنسّقة بجوار الملعب، مينيابوليس، أكتوبر 2016: نصف إيكر من المساحة الخضراء القابلة للاستخدام، ونظام مياه الأمطار تحتها.

سجل المشروع

المشروع	ملعب TCF Bank، الحرم الشرقي (East Bank) لجامعة مينيسوتا، مينيابوليس
الافتتاح	2009 · 50,000 مقعد · شيّدته شركة إم. إيه. مورتنسون (M.A. Mortenson Co.)
الشهادة	أول ملعب لكرة القدم الأمريكية، جامعي أو احترافي، يحصل على شهادة الريادة في تصميمات الطاقة والبيئة (LEED) للمباني الجديدة، الفئة الفضية، من المجلس الأمريكي للأبنية الخضراء (USGBC)
التصميم الهندسي	شركة ريباين للحلول البيئية (Rehbein Environmental Solutions Inc.)، ويُشار إليها بـ RESI)، مينيابوليس
جهة التركيب	آر آند آر هورن وشركاه (R&R Horn and Associates)
الغشاء الأرضي	EPDM-R بسماكة 45 mil، من فايرستون سبشالتي برودكتس (Firestone Specialty Products)
الموقع	ساحة منسّقة مساحتها نصف إيكر بجوار الملعب، فوق نظام تحت الأرض مساحته 0.54 إيكر

التحدي

«في الملعب، المساحة ثمينة»، هكذا قال مارك أبفلباخر (Mark Apfelbacher)، مستشار الاستدامة في RESI. كان ملعب يتسع لـ 50,000 متفرج يُشيَّد في حرم جامعي حضري شديد العمران، وكان لا بد من إدارة مياه الأمطار ضمن حدود ما تبقى من مساحة خضراء محدودة قابلة للاستخدام.

وكان الحل التقليدي حوضًا لاحتجاز مياه الأمطار: أرضًا مخصصة للبنية التحتية وحدها، في موقع لا فائض فيه من الأرض.

أما المساحة الخضراء الموجودة فلم يكن ممكنًا أن تكون مجرد مسطح عشبي. ففي أيام المباريات يجب أن تتحمل شاحنات البث ومركبات الطوارئ ومركبات الصيانة وأعمال التجهيز.

كما أن المياه الخارجة منها تُصرَّف إلى نهر المسيسيبي.

ما نفّذته إيبك

نظام متعدد الوظائف تحت الساحة المنسّقة يلغي الحاجة إلى حوض الاحتجاز كليًا. وهو غير مضغوط ويعمل بالجاذبية، ويعتمد على الحركة الشعرية للمياه وعلى التبخر والنتح من مصدر مياه تحت السطح، فيقوم بالصرف والمعالجة والري في آن واحد.

حفرت RESI باطن مستجمع المياه وجهّزته حوضًا مستويًا بالليزر بمنحدرات صاعدة بنسبة 3:1 و4:1. وفُرش نحو 100,000 قدم² من غشاء فايرستون الأرضي من مادة EPDM بسماكة 45 mil حاجزًا غير منفِذ فوق التربة القائمة، على هيئة ألواح بمقاس 20 × 100 قدم متراكبة بمقدار 6 بوصات، طُليت بمادة أولية وثُبّتت بشريط QuickSeam. وأنجز فريق من أربعة أفراد البطانة في نحو خمسة أيام.

وفوق البطانة: أجهزة إيبك وأنابيبها، ثم الركام الناعم، ثم نظام العشب بنيته الرملية، والكل مغطى بالعشب الجاهز.

وفوق سطح الأرض، تُخلط شبكة ReFlex من البولي بروبيلين، وهي نظام Netlon المتطور للعشب، في الـ 8 بوصات العليا من التربة. فهي تثبّت التربة، وتحسّن قدرتها على تحمّل الأحمال، وتقلل انضغاطها، وتحدّ من التخدّد والتشوّه الناتجين عن وقوف المركبات. واستُخدمت البطانة ونظام العشب معًا للحد من انجراف التربة وتثبيت المنحدرات.



الأجهزة وأنابيب التوصيل مركّبة فوق بطانة الغشاء الأرضي.



الساحة من الأعلى: الشرائط العشبية بين الأرصفة والشارع تقع فوق النظام.

LEED	3.75	589
المباني الجديدة، الفئة الفضية معتمدة من USGBC	إيكر، مستجمع مياه تُخزَّن مياهه وتُعالَج	جهازًا، جهاز واحد لكل 40 قدم²

السجل

قدرة النظام المكتمل على إزالة الملوثات، كما ذكرتها RESI.

الملوّث	قدرة الإزالة المذكورة
الفوسفور	أكثر من 85%
إجمالي المواد الصلبة العالقة	90%
النترات	60%

«بحسب مولنر، يستطيع نظام مياه الأمطار المكتمل إزالة أكثر من 85% من ملوثات الفوسفور، و90% من إجمالي المواد الصلبة العالقة، و60% من النترات.» ديف مولنر (Dave Muellner)، مدير مشاريع أول، RESI، في مقال «Geomembrane Defense» المنشور في مجلة Storm Water Solutions، عدد يوليو/أغسطس 2010.

السعة ومساحة التجميع

	كما نُشر	ورد في
مساحة التصريف	3.75 إيكر	Geosynthetics 2009؛ Storm Water Solutions 2010؛ صحيفة بيانات الموقع من إيبك
مساحة النظام	0.54 إيكر، أي سُبع مساحة التصريف	Geosynthetics 2009
الأجهزة	589 جهازًا إجمالًا، جهاز لكل 40 قدم²	Geosynthetics 2009
تحت الأرض	أكثر من 60,000 جالون أمريكي	Geosynthetics 2009؛ Storm Water Solutions 2010
ما يعادله من الأمطار	هطول بمقدار 0.50 بوصة، تحت الأرض	Geosynthetics 2009
فوق الأرض	أكثر من 72,000 جالون أمريكي	Geosynthetics 2009
الإجمالي	أكثر من 140,000 جالون أمريكي	Storm Water Solutions 2010
الأمطار المُدارة	كامل الجريان السطحي لهطول 3.5 بوصة؛ وأكثر من 3.50 بوصة خلال 24 ساعة	Storm Water Solutions 2010؛ صحيفة بيانات الموقع من إيبك

يورد مقال Geosynthetics 2009 العدد الدقيق للأجهزة، وهو 589 بمعدل جهاز لكل 40 قدم²، ويسجّل أن مساحة التصريف البالغة 3.75 إيكر تعادل سبعة أضعاف مساحة النظام نفسه البالغة 0.54 إيكر. ويصف مقال Storm Water Solutions 2010 العدد نفسه بأنه «نحو 600». وأرقام السعة حدود دنيا.

من السجل أيضًا

- **نتيجة الاستدامة الأوسع للملعب.** خُفِّض استهلاك مياه الشرب في ري المسطحات الخضراء إلى النصف، وتحقق خفض بنسبة 30% في استهلاك مياه الشرب داخل المبنى. وإلى جانب ذلك: 97% من نحو 9,000 طن من الصلب جاءت من صلب مُعاد تدويره، وأُعيد تدوير 98% من مخلفات البناء في الموقع.

  مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010

- **دوغ لاور (Doug Lauer)، مشرف العناية بالمسطحات الخضراء، جامعة مينيسوتا.** «من منظور الاستدامة، نستطيع تقليل حاجتنا إلى الري وتكاليفه، لأن جذور العشب تسحب المياه إلى الأعلى عبر البنية الرملية... كما نوفّر المال بالاستغناء عن تصريف المياه في شبكة تصريف مياه الأمطار.»

  مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010

- **وعن أدائه عبر الفصول.** «[صمد النظام] جيدًا أمام أمطار الصيف، ولم تحدث أي مشكلات في الأنابيب طوال الشتاء... والعشب سليم وأخضر وينمو جيدًا، رغم كثرة مرور الطلاب عليه.»

  دوغ لاور، مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010

- **المعيار الذي قورن به.** يصف مقال Geosynthetics 2009 قدرة النظام على معالجة المياه بأنها «مماثلة لتقنية المرشحات الرملية، لكنها أكثر فعالية منها»، ويسجّل أن مرشحًا رمليًا من الطراز الاحترافي رُكِّب في الملعب مكوّنًا سابقًا في نظام مياه الأمطار، وقادرًا على إزالة ما يصل إلى 70 إلى 85% من إجمالي المواد الصلبة العالقة، وما يصل إلى 35% من مسببات الأمراض، ومنها بكتيريا القولونيات والمكورات العقدية والإشريكية القولونية (E. coli).

  مجلة Geosynthetics، فبراير/مارس 2009

- **ديف مولنر، مدير مشاريع أول، RESI.** «مع محدودية المساحة المتاحة في الملعب، يُلغي هذا النظام متعدد الوظائف الحاجة إلى حوض تقليدي لاحتجاز مياه الأمطار، مع تحسين جودة المياه... كما يوفّر للجامعة مساحة خضراء مفتوحة قوية بما يكفي لتحمّل المركبات الثقيلة التي يستخدمها الإعلاميون وأفراد الطوارئ وطاقم الصيانة وغيرهم خلال مباريات كرة القدم.»

  مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010



ملاحظة ميدانية أثناء المطر

بعد نحو عشر دقائق من عاصفة رعدية. يصل الجريان السطحي من العشب التقليدي في مقدمة الصورة إلى مجرى التصريف بجانب الرصيف؛ ولا يظهر أي جريان من أقسام إيبك خلفه.

المقالات المنشورة

- **مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010.** مقال «Geomembrane Defense» بقلم تشاك باباس (Chuck Pappas)، الرئيس التنفيذي لشركة ريباين للحلول البيئية. حقوق النشر © Scranton Gillette Communications, Inc.، أُعيد نشره بإذن.

- **مجلة Geosynthetics، فبراير/مارس 2009.** بقلم رون بيغنس (Ron Bygness)، المحرر، ومارك أبفلباخر، مستشار الاستدامة في شركة ريباين للحلول البيئية. حقوق النشر © Geosynthetics، أُعيد نشره بإذن من IFAI.

يذكر المقالان أن EPIC اختصار لعبارة «Environmental Passive Integrated Chamber»، وهو الاسم الذي كان مستخدمًا آنذاك.



يوليو 2012 بعد ثلاث سنوات من الافتتاح
عشب الساحة.



أكتوبر 2016 سبع سنوات في الخدمة



خريف 2016
المسطح العشبي نفسه.

المصادر صحيفة بيانات الموقع من إيبك لملعب TCF Bank في جامعة مينيسوتا؛ مجلة Storm Water Solutions، يوليو/أغسطس 2010؛ مجلة Geosynthetics، فبراير/مارس 2009؛ ملاحظات الموقع؛ صور مؤرَّخة للموقع، يوليو 2012 وأكتوبر 2016.



دراسة حالة من إيبك

ملعب واشبورن

جامعة ساوثرن ميثوديست · دالاس، تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية · رُكِّب عام 2006

ملعب كرة قدم أُنشئ على نظام الري تحت السطحي عام 2006، وصُوِّر خلال الإنشاء، وصُوِّر صالحًا للعب في منتصف أمطار بلغت أربع بوصات، وصُوِّر كثيفًا أخضر في 29 أغسطس 2026، دون أمطار قابلة للقياس في ذلك الشهر.

2006
رُكِّب عام 2006، ويُلعب عليه في 2026
أُعيد بناء الملعب وافتُتح مجددًا عام 2022

0.00 بوصة
الأمطار في دالاس
من 1 إلى 29 أغسطس 2026

2
مضختان بجهد 12 فولت
هذه كل المعدات

مستوى الدليل

موثَّق · سجل فوتوغرافي لإنشاء عام 2006 · صور مؤرَّخة للموقع في يناير 2007 وأغسطس 2011 وأغسطس 2026 · سجل محطة NOAA NCEI · رواية صاحب المبادرة في المشروع، سبتمبر 2026

ملعب واشبورن (Washburne Stadium)، جامعة ساوثرن ميثوديست (Southern Methodist University)، دالاس، 29 أغسطس 2026.

سجل المشروع

الموقع	ملعب كرة القدم في ويستكوت فيلد (Westcott Field)، جامعة ساوثرن ميثوديست، دالاس، تكساس
التركيب	2006، وكان جاهزًا لمنافسات خريف ذلك العام
السطح وإيصال المياه	عشب طبيعي على ملعب مستوٍ، مفروش على هيئة عشب جاهز ملفوف فوق بنية رملية تعلو أجهزة إيبك والغشاء الأرضي. تصل المياه تحت منسوب السطح مباشرة إلى منطقة الجذور: بلا رشاشات، وبلا رش علوي، ودون وصول أي مياه ري إلى سطح اللعب.
المعدات	مضختا تجميع (sump) بجهد 12 فولت ووحدة تحكم في الري، مع لوح شمسي عند التركيب

التحدي

كان سطح اللعب يقع داخل مضمار موريسون-بيل (Morrison-Bell) للجري. ولأنه محاط على هذا النحو، كان تصريف مياهه صعبًا، وكان من الصعب الحفاظ عليه بمستوى يتيح للفريق التأهل لاستضافة مباريات الأدوار الإقصائية على أرضه.

في عام 2006، طلب مدرب كرة القدم الجديد المساعدة في تجديد السطح. فبحث جيه. دبليو. ديفيس (J.W. Davis)، وهو لاعب سابق في فرق الجامعة دعم برنامج كرة القدم وكان عضوًا في لجنة التعيين، عن تقنية تحل مشكلة التصريف لا أن تكتفي بإدارتها، ووجد إيبك للجامعة.

ما نُفِّذ

ملعب مستوٍ فوق نظام تحت سطحي محكم الإغلاق. فُرشت بطانة من الغشاء الأرضي فوق الطبقة السفلية المجهّزة، ووُضعت أجهزة إيبك وأنابيب التوصيل على البطانة، ثم الحصى، ثم البنية الرملية، ثم العشب الجاهز.

يُفرش العشب جاهزًا ملفوفًا فوق بنية رملية تبقى رطبة بفعل الخاصية الشعرية من الأسفل، فمنذ يوم فرشه يسحب العشب المياه من تحته، وتنمو الجذور نحو الأسفل متتبّعةً تلك الرطوبة. ولا تأخذ النباتات إلا ما تحتاج إليه، وهذا الامتصاص هو ما يخفض منسوب المياه: فحاجة النبات، لا المؤقّت، هي التي تحدد كمية المياه التي تغادر الرمل.

أما المطر فيعكس اتجاه التدفق بدلًا من أن يزيد عليه، إذ يتحرك نزولًا عبر البنية إلى الأجهزة في الأسفل، ويفيض إلى التخزين ثم إلى شبكة مياه الأمطار في المدينة. ويُصرِّف الملعب المياه كما صُمِّم تحديدًا لأن البنية ليست مشبعة أصلًا من الري الروتيني.

مراحل الإنشاء، 2006، بالترتيب



1 قبل
السطح القديم، محصورًا داخل المضمار.



2 البطانة
الغشاء الأرضي مفروشًا في الحفرية.



3 الأجهزة
الأجهزة والأنابيب على البطانة، مثبّتة بأكياس الرمل.



4 التخزين
التخزين والنقل عند رأس الملعب.



5 اختبار الغمر
الحوض المبطَّن وقد مُلئ وبقي ممتلئًا.



6 البنية الرملية
الرمل فوق الأجهزة، وهو الطبقة التي يعمل عبرها الارتفاع الشعري.



7 90%
مسوّى حتى حافة المضمار، وجاهز لفرش العشب.

2006	0.00 بوصة	2
رُكِّب عام 2006، ويُلعب عليه في 2026	الأمطار في دالاس من 1 إلى 29 أغسطس 2026	مضختان بجهد 12 فولت هذه كل المعدات

السجل

لا يوجد في الموقع عداد مياه ولا قطعة ضابطة للمقارنة، لذا لا يُقاس هنا أي توفير في المياه. وما يقدّمه بدلًا من ذلك سجل فوتوغرافي مؤرَّخ عند طرفي نطاق المياه، من أمطار بلغت أربع بوصات في يناير 2007 إلى أغسطس 2026 دون أمطار قابلة للقياس، مقرونًا بسجل منشور لمحطة أرصاد جوية.

مطار دالاس لاف فيلد (Dallas Love Field)، من 1 مارس إلى 29 أغسطس 2026	القراءة
عدد الأيام في الفترة	182
أعلى درجة حرارة	109°F، 22 يوليو 2026
الأيام التي بلغت فيها الحرارة 105°F أو أكثر	9
الأمطار، من 1 إلى 29 أغسطس 2026	0.00 بوصة، دون هطول قابل للقياس
الأمطار، يوليو 2026	0.60 بوصة على خمسة أيام، أربعة منها أقل من 0.10 بوصة

المراكز الوطنية للمعلومات البيئية (NCEI) التابعة للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)، الملخصات اليومية، محطة مطار دالاس لاف فيلد USW00013960.

المنشأة

1994	افتُتح باسم ويستكوت فيلد. وكان موقعًا للتدريب خلال كأس العالم FIFA 1994، واستضاف منتخبات هولندا وألمانيا وبلغاريا والسويد.
2006	رُكِّب نظام الري تحت السطحي من إيبك تحت ملعب كرة القدم، جاهزًا لمنافسات خريف ذلك العام.
2020	تبرّع من هيذر وراي واشبورن (Heather and Ray Washburne).
2022	أُعيد بناء الملعب وافتُتح مجددًا باسم ملعب واشبورن لكرة القدم وألعاب المضمار (Washburne Soccer and Track Stadium)، بسعة 2,577 متفرجًا، مع مدرجات وغرف ملابس جديدة ومضمار محدَّث، على المساحة نفسها التي يشغلها الملعب الأصلي. وبحسب جيه. دبليو. ديفيس، بقي النظام تحت السطحي الذي رُكِّب عام 2006 دون تغيير خلال تلك الأعمال.
2026	اختير مجددًا موقعًا للتدريب في كأس العالم FIFA 2026.

تاريخ المنشأة من الإدارة الرياضية في الجامعة (SMU Athletics) ومن موقع KERA News الإخباري، 19 مايو 2026. أما بقاء نظام 2006 دون تغيير في أعمال 2022 فبحسب رواية جيه. دبليو. ديفيس، سبتمبر 2026.

من السجل أيضًا

الطرف الآخر من النطاق: 13 يناير 2007. صورة التُقطت في الشتاء الأول للملعب، ويرافقها في الأصل تعليق بخط يد المصوِّر: «SMU، 13 يناير 2007. في منتصف أمطار بمقدار 4 بوصات. الملعب صالح للعب». ويبدو السطح أخضر بتجانس ولا تظهر عليه مياه راكدة. وكان تصريف ملعب محصور هو المشكلة التي رُكِّب النظام لحلها، وهذه الصورة أقدم دليل مؤرَّخ على أنه حلّها.

صُوِّرت مراحل الإنشاء. سبع صور تسجّل الملعب قبل الإنشاء، والغشاء الأرضي مفروشًا في الحفرية، والأجهزة والأنابيب مفروشة ومثبّتة بأكياس الرمل لمنع طفوها، وخزان التخزين، واختبار الغمر والحوض المبطَّن ممتلئًا، والبنية الرملية، والملعب عند إنجاز تسعين في المئة. ويأتي الملعب قيد الاستخدام في يناير التالي في الصفحة 5.

المعدات، كما وصفها من حدّد مواصفاتها

«الملعب مستوٍ في الأساس. تصميم الري تحت السطحي الذي يقع تحت منسوب السطح ويوصل المياه مباشرة إلى منطقة الجذور، غير مرئي تحت العشب الجاهز. لا رشاشات، ولا رش علوي، ولا هدر بالتبخر. والمعدات التي تشغّله تتكون من مضختي تجميع اثنتين (2) بجهد 12 فولت، ووحدة تحكم في الري (لوح شمسي صغير عند التركيب).»

جيه. دبليو. ديفيس، سبتمبر 2026



29 أغسطس 2026 ملعب واشبورن. ري تحت سطحي، تحت منسوب السطح: غطاء نباتي كامل وكثيف ومتجانس، دون خمول، ودون تفرّق، ودون خطوط ناتجة عن نمط الري.



29 أغسطس 2026 أرض غير مروية على مسافة قصيرة سيرًا، صُوِّرت في اليوم نفسه: تربة جرداء وتشققات جفاف، إذ ينكمش الطين نفسه مع جفافه.



13 يناير 2007 بعد خمسة أشهر
صالح للعب في منتصف أمطار بلغت أربع بوصات، وهي المشكلة التي أُعيد إنشاء الملعب عام 2006 لحلها.



30 أغسطس 2011 بعد خمس سنوات
آخر صيف كان فيه فريق التشغيل على تواصل منتظم مع جهة التركيب.



29 أغسطس 2026 بعد عشرين عامًا
كثيف ومتجانس بعد 29 يومًا من أغسطس دون أمطار قابلة للقياس.



29 أغسطس 2026 بالقرب منه، في اليوم نفسه
عشب غير معالَج دخل في طور الخمول، ولم يبقَ الأخضر إلا تحت ظل الأشجار.

المصادر رواية جيه. دبليو. ديفيس عن المشروع، سبتمبر 2026، مع تسلسل الإنشاء عام 2006 وصور 29 أغسطس 2026؛ صور الموقع: تسلسل الإنشاء عام 2006، و13 يناير 2007، و30 أغسطس 2011، و29 أغسطس 2026؛ الملخصات اليومية من NOAA NCEI، محطة مطار دالاس لاف فيلد، من 1 مارس إلى 29 أغسطس 2026؛ تاريخ المنشأة من SMU Athletics؛ موقع KERA News، 19 مايو 2026.