ريـكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق: النتائج الموجزة

تقرير فني

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

SMHI

E/ESCWA/CL1.CCS/2021/RICCAR/TECHNICALREPORT.7/REV.1

ريـكار
المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق: النتائج الموجزة

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

SMHI

لجنة الأمم المتحدة
الاقتصادية والاجتماعية
لغربي آسيا (الإسكوا)

تقرير فني

© 2022 الأمم المتحدة
جميع الحقوق محفوظة

جميع الحقوق محفوظة بموجب الاتفاقيات ذات الصلة. لا يجوز إعادة إصدار هذا المستند ولا نقله كلياً أو جزئياً بأي شكل أو بأي وسيلة، سواء بطرق إلكترونية أو آلية، بما في ذلك الاستنساخ الفوتوغرافي أو التسجيل أو استخدام أي نظام من نظم تخزين المعلومات واسترجاعها، بدون إذن خطّي مسبق من الناشر. وترسل الاستفسارات إلى دائرة تغير المناخ واستدامة الموارد المائية في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org
الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org; www.riccar.org

متوفّر عبر:
مطبوعات الأمم المتحدة
E/ESCWA/CL1.CCS/2021/RICCAR/TechnicalReport.7/Rev.1

للاقتباس من هذا المستند، يرجى الإحالة إليه كما يلي:
اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا والمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا. 2021. الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق: النتائج الموجزة. التقرير الفاني السابع لريكار، بيروت.
E/ESCWA/CL1.CCS/2021/RICCAR/TechnicalReport.7/Rev.1

من إعداد:
فيل غراهام، بيتر بيرغ، توماس بوسشار، غريغوري نيكولين ووي يانغ، المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا، مارلين آن توماسكيفيتش اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا.

إخلاء المسؤولية:
ليس في التسميات المستخدمة في هذا المنشور، ولا في طريقة عرض مادته، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان للأمانة العامة للأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد، أو إقليم، أو مدينة، أو منطقة، أو بشأن سلطات أي منها، أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها.

الآراء الواردة في هذه المطبوعة الفنية هي آراء المؤلفين، وليست بالضرورة آراء الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، أو الحكومة السويدية، أو الأمانة العامة للأمم المتحدة.

2200401A

تمهيد

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثُّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) هي مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية، أطلِقت برعاية مجلس وزراء المياه العرب في عام 2010، وتستمد أهدافها من القرارات التي اعتمدها هذا المجلس، ومن قرارات مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والدورة الوزارية للجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا).

وتنفّذ هذه المبادرة في إطار شراكة تضم منظمات إقليمية متخصصة. وتدير الإسكوا والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) المركزَ العربي الإقليمي للمعارف المتعلقة بتغيُّر المناخ، وذلك بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) التي تستضيف بدورها بوابة البيانات لنطاق المنطقة العربية/الشرق الأوسط/شمال أفريقيا. وتتولى الإسكوا تنسيق هذه المبادرة الإقليمية تحت مظلّة المركز العربي لسياسات تغيُّر المناخ.

أعدَّ هذا التقرير الفني فيل غراهام وبيتر بيرغ وتوماس بوسهارد وغريغوري نيكولين ووي يانغ من المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا، وتولّت الإسكوا تحريره وتصميمه كجزء من سلسلة منشورات ريكار.

وموّلت حكومة السويد هذا التقرير عن طريق الوكالة السويدية للتعاون الإنمائي الدولي (سيدا)، وذلك في إطار مشروع تنفّذه الإسكوا يركّز على الأمن المائي والغذائي في ظروف مناخية متغيّرة. ويقدّم هذا المكوّن من المشروع إسقاطات مناخية إقليمية لإثراء التقييمات والتحليلات العلمية بشأن آثار تغيُّر المناخ على قطاعي المياه والزراعة في منطقة المشرق.

المحتويات

تمهيد		**III**
موجز تنفيذي		**2**
1	**مقدمة**	**4**
2	**المعلومات الأساسية**	**4**
ألف.	البيانات المناخية	4
باء.	إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لنطاق المشرق	5
جيم.	الفترة المرجعية وفترة الإسقاطات المستقبلية	8
دال.	المتغيرات المناخية	8
هاء.	نتائج نطاق المشرق المصححة الانحياز	9
3	**خلفية التحليل وتقنياته**	**9**
ألف.	مخرجات النموذج المشتركة	9
باء.	مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة	10
4	**نتائج النمذجة المناخية الإقليمية لنطاق المشرق**	**10**
ألف.	درجات الحرارة	10
باء.	معدل التساقطات	14
جيم.	الجريان السطحي	15
دال.	التبخر	16
هاء.	رطوبة التربة	17
واو.	مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة	18
5	**تحليل المناطق الفرعية في نطاق المشرق**	**21**
ألف.	غرب المشرق	22
باء.	شرق المشرق	23
جيم.	غرب شبه الجزيرة العربية	25
دال.	شرق شبه الجزيرة العربية	26
هاء.	جنوب شبه الجزيرة العربية	28
6	**تحليل أحواض الأنهار ومناطق التغذية في نطاق المشرق**	**29**
ألف.	حوض نهر الفرات	30
باء.	حوض نهر دجلة	33
جيم.	حوض نهر الأردن	36
دال.	حوض النهر الكبير	37
هاء.	حوض نهر الكلب	39
واو.	حوض صنعاء	40
زاي.	منطقة التغذية الشمالية لخزان المياه الجوفي في الدمام	42
حاء.	منطقة التغذية الغربية لخزان المياه الجوفي	43
المراجع		**49**
7	**الخلاصة**	**45**
الحواشي		**52**

الأشكال

الشكل 1
نطاق المشرق 6

الشكل 2
متوسط التغير في درجات الحرارة لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 11

الشكل 3
متوسط التغير في درجات الحرارة لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 وفقاً للفترات المرجعية السابقة المستمدة من ريكار 12

الشكل 4
متوسط التغير في درجة الحرارة الدنيا لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 13

الشكل 5
متوسط التغير في درجة الحرارة القصوى لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 13

الشكل 6
متوسط التغير في معدل التساقطات لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 14

الشكل 7
التوافق بشأن التغير في معدل التساقطات بين مجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 15

الشكل 8
متوسط التغير في الجريان السطحي لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 16

الشكل 9
متوسط التغير في التبخر لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 17

الشكل 10
متوسط التغير في رطوبة التربة لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 18

الشكل 11
التغير في عدد "الأيام الحارة" وفقاً للتعريف الإقليمي المعتمد في إطار ريكار لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 19

الشكل 12
التغير في عدد "الليالي الاستوائية" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 19

الشكل 13
التغير في عدد "أيام التساقطات الغزيرة جداً البالغة 20 ملم" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD (لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 20

الشكل 14
التغير في "مؤشر شدة التساقطات اليومية البسيط" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 20

الشكل 15
التغير في "الطول الأقصى لفترات الجفاف" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 21

الشكل 16
خريطة تعرض المناطق الفرعية المختارة للتحليل 21

الشكل 17
موجز لنتائج الإسقاطات لغرب المشرق 22

الشكل 18
متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لغرب المشرق 23

الشكل 19
موجز لنتائج الإسقاطات لشرق المشرق 23

الشكل 20
متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارت SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لشرق المشرق 24

الشكل 21
موجز لنتائج الإسقاطات لغرب شبه الجزيرة العربية 25

الشكل 22
متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارت SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لغرب شبه الجزيرة العربية 26

الشكل 23
موجز لنتائج الإسقاطات لشرق شبه الجزيرة العربية 26

الشكل 24
متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لشرق شبه الجزيرة العربية 27

الشكل 25
موجز لنتائج الإسقاطات لجنوب شبه الجزيرة العربية 28

الشكل 26
متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لجنوب شبه الجزيرة العربية 29

الشكل 27
خريطة تعرض أحواض الأنهار ومناطق التغذية المختارة للتحليل 29

الشكل 28
موجز لنتائج الإسقاطات لمنابع نهر الفرات 30

الشكل 29
موجز لنتائج الإسقاطات للحوض السفلي لنهر الفرات 31

الشكل 30
موجز لنتائج الإسقاطات لمنابع نهر دجلة 33

الشكل 31
موجز لنتائج الإسقاطات للحوض السفلي لنهر دجلة 34

الشكل 32
موجز لنتائج الإسقاطات لغرب حوض نهر الأردن 36

الشكل 33
موجز لنتائج الإسقاطات لحوض النهر الكبير 37

الشكل 34
موجز لنتائج الإسقاطات لحوض نهر الكلب 39

الشكل 35
موجز لنتائج الإسقاطات لحوض صنعاء 40

الشكل 36
موجز لنتائج الإسقاطات المتعلقة بمنطقة التغذية الشمالية لخزان المياه الجوفي في الدمام 42

الشكل 37
موجز لنتائج الإسقاطات المتعلقة بمنطقة التغذية الغربية لخزان المياه الجوفي 43

موجز تنفيذي

أعِدّ هذا التقرير في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)، وهو يوثّق نتائج النمذجة والتحليلات المناخية التي قدمها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية بهدف وضع إسقاطات مناخية عالية الدقة لمنطقة المشرق.
وقد استند المعهد إلى المعلومات الناتجة عن ريكار للمنطقة العربية (الإسكوا، 2017) لإنشاء نطاق المشرق عبر استبانة 10 كم^2، فأجرى نمذجة مناخية إقليمية لتقليص مخرجات النموذج المناخي العالمي إلى نطاقات أصغر وعمل على إعداد مجموعة جديدة من إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لهذا النطاق، وذلك بهدف توفير مخرجات عالية الدقة، بما في ذلك المتغيّرات المُصححة الانحياز. ويؤمَل من هذه النتائج تمكين الباحثين في المنطقة من البناء عليها لإجراء المزيد من التحليلات المناخية في منطقة المشرق.

أما الغرض الرئيسي من هذا التقرير الفني فهو تقديم لمحة عامة عن النتائج الموجزة لعمليات النمذجة المناخية لنطاق المشرق، التي أجريت في إطار ريكار، ويمكن الاطلاع عليها بدعم من الإسكوا عبر المركز الإقليمي للمعرفة التابع لريكار. بيد أن هذا التقرير لا يتضمن تقييماً كاملاً لنتائج التحليلات المناخية لنطاق المشرق، بل يعرض بعضاً منها فقط، وذلك استناداً إلى الإسقاطات المناخية التي تم إجراؤها. وتركز مذكرة فنية منفصلة أعدّها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا بعنوان "الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق – المنهجية" على المنهجية المتبعة في إعداد الإسقاطات، وتعرض التحليلات الأساسية بشأن نطاق المشرق.

لقد أُنتجت الإسقاطات المناخية لهذا النطاق بدقة أفقية تبلغ 10 كم وذلك من خلال استخدام النموذج المناخي الإقليمي (RCM) (HCLIM-ALADIN) للفترة 1961-2070. وتضاف هذه النتائج إلى إسقاطات النطاق العربي الذي أنشئ سابقاً في إطار أنشطة ريكار ويغطي جميع أنحاء المنطقة العربية. واستناداً إلى بيانات التأثير المستمدة من أحدث إسقاطات النماذج المناخية العالمية والمأخوذة من تقديرات مُشروع مُقارنة النماذج المناخية المُقترنّة للمرحلة السادسة (CMIP6) وفقاً لسيناريو انبعاثات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (SSP5-8.5)، فقد تبيّن أنّ مجموعة الإسقاطات التي تحتوي على ستة عناصر تتوافق مع الإسقاطات العالمية التي يعرضها التقرير التقييمي السادس الأخير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ (IPCC, 2021a, 2021b).

وتقدّم نتائج إسقاطات نطاق المشرق ذات الاستبانة العالية معلومات أكثر دقة وأكثر ملاءمة للتطبيق في إطار نمذجة آثار تغيُّر المناخ، ولا سيما ضمن المناطق الساحلية والجبلية. ومع أنّ هذه الإسقاطات توفّر نتائج جديدة للمنطقة، إلا أنها لا تحل محل تلك التي أنتِجت للنطاق العربي، بل تُعتبَر بمثابة تعزيز للنتائج السابقة.

لقد طبِّقت طرق تصحيح الانحياز على نتائج الإسقاطات المتعلقة بدرجة الحرارة ومعدل التساقطات، وذلك باعتبارها ممارسة شائعة لمواصلة تطبيق نتائج النمذجة المناخية. ومجموعات البيانات المصحّحة الانحياز مناسبةٌ للاستخدام في الدراسات التي تشمل آثار المناخ، مثل الهيدرولوجيا والزراعة المتضررة بمعدل التساقطات ودرجة الحرارة، أو لحساب مؤشرات تغيُّر المناخ بحدودها المطلقة. وقد جرى تصحيح الانحياز في نتائج التغير في درجات الحرارة ومعدل التساقطات الواردة في هذا التقرير.

ويعرض هذا التقرير التغيرات المناخية المُسقطة على نطاق المشرق في فترة المدى القريب (2021-2040) وفترة المدى المتوسط (2041-2060)، وذلك بالنسبة إلى درجات الحرارة، ومعدل التساقطات، والجريان السطحي، والتبخر[1]، ورطوبة التربة، وخمسة مؤشرات أخرى للظواهر المناخية المتطرفة. وليست هذه المؤشرات سوى مجموعة فرعية من المؤشرات العديدة المتاحة، وهي تُستخدم كأمثلة لهذه التحليلات. وبالإضافة إلى الخرائط والرسوم البيانية، فقد أوجزت النتائج أيضاً على شكل تسلسلات زمنية ضمن مناطق فرعية مختارة، وأحواض أنهار محددة، ومناطق تغذية خزانات المياه الجوفية.

وتظهر نتائج درجة الحرارة المستمدة من الإسقاطات الستة لنموذج (HCLIM-ALADIN) أنماطاً مماثلة من التغير. وتتفق جميع الإسقاطات في نتائجها حول مسألة ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة، ويتطابق حجم هذا التغير مع ما تلحظه إسقاطات النطاق العربي حول المسألة نفسها. ويتوقع أن يشهد الجزء الجنوبي من النطاق على طول ساحل جنوب الجزيرة العربية والقرن الأفريقي تغيّراً أقل في درجات الحرارة مقارنةً بالأجزاء الأخرى.

وتظهر نتائج التساقطات مزيداً من التقلّب المناخي المرتقب، غير أن الإسقاطات تتفاوت تفاوتاً كبيراً من منطقة إلى أخرى. فهي،

على غرار الإسقاطات المناخية السابقة للنطاق العربي، لا تتفق تماماً على زيادة أو انخفاض معدل التساقطات في المنطقة، كما هو الحال مثلاً بالنسبة إلى منابع نهري دجلة والفرات. ومع ذلك، تُجمِع الإسقاطات على انخفاض معدل التساقطات في فصل الشتاء على طول المناطق الغنية نسبيّاً بالمياه على ساحل البحر الأبيض المتوسط والجبال وذلك بحلول منتصف القرن. وتظهر معظم العناصر التي تحتوي عليها مجموعة الإسقاطات زيادةً في معدل التساقطات في فصل الصيف في جزء كبير من الأراضي القاحلة أو المناطق الصحراوية. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الزيادة ضئيلة، وليس من شأنها أن تؤثّر كثيراً على دورة المياه الإجمالية في هذه المناطق الجافة أساساً، باستثناء الزيادات الصيفية الأعلى على طول ساحل جنوب غربي الجزيرة العربية.

ووفقاً للتغيرات المُسقطة في الجريان السطحي، يمكن ملاحظة زيادات موسمية حتى في الحالة التي تشهد انخفاضاً في التدفقات السنوية، وذلك كما هي الحال بالنسبة إلى منابع نهري دجلة والفرات مثلاً. فهذان الحوضان يشهدان في فصل الشتاء زيادة في الجريان السطحي تشير إلى انخفاض في المياه المخزنة (كالثلوج)، في حين أنّهما يسجلان انخفاضاً في الجريان السطحي الصيفي والجريان السطحي السنوي. ويحدث ذلك على الرغم من ازدياد معدل التساقطات في فصل الشتاء بنسبة ضئيلة أو قريبة من الصفر، مما يعني أن الزيادة في التبخر تحدث بالتزامن مع انخفاض الجريان السطحي السنوي.

وتشهد أحواض أخرى، مثل نهر الأردن والنهر الكبير ونهر الكلب، انخفاضاً في الجريان السطحي في جميع المواسم وفي كل سنة. وتظهر بعض الأحواض الواقعة في المناطق الصحراوية أو الأراضي القاحلة زيادة طفيفة في الجريان السطحي كما هو الحال بالنسبة إلى حوض الفرات السفلي، ولكن بنسبة ضئيلة تكاد لا تؤثر على تدفق مياه الأنهار. أما حوض صنعاء، فيظهر مستويات متزايدة من الجريان السطحي غالباً ما ترتبط بزيادة هطول الأمطار الصيفية على تلك المنطقة. ومن شأن التحليلات الإضافية التي تستخدم نماذج هيدرولوجية تمثل التفاصيل الهيدرولوجية على نحو أفضل أن تقدّم رؤية أكثر وضوحاً للآثار المترتبة على الجريان السطحي وتدفق مياه الأنهار.

ولا بدّ من أن تُظهر مقارنة النتائج الجديدة بالنتائج السابقة بعضَ الفروق. وينبغي عدم إغفال العديد من العوامل المؤثرة في إنتاج الإسقاطات المناخية، والبحث عن المواضع التي تبرز فيها الإشارات الدقيقة. وغالباً ما يكون من الأسهل تفسير النتائج المتعلقة باتجاهات درجة الحرارة، في حين أن التساقطات تظهر عادة استجابة أوسع نطاقاً لمجموعة متنوّعة من أدوات وضع النماذج والظروف المؤثرة وما إلى ذلك، ولذا فإنّ تحليل نتائجها يحتاج إلى دراسة مفصّلة ومعمّقة.

ولا تقدم النتائج المعروضة في هذا التقرير الفني سوى لمحة عامة عن اتجاهات تغيُّر المناخ في عدد قليل من المناطق ووفقاً لبعض المؤشرات المختارة من نطاق المشرق. ولإجراء المزيد من التحليلات، يمكن الاطلاع على متغيرات المخرجات الأولية للإسقاطات المناخية المشمولة بالنمذجة التي أجراها المركز الإقليمي للمعرفة . ويمكن للباحثين الإقليميين الذين يعدون دراسات حول آثار تغيُّر المناخ استخدام هذه الإسقاطات للقيام بعمليات إضافية تأخذ في الاعتبار قطاعات محددة على نحو أكثر تفصيلاً، مثل إجراء دراسات حول الآثار الهيدرولوجية أو الزراعية أو الصحية.

1 مقدمة

أعِد هذا التقرير في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)، وهو يوثق نتائج النمذجة والتحليلات المناخية التي قدمها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية، وذلك بهدف وضع إسقاطات مناخية عالية الدقة لمنطقة المشرق.

وقد استند المعهد إلى المعلومات الناتجة عن ريكار للمنطقة العربية (الإسكوا، 2017) لإنشاء نطاق المشرق على مقياس 10 كم^2. وأجرى نمذجة مناخية إقليمية لتقليص مخرجات النموذج المناخي العالمي (GCM) إلى نطاقات أصغر وإعداد مجموعة جديدة من إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لهذا النطاق، وذلك بهدف توفير مخرجات عالية الدقة، بما في ذلك ضبط الانحياز في المتغيّرات. ويؤمل من هذه النتائج أن تمكّن الباحثين في المنطقة من البناء عليها لإجراء المزيد من التحليلات المناخية في منطقة المشرق.

يقدّم التقرير لمحةً عامةً عن النتائج الموجزة لعمليات النمذجة المناخية لنطاق المشرق، وتدعم نتائجه التقارير الأخرى الصادرة عن لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، والدول العربية، والشركاء الإقليميين الآخرين، ويصدر كجزء من سلسلة منشورات ريكار. لا يتضمّن التقرير تقييماً كاملاً لنتائج التحليلات المناخية لنطاق المشرق، غير أنه يعرض بعضاً منها استناداً إلى الإسقاطات المناخية التي أجريت فيه، كما أنه لا يتضمن وصفاً تفصيلياً للمبادرة الشاملة. ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات عبر المركز الإقليمي للمعرفة التابع لريكار.

بالإضافة إلى ذلك، تركّز مذكرة فنية منفصلة أعدّها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا بعنوان "الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق – المنهجية" على المنهجية المتبعة في إعداد الإسقاطات، وتعرض التحليلات الأساسية بشأن نطاق المشرق.

2 المعلومات الأساسية

ألف. البيانات المناخية

يغطي نطاق المشرق منطقة غرب آسيا وشمال شرق أفريقيا التي تشمل مساحات شاسعة من المناطق القاحلة ذات الكثافة السكانية المنخفضة. وينعكس ذلك في شبكة الأرصاد الجوية المائية المحددة مكانياً وزمانياً والتي تتميز بشبكة متفرقة من محطات الرصد، ولا سيما في المناطق الداخلية النائية. وغالباً ما يصعب الوصول إلى البيانات المستمدة من محطات الرصد هذه إما لأسباب تقنية، أو لدوافع وقائية، أو لنشوب نزاعات في بعض المناطق، أو لاجتماع هذه العوامل كافة. ومع ذلك، أسفرت الجهود المبذولة لإجراء الأبحاث على مر السنوات عن مجموعات متنوعة من البيانات أُدمجت فيها مختلف مصادر المعلومات في أرصاد تمثيلية قابلة للاستخدام.

وتُستمد البيانات المناخية من عمليات قياس متغيّرات الطقس اليومية (الأرصاد) والتي تجُمَع على مر الزمن لإعداد السجلات المناخية. والأرجح أن القياسات المحددة مكانياً وزمانياً، التي تؤخذ من محطات الرصد، هي الأكثر مباشرة وبالتالي الأكثر دقة. وهي توفر أيضاً في بعض المواقع سجلات رصد طويلة الأجل. غير أن هذه القياسات قد لا تمثل بالنسبة إلى التحليل الإقليمي مناطق أوسع، لا سيما عندما تكون التضاريس شديدة التنوع (مثلاً في الجبال والسواحل). وقد يتسع هامش الخطأ في التقديرات المستندة إلى القياس اعتماداً على المتغير المرصود، وقد يكون القياس نفسه أيضاً عرضة للخطأ. وعمليات رصد التساقطات مثال على ذلك، إذ إنها عرضة للخطأ، مما يعني أن الكمية المقاسة عادة ما تقل عن الكمية الفعلية بسبب الخسائر الناجمة عن الرياح أو التبخر. وينبغي مراعاة هذه القيود عند استخدام البيانات المناخية المستمدة من الرصد.

ويمكن تنظيم بيانات الرصد في شبكة أفقية موحدة تتوزع فيها قيم البيانات على أساس قيمة واحدة وسط كل خلية، وذلك على غرار طريقة تنظيم البيانات المستمدة من النماذج المناخية. وتستند البيانات المرصودة المنظمة في شبكة إلى استكمال بيانات محطات الرصد المتاحة (المحددة مكانياً وزمانياً) غير الموحدة ومن ثمّ إدخالها إلى الشبكة المختارة. ومن مزايا البيانات المنظمة في شبكة قدرتها على توفير البيانات في نقاط خالية من محطات رصد. لكن نوعيتها هي دائماً دالة على حجم بيانات المحطة التي تحتوي عليها. كذلك، تُنظَّم دائماً البيانات المستمدة من نماذج التنبؤ المناخي أو العددي بأحوال الطقس في شبكات مخصصة لذلك.

ونظراً إلى ندرة التقارير ووجود مشاكل متعلقة بضمان النوعية، فإنّ العمل مباشرةً وانطلاقاً من بيانات المحطة قد يكون أمراً صعباً ويستغرق الكثير من الوقت. بيد أن فرقاً بحثية دولية انشأت مجموعات بيانات شبكية مستمدة من محطات الرصد المناسبة

للدراسات المتعلقة بالمناخ والمتوفرة من دون أي قيود. وأُخضعت مجموعات البيانات هذه إلى نوع من ضبط النوعية والمزيد من المعالجة لتصبح أسهل استخداماً.

إنتاج "بيانات إعادة التحليل" هو تطبيق محدد يستخدم نموذج التنبؤ بالطقس العددي لدمج جميع ملاحظات الطقس المتاحة في هيكل مشترك على مدى فترة زمنية مرصودة (Uppala and others, 2005). وهذا ما يشكل أساساً نوعاً من الاستيفاء الأكثر تطوراً للبيانات. والنتيجة هي بيانات موزعة بالتساوي في الهيكلية الشبكية لنموذج NWP، أفقياً وعلى مستويات عمودية مختلفة في الغلاف الجوّي. وبما أن هذا النموذج يستند فقط إلى البيانات المرصودة، فهو يوفر أقرب تمثيل للرصدات المتوفرة، ولا سيما بالنسبة للمواقع التي لا تجري فيها رصدات فعلية. والبيانات المعاد تحليلها عنصر مهم لاختبار النماذج المناخية وتقييمها على حد سواء، وهي تُستخدم أيضاً مع بيانات رصد أخرى لتحسين مجموعات البيانات الشبكية المرصودة. ولكنَّ لها بعض القيود، شأنها شأن البيانات المناخية كافة، ومنها مثلاً البيانات المتعلقة بالتساقطات المنبثقة من إعادة التحليل، والتي ثبت أنّها توفّر تمثيلاً صحيحاً لتوزُّع التساقطات زمنياً، ولكن يمكن أن تنطوي على انحيازات هامة في حجمها، وأن تختلف باختلاف الموقع. أما البيانات المتعلقة بالحرارة والمعاد تحليلها، فتُظهر عامة توافقاً جيداً مع البيانات المرصودة.

ويتوفر لمنطقة المشرق العديد من مجموعات البيانات الشبكية المتاحة للاستخدام، وهي لا تنفك تتطور بالتزامن مع تطور أساليب جديدة للجمع ما بين بيانات الرصد المحددة مكانياً وزمانياً والطرائق العددية والاستشعار عن بعد. ولا تقدم أي من هذه المجموعات البيانات تمثيلاً مثالياً لاحظات الفعلية، وبالتالي تم تطبيق مزيج من مجموعات البيانات المختلفة للاستفادة القصوى من خصائصها المتنوعة وهي تشمل:

- **CRU (v4.03):** التسلسلات الزمنية لوحدة البحوث المناخية التابعة لجامعة إيست أنغليا (Harris and Jones, 2019).
- **GPCC (v8):** المركز العالمي لعلم المناخ المتعلق بالتساقطات (Schneider and others, 2014, 2018).
- **UDEL (v4.01):** درجات الحرارة ومعدل التساقطات (University of Delaware, 2019).
- **TRMM (3B42-v7):** مشروع مهمة قياس هطول الأمطار الاستوائية (Goddard, 2019).
- **CHIRPS (v2.0):** مجموعة المخاطر المناخية معدل التساقطات بالأشعة تحت الحمراء مع بيانات المحطة (Funk and others, 2015).
- **ERA-Interim**: المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى- إعادة التحليل ECMWF ERA-Interim (Dee and others, 2011).
- **ERA5**: الجيل الخامس من إعادة التحليل ECMWF (C3S, 2020).
- **WFDEI**: مراقبة منهجية بيانات التأثير المطبقة على ERA-Interim (Weedon and others, 2014).
- **HydroGFD3**: بيانات التأثير العالمي الهيدرولوجي (Berg and others, 2021).

ومجموعة بيانات WFDEI هي إطار جامع لبيانات الرصد وبيانات النماذج المعاد تحليلها، بحيث توزع القيم الشهرية المرصودة على القيم اليومية وفقاً للتوزيع الزمني الناتج عن إعادة التحليل ERA-Interim. والنتيجة التي يحصل عليها هي مجموعة بيانات للرصدات اليومية الشبكية كان يصعب الحصول عليها بخلاف ذلك، لأن الرصدات اليومية الفعلية ليست متاحة على نطاق واسع. وقد استخدمت مجموعة بيانات WFDEI باستبانة شبكية تبلغ 0.5 درجة (حوالي 50 كم) كبيانات مرجعية لإعداد النتائج المصححة الانحياز للإسقاطات المناخية المستمدة من ريكار في المنطقة العربية. وهي مذكورة توخياً للشمولية.

أما مجموعة بيانات HydroGFD3، فطوِّرت مؤخراً باستبانة شبكية تبلغ 0.25 درجة (حوالي 25 كم). وهي تشمل التساقطات اليومية، والمتوسط الأدنى، ودرجة الحرارة القصوى. وعلى غرار مجموعة بيانات WFDEI، تشكل مجموعة بيانات HydroGFD3 إطاراً جامعاً لبيانات الرصد وبيانات النماذج المعاد تحليلها لإنتاج مجموعة بيانات ذات تغطية عالمية لمساحة الأرض، باستثناء القارة القطبية الجنوبية والجزر الصغيرة. واستناداً إلى أحدث منتج عالمي لإعادة التحليل ERA5، تغطي هذه المجموعة فترة إعادة التحليل الكاملة التي تبدأ منذ عام 1979 ويجري تحديثها باستمرار حتى الآن (ناقص 5 أيام). وقد استخدمت HydroGFD3 كبيانات مرجعية لإعداد النتائج المصححة الانحياز للإسقاطات المناخية المستمدة من ريكار في نطاق المشرق والمعروضة في هذا التقرير.

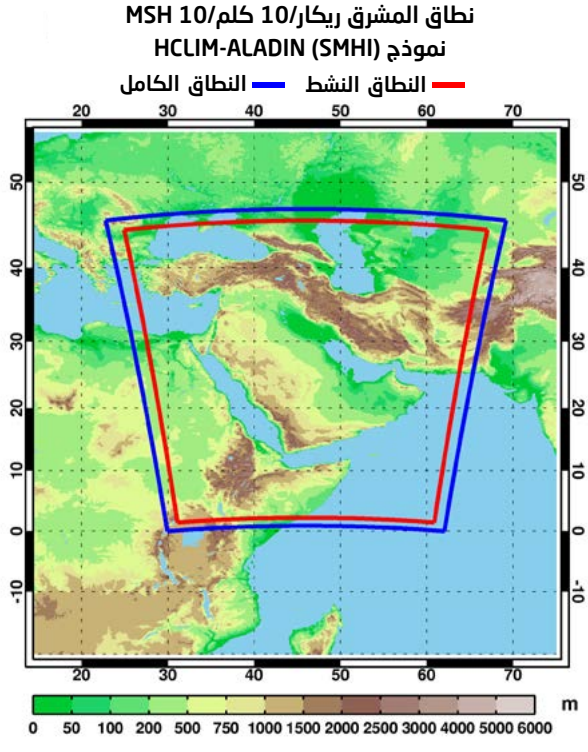
باء. إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لنطاق المشرق

ترمي عملية التقليص التي أجريت للنطاق العربي إلى توفير تقييم متسق لآثار تغيُّر المناخ على جميع البلدان العربية، لكن المساحة الواسعة لهذا النطاق حالت دون تطبيق النمذجة المناخية الإقليمية بالاستبانة الممكنة. ونُفذت أنشطة متابعة لوضع إسقاطات مناخية إضافية باستبانة أدق، وذلك لتوفير المزيد من التفاصيل عن المناطق الساحلية والجبلية في نطاق منطقة فرعية أصغر.

وأنشئ نطاق المشرق باستبانة شبكية تبلغ 10 كم على الجزء الشمالي الشرقي من النطاق العربي، كما هو مبين في الشكل 1. ويضمّ هذا النطاق البلدان الساحلية المتوسّطية في المشرق وشمال شرق أفريقيا، وكامل أحواض التصريف لنهري دجلة والفرات، إضافة إلى شبه الجزيرة العربية بأكملها. ويمكن للباحثين الإقليميين الاطلاع على مخرجات هذا النطاق المشمول بالنمذجة المناخية الإقليمية لتقييم آثار تغيُّر المناخ على منطقة المشرق.

وطُبّق النموذج المناخي الإقليمي HCLIM-ALADIN على نطاق المشرق باستبانة أفقية تبلغ 10 كم. وهذا النموذج هو جزء من نظام HCLIM38 للنمذجة المناخية الإقليمية والذي طوره اتحاد يضم مجموعة من معاهد الأرصاد الجوية الوطنية، منها مركز روسبي التابع للمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا، وشركاء أوروبيون آخرون. والهدف المحدد لهذا الاتحاد هو إنشاء نظام شامل للنمذجة الديناميكية يحتوي على التكوينات المناسبة التي يمكن تطبيقها باستبانات مختلفة، وذلك بهدف توفير نتائج جيدة ومن دون إجراء ضبط إضافي خاص بالمنطق (Belušić and others, 2020).

صُمم نموذج HCLIM-ALADIN ضمن نظام HCLIM38 بحيث يمكن تطبيقه بتباعد شبكي يوازي أو يفوق 10 كم (Termonia and others, 2018). واستُخدم ALADIN في إطار النمذجة المناخية لأكثر من 10 سنوات، وهو يظهر أيضاً في تكوين نموذج CNRM-ALADIN. وتجدر الإشارة إلى أن هذين النموذجين مختلفان من حيث تحديد البارامترات المادية، مع أنّهما يتشابهان من حيث التسمية والمكونات.



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يشمل النطاق الفاعل (بالأحمر) المنطقة التي تعتبر فيها نتائج النمذجة المناخية الإقليمية قابلة للاستخدام. ويشير النطاق الكامل (بالأزرق) إلى المنطقة الفعلية اللازمة للنموذج المناخي الإقليمي (في هذه الحال نموذج HCLIM-ALADIN) ليعمل بدقة ضمن النطاق الفاعل. وبين النطاقين الفاعل والكامل منطقة متوسطة بين حدود النموذج المناخي العالمي المحرِّك والنموذج المناخي الإقليمي؛ وينبغي تفادي استخدام النتائج التي يتم التوصل إليها من هذه المنطقة.

الشكل 1: نطاق المشرق

بعد إنشاء نطاق المشرق واختباره، أنتِجت مجموعة من الإسقاطات المقلّصة النطاق استناداً إلى سيناريو انبعاثات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5 (Riahi and others, 2017; O'Neill and others, 2016). واستخدمت بيانات الأحوال السائدة عند الحدود لستة نماذج مناخية عالمية مختلفة لتطبيق نموذج HCLIM-ALADIN، وذلك من أجل إنتاج إسقاطات مناخية إقليمية مقلصة ديناميكياً في إطار إسقاطات النمذجة المناخية العالمية ذات الصلة. وأفضى تحليل مجموعات النماذج إلى تفضيل المجموعة الأكبر على الأصغر، حتى بالنسبة إلى النطاق العربي الذي جرى فيه التخطيط لإنشاء مجموعة أكبر من النماذج. وتعتزم معاهد البحوث الإضافية أن تستمد من هذه النماذج أيضاً إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لهذا النطاق. ومع ذلك،

ولأسباب مختلفة، لم تتمكن هذه المعاهد الأخرى من تقديم مساهماتها المتوقعة في شكل يمكن دمجه في مجموعات النماذج التي أنتجها المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا للنطاق العربي. وتستمد الإسقاطات المستخدمة لنطاق المشرق من أحدث النتائج التي توصل إليها مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة في مرحلته السادسة (CMIP6)، وهي تعد جزءاً من التقرير التقييمي السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ (IPCC, 2021a, 2021b) والذي أُنجز ليتم إصداره على مراحل خلال الفترة 2021-2022. وترد في الجدول قائمة بإسقاطات النماذج المناخية العالمية الستة المستخدمة.

واستند اختيار مجموعة فرعية من مجموعات النماذج المناخية العالمية (المستمدة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة في مرحلته السادسة) لتقليص نطاق المشرق إلى عدد من المعايير، وأهمها: (أ) الأطر الزمنية للمشروع، و(ب) الموارد المقدمة، و(ج) توفر بيانات التأثير عند الحدود، و(د) استبانة النمذجة المناخية العالمية، و(ت) الانتشار التمثيلي لحساسية المناخ. وتقرر أنه يمكن في الواقع تقليص ستة نماذج مناخية عالمية لتتناسب مع الأطر الزمنية للمشروع والموارد المقدمة. وبدأت أولى عمليات محاكاة نموذج HCLIM-ALADIN في ربيع عام 2020 عندما أتاح عدد قليل من مراكز النمذجة (في إطار مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة في مرحلته السادسة) الاطلاع على بيانات التأثير عند الحدود لمدة ست ساعات، وذلك عبر اتحاد شبكات النظم الأرضية (ESGF). وحتى مع إتاحة بعض المراكز الأخرى الاطلاع على بيانات التأثير الخاصة بها تدريجياً بعد ربيع عام 2020، فإنّ عدد النماذج التي تحتوي على بيانات تأثير متاحة بالكامل بقي محدوداً خلال المرحلة الفاعلة التي جرى فيها إطلاق أو تنفيذ محاكاة نموذج HCLIM-ALADIN (أي حتى نهاية عام 2020).

وتفادياً لوقوع فرق كبير بين استبانة بيانات تأثير النماذج المناخية العالمية وبين هدف استبانة 10 كم لنطاق المشرق، فقد أعطيت الأولوية للنماذج ذات الاستبانة الأعلى. وهكذا تم استبعاد عدد من النماذج الفائقة الاستبانة، مثل CanESM5 (2.8 × 2.8 درجة)، وMIROC-ES2L (2.8 × 2.8 درجة)، وACCESS-CM2 (2.8 × 1.25 درجة). وقد أثرت عوامل إضافية على النماذج، منها على سبيل المثال الخطأ التقني في ملفات netCDF التي تحتوي عليها بيانات التأثير في إطار نموذج CESM2، وعدم إدراج البحر الأحمر في نموذج المحيطات MIROC6 (الذي لا يشمل بحاراً هامشية).

وتعرّف اتّزان الحساسية المناخية بأنها الاحترار المتوقع على المدى الطويل بعد مضاعفة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض. وهي مؤشر مهم للعواقب الوخيمة التي سيخلفها الاحترار في المستقبل. وتجدر الإشارة إلى أن تحليل نماذج المرحلة السادسة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة يبرز، حتى تاريخه، ميلَ هذه النماذج إلى أن تظهرَ حساسية مناخية أعلى من نماذج المرحلة الخامسة (CIMP5) المستخدمة في التقرير التقييمي الخامس(AR5) تراوحت بين 1.5 و4.5 درجات. وحددت قيم اتّزان الحساسية المناخية لأربعين نموذجاً من المرحلة السادسة، وتبين أن القيمة الأعلى تصل إلى 5.6 درجات، فيما سجل 14 نموذجاً قيماً تفوق 4.5 درجات. ويخلص التقرير التقييمي السادس إلى أن أفضل تقدير لاتّزان الحساسية المناخية هو 3 درجات مئوية؛ ومن المحتمل (بنسبة 66-100 في المائة) أن تتراوح بين 2.5 و4 درجات مئوية، ومن المحتمل جداً (بنسبة 90-100 في المائة) أن تتراوح بين 2 و5 درجات مئوية. وكما يتبين من الجدول، تتراوح هذه القيم التي سجلتها النماذج المناخية العالمية الستة المستخدمة في مجال المشرق بين 2.5 و4.8 درجة مئوية، وتتناسب مع النطاق المحتمل جداً للتقرير التقييمي السادس الذي يتراوح بين 2 و5 درجات مئوية. وقد شكلت مجموعة نماذج المرحلة السادسة هذه، والتي تحتوي على ستة عناصر لتقليص نطاق المشرق، خياراً مثالياً في عام 2020 وذلك استناداً إلى جميع العوامل المذكورة.

جدول بعمليات محاكاة النماذج المناخية الإقليمية التي أجراها مركز روسبي التابع للمعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا في نطاق المشرق

النماذج المناخية العالمية لمشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة في مرحلته السادسة	اتّزان الحساسية المناخية	الاستبانة الأفقية	
		خط الطول (درجة)	خط العرض (درجة)
CMCC-CM2-SR5	3.5	1.25	0.94
CNRM-ESM2-1	4.8	1.4	1.4
EC-Earth3-Veg	4.3	0.7	0.7
MPI-ESM1-2-LR	3.0	1.875	1.875
MRI-ESM2-0	3.1	1.125	1.121
NorESM2-MM	2.5	1.25	0.95

المصدر: معدو التقرير.

وقد نفذت عمليات محاكاة إسقاط نموذج HCLIM-ALADIN للفترة 1961-2070، بحيث تمثل السنوات 1961-2014 الفترة التاريخية (المرجعية)، والسنوات 2015-2070 فترة سيناريو الانبعاثات. وبالإضافة إلى ذلك، فقد أجريت أيضاً للفترة 1981-2018. وبما أن هذه ERA-Interim محاكاة تقييمية باستخدام تأثير عملية إعادة التحليل الواردة في مجموعة بيانات المجموعة تمثل بديلاً للرصدات على مجمل النطاق، سواء أكان ذلك على سطح الأرض أم في غلافها الجوي، فإنّ محاكاة نموذج تقدّم تقييماً دقيقاً لمدى قدرة هذا النموذج على تمثيل المناخ الحالي في نطاق المشرق، ERA-Interim مدفوعة ببيانات، ALADIN.

جيم. الفترة المرجعية وفترة الإسقاطات المستقبلية

عند إعداد الإسقاطات المناخية المستقبلية، تغطي النماذج المناخية دائماً فترة من المناخ التاريخي المرصود لكي تُستخدم "كفترة مقارنة" (أو "فترة مرجعية") للتحقق من قدرة النموذج على تمثيل المناخ الحالي. وتتوافق انبعاثات غازات الدفيئة مع المستويات المرصودة خلال الفترة المناخية المعنية. ولا يتوقع أن تتوافق عمليات محاكاة النماذج المناخية مباشرة مع القيم المستمدة من السنوات الفعلية المرصودة، ولكن ينبغي أن توفر نتائج مناخية مثالية خلال فترة المقارنة بحيث تتوافق مع إحصاءات المناخ المرصود على مدى تلك السنوات، مثل القيم المتوسطة التي تتراوح بين 10 و30 سنة. ويشير الانحياز في النماذج المناخية إلى الفروق بين نتائج المعدل الوسطي الطويل الأمد للمناخ المرصود في منطقة ما وبين نتائج المعدل الوسطي الطويل الأمد المشمولة بالنماذج والناجمة عن الفترة المرجعية في المنطقة نفسها.

وعند تحليل الإشارات إلى تغيُّر المناخ في الإسقاطات، يتم اختيار "شرائح زمنية" محددة على مدى الفترات المستقبلية، وذلك لاستخدامها في تقييم تطور هذه الإشارات مع مرور الزمن. وتقارن النتائج المستمدة من هذه الشرائح الزمنية بفترة زمنية مستمدة من الإسقاط نفسه تمثل المناخ الحالي أو الحالة المرجعية. وينبغي أن تتساوى الفترات المراد مقارنتها من حيث الطول، وأن تمتد لمدة 20 عاماً على الأقل. ويختلف اختيار الفترات المراد استخدامها ويخضع للاحتياجات المحددة للدراسة. وفي إطار ريكار، من المستحسن مقارنة المخرجات الإقليمية بالمخرجات العالمية الواردة في تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ. وعندما عُرضت بعض النتائج المستمدة من النطاق العربي، تبين أن الفترات الزمنية المختارة تتوافق مع التقرير التقييمي الخامس الصادر عن هذه الهيئة (IPCC, 2013, 2014).

ولإعداد التقارير حول نطاق المشرق، تقرر اعتماد الفترة المرجعية والفترات الزمنية المستقبلية نفسها في إجراء التحليلات على النحو المستخدم في التقرير التقييمي السادس. وقد اعتمدت الفترة المرجعية 1995-2014، والفترتان المستقبليتان 2021-2040 (المستقبل القريب) و2041-2060 (المستقبل المتوسط). وجرى تحليل النتائج المعروضة في تقرير المخرجات الموجزة هذا وفي المذكرة الفنية باستخدام هذه الفترات الزمنية. وبإمكان العلماء الإقليميين استخدام هذه الفترات المرجعية نفسها أو اختيار فترات أخرى قد تكون أكثر ملاءمة لعملهم أو منطقتهم في حال إجراء المزيد من الدراسات حول آثار تغيُّر المناخ. بيد أنه من الضروري ألا تتعدى الفترة المرجعية المختارة عام 2014، إذ إن سيناريوهات الانبعاثات المشمولة بالنماذج تبدأ في عام 2015.

دال. المتغيرات المناخية

تنتج النماذج المناخية سلسلة كاملة من المتغيرات الجوية المختلفة، على مقربة من سطح الأرض أو بعيداً عنه في غلافها الجوي، على حد سواء. بالإضافة إلى ذلك، يتم أيضاً إنتاج متغيرات متفاوتة التعقُّد لسطح الأرض والكتل المائية وذلك وفقاً للنموذج المستخدم. ومع ذلك، تظل درجة الحرارة والتساقطات بالقرب من سطح الأرض (أي الموافقة لعمليات الرصد التي تجري على ارتفاع قياسي) من المتغيرات الأكثر شيوعاً وإثارة للاهتمام.

أما بالنسبة إلى الموارد المائية، فيعد الجريان السطحي للمياه المتغير الرئيسي الأبرز. وتشمل المتغيرات الإضافية التبخر ورطوبة التربة، ويتم إنتاجها أيضاً خلال حل معادلة توازن المياه.

وتستخدم جميع المتغيرات المعنية متوسط التغيرات لإظهار التغير مع مرور الزمن. ومع ذلك، لا يكفي تحديد هذه التغيرات على أساس سنوي فقط، إنما قد يكون تقييم وفهم كيفية توزيع التغيرات على أشهر مختلفة من السنة على القدر نفسه من الأهمية. وعلاوة على ذلك، فإنّه لا بدّ من تحديد مؤشرات معينة كأساس للمقارنة بين الظروف الراهنة وبين الظروف المستقبلية.

وتركز المذكرة الفنية على المتغيرات الرئيسية التالية:

- درجة الحرارة
- التساقطات
- الجريان السطحي
- التبخر
- رطوبة التربة

هاء. نتائج نطاق المشرق المصححة الانحياز

تحوي إحصاءات النمذجة المناخية الإقليمية للمتغيرات المناخية-الهيدرولوجية الرئيسية انحيازات مثل التساقطات ودرجة الحرارة (Kotlarski and others, 2005; Kay and others, 2006). وينشأ العديد منها إما عن النموذج المناخي العالمي المحرّك أو النموذج المناخي الإقليمي المستخدم في عمليات التقليص. لذلك، لا يجوز استخدام مخرجات النمذجة المناخية الإقليمية في دراسات آثار تغيُّر المناخ استخداماً مباشراً. فقد أصبح شائعاً تصحيح انحياز المتغيرات الهيدرولوجية المهمة للتساقطات ودرجة الحرارة قبل استخدامها في دراسات الأثر أو قبل حساب مؤشرات تغيُّر المناخ بحدودها المطلقة (Graham and others, 2007; Berg and others, 2012; Vrac and others, 2016).

وتصحيح الانحياز هو المصطلح المتعارف عليه لعملية الحد من الانحيازات في النماذج المناخية خلال مرحلة ما بعد المعالجة المطبقة على مخرجات النماذج. وقد جرى تصحيح الانحياز في التساقطات ودرجة الحرارة لنطاق المشرق باستخدام أحدث الطرق ومجموعات بيانات الرصد، ويرد وصف مفصّل لذلك في المذكرة المنهجية. وقد استمدت معظم نتائج الإسقاطات المعروضة في هذا التقرير من تلك البيانات التي تمّت معالجة مشكلة الانحياز فيها.

3 خلفية التحليل وتقنياته

جرى تحليل عدد من مخرجات النماذج المسقطة؛ وللنتائج المصححة الانحياز أهمية خاصّة لدى العديد من مستخدمي الإسقاطات لأنها تمكّنهم من الوصول إلى نتائج واقعية خلال الفترة التاريخية (المرجعية) تكون متّسقةً مع تلك التي تسفر عنها نماذج التأثيرات للفترة المستقبلية. وينبغي أيضاً استخدام هذه النتائج لتحليل المؤشرات التي تستند إلى القيم الأساسية، مثل تجاوز معدل التساقطات أو مؤشرات درجة الحرارة. أما بالنسبة إلى الدراسات التي تستخدم قيم التغير النسبية لدرجة الحرارة أو معدل التساقطات فقط، فيمكن استخدام النتائج الخام أو المصححة الانحياز. إلا أنه ينبغي التنبه إلى أن هذه القيم تختلف بين ما تسفر عنه نتائج الإسقاطات الخام وبين ما تسفر عنه تلك المصححة الانحياز. وبما أن النتائج المسجلة في الفترات الفرعية اليومية غير مصححة الانحياز، فإنّه سيتعين على الباحثين المهتمين بها الاعتماد على المخرجات الخام.

وتستند النتائج الواردة في هذا التقرير إلى المخرجات المصححة الانحياز، ما لم يذكر خلاف ذلك. وهي تُعرض على شكل تسلسلات زمنية في خرائط ورسوم بيانية. وتظهر الخرائط مجمل نطاق المشرق. والتسلسلات الزمنية المعروضة هي متوسطات موجزة لمساحة نطاقات فرعية محددة، أو لأحواض أنهار، أو لمناطق تغذية خزانات المياه الجوفية التي تم اختيارها لإعطاء لمحة عامة عن مختلف مجالات الاهتمام في المنطقة. ونتائج التغير معروضة في معظمها على شكل متوسط مجموعة التغيرات المستمدة من نموذج HCLIM-ALADIN والتي حركتها النماذج المناخية العالمية الستة كما هو مبين في الجدول أعلاه.

ألف. مخرجات النموذج المشتركة

يتمثل ناتجا النموذج الأكثر شيوعاً والمستمدان من إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية في التغيرات المسجلة في معدل التساقطات (بالمليمتر خلال فترة زمنية معينة)، وفي قياس درجة الحرارة (المحددة بالدرجات المئوية). أما بالنسبة إلى التطبيقات المتعلقة بالموارد المائية، فيعُدّ الجريان السطحي المتغير الرئيسي الأبرز (بالمليمتر خلال فترة زمنية معينة). وخلافاً للنطاق العربي، لم تجر إسقاطات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية في نطاق المشرق. ولذلك تعرض التغيرات في الجريان السطحي المستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية، ولكن تجدر الإشارة إلى أنه لا يجوز اعتبارها إلا كمؤشر للاتجاهات.

وتتضمن جميع النماذج المناخية الإقليمية تمثيلاً للدورة الهيدرولوجية، إلا أن مستوى هذا التمثيل لا يقارن بمستوى التفاصيل المستمدة من نموذج هيدرولوجي جرت معايرته، لا سيما إذا أخذت الانحيازات في معدل التساقطات بعين الاعتبار. وللمزيد من المعلومات حول الحجم المتوقع للتغير في الجريان السطحي، لا بد من إجراء تحليل أكثر تفصيلاً باستخدام النماذج الهيدرولوجية.

وفي حين أن التغير في متوسط قيم الجريان السطحي السنوي قد يكون كافياً لبعض التطبيقات، من المهم في كثير من الأحيان معرفة كيفية حدوث التغيرات في مواسم مختلفة. وبما أن المياه تشكل أحد المحاور الرئيسية لهذه الدراسة، فإنه لا بد من تقييم الاختلافات بين المواسم "الرطبة" وبين المواسم "الجافة". ونظراً إلى تنوع المناخ بين مختلف المناطق الفرعية، فإنّه لا بد أيضاً من تمثيل المواسم الرطبة والجافة بشكل ينطبق على جميع المناطق، وذلك من خلال تقسيم السنة إلى فصلين: من نيسان/أبريل حتى أيلول/سبتمبر، ومن تشرين الأول/أكتوبر حتى آذار/مارس. وبالتالي تحدد النتائج الموسمية المعروضة أدناه وفقاً لهاتين الفترتين، كما هي الحال بالنسبة إلى النطاق العربي.

باء. مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة

على الرغم من أن متوسط التغيرات في المناخ المستقبلي مهم للعديد من التطبيقات، إلا أن التغيرات في الظواهر المناخية المتطرفة تفوقه أهمية في بعض الأحيان. وقد وضع فريق الخبراء المعني بكشف تغيُّر المناخ ومؤشراته قائمة من 27 مؤشراً؛ (ETCCDI Peterson and Manton, 2008) لتوفير وسائل مناسبة لقياس هذه الظواهر. وجرى تحليل التغير في المؤشرات التي اختارها الفريق لنطاق المشرق، حيث اختيرت خمسة مؤشرات كأمثلة تعرض في هذا التقرير كما هو وارد أدناه. والجدير ذكره أن العمليات السابقة التي أجريت في إطار ريكار عرّفت المؤشر SU35 على أنه الأكثر ملاءمة للمناخ في المنطقة. وترد القائمة الكاملة التي تضم 27 مؤشراً في دراسة خاصة (Donat and others, 2013) إلى جانب تحليل أجري للمنطقة العربية باستخدام الرصدات التاريخية.

- المؤشر SU35 لعدد الأيام الحارة: العدد السنوي للأيام التي تكون فيها درجة الحرارة القصوى اليومية >35 درجة مئوية (محددة للتطبيق في إطار ريكار).
- المؤشر TR لعدد الليالي الاستوائية: العدد السنوي للأيام التي تكون فيها درجة الحرارة الدنيا اليومية >20 درجة مئوية.
- المؤشر R20 للعدد السنوي للأيام التي تبلغ فيها التساقطات 20 ملم: العدد السنوي للأيام التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥20 ملم.
- SDII مؤشر شدة التساقطات البسيط: يعرف بأنه نسبة مجموع التساقطات مقسوماً على عدد أيام المطر.
- CDD مؤشر الطول الأقصى لفترات الجفاف: العدد السنوي الأقصى للأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات اليومية <1 ملم.

4 نتائج النمذجة المناخية الإقليمية لنطاق المشرق

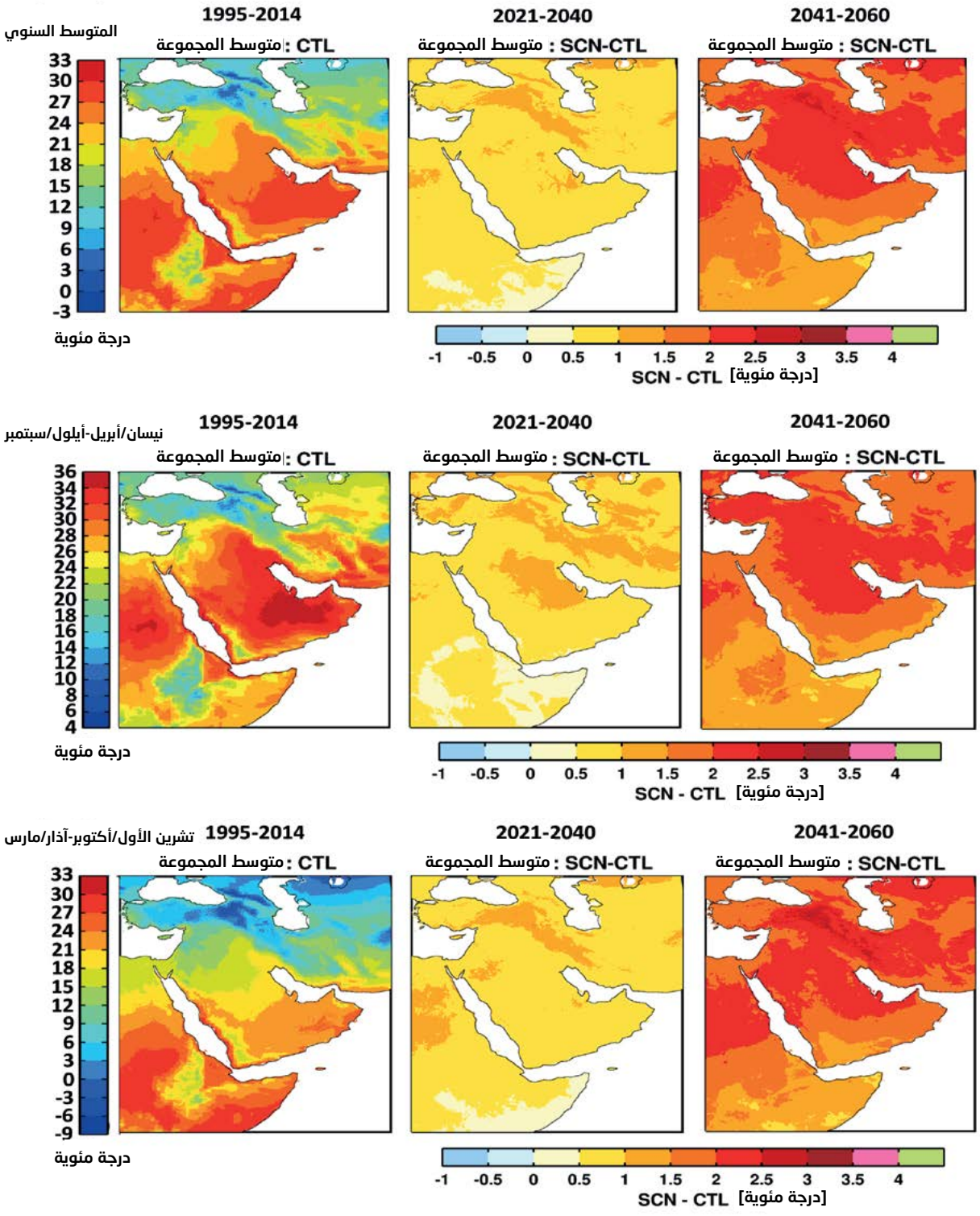
ترد في هذا التقرير نتائج إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية لفترتين مستقبليتين، 2021-2040 و2041-2060، وذلك مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014. وتأتي النتائج العامة بشأن درجة الحرارة والتساقطات والجريان السطحي في المقام الأول، تليها تلك المستندة إلى مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة. وتستند هذه النتائج كلها إلى مجموعة إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN الستة باستبانة 10 كم؛ ويُعرض متوسط قيم المجموعة في المخرجات الواردة في الخرائط. وكما ذكر أعلاه، تستند النتائج المعروضة في هذا التقرير إلى المخرجات المصححة الانحياز، ما لم يذكر خلاف ذلك.

ألف. درجات الحرارة

تشير الأشكال أدناه إلى جوانب مختلفة من تغير درجات الحرارة في منطقة المشرق، وتشمل التغيرات في متوسط درجة الحرارة اليومية، ودرجة الحرارة الدنيا اليومية، ودرجة الحرارة القصوى اليومية، على النحو المبين في الأشكال 2 و4 و5، على التوالي. وتتفق الإسقاطات الستة كافة على ارتفاع درجات الحرارة في النطاق.

ولتسهيل المقارنة مع النتائج المستمدة من النطاق العربي، تظهر أيضاً التغيرات في متوسط درجات الحرارة اليومية باستخدام إحدى الفترات المرجعية المعتمدة سابقاً، 2046-2065، مقارنة بفترة مرجعية أخرى سابقة 1986-2005 (الشكل 3).

الشكل 2: متوسط التغير في درجات الحرارة (درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



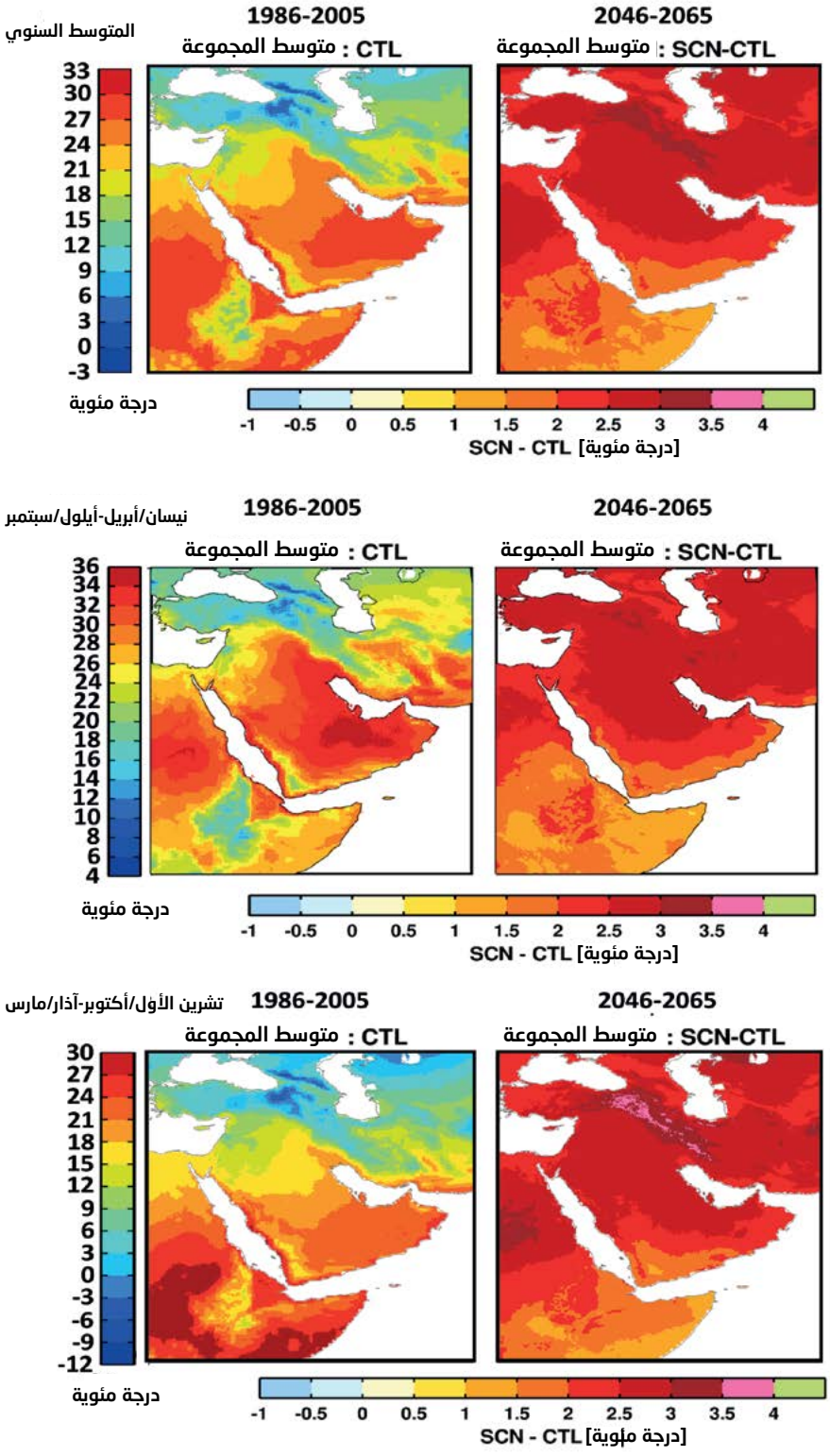
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يظهر متوسط درجات الحرارة للفترة المرجعية إلى اليسار، وتغير درجات الحرارة للفترة 2021-2040 في الوسط، وتغير درجات الحرارة للفترة 2041-2060 إلى اليمين. جميع وحدات القياس هي الدرجة المئوية.

في الأعلى: المتوسط السنوي، في الوسط: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل ترد تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

الشكل 3: متوسط التغير في درجات الحرارة (درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 وفقاً للفترات المرجعية السابقة المستمدة من ريكار



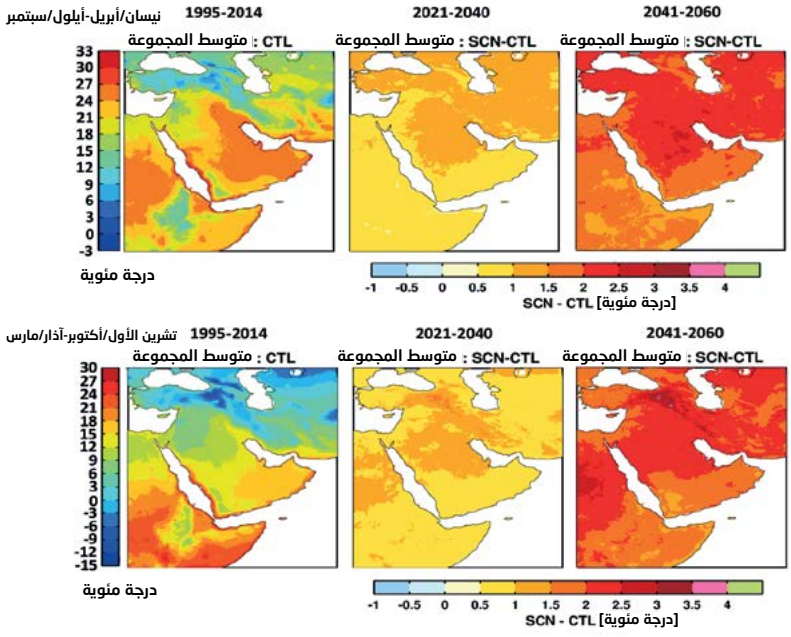
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يظهر متوسط درجات الحرارة للفترة المرجعية 1986-2005 إلى اليسار، وتغير درجات الحرارة للفترة 2046-2065 إلى اليمين. جميع وحدات القياس هي الدرجة المئوية.

في الأعلى: المتوسط السنوي، في الوسط: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في الرسوم البيانية إلى اليمين.

الشكل 4: متوسط التغير في درجة الحرارة الدنيا (درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



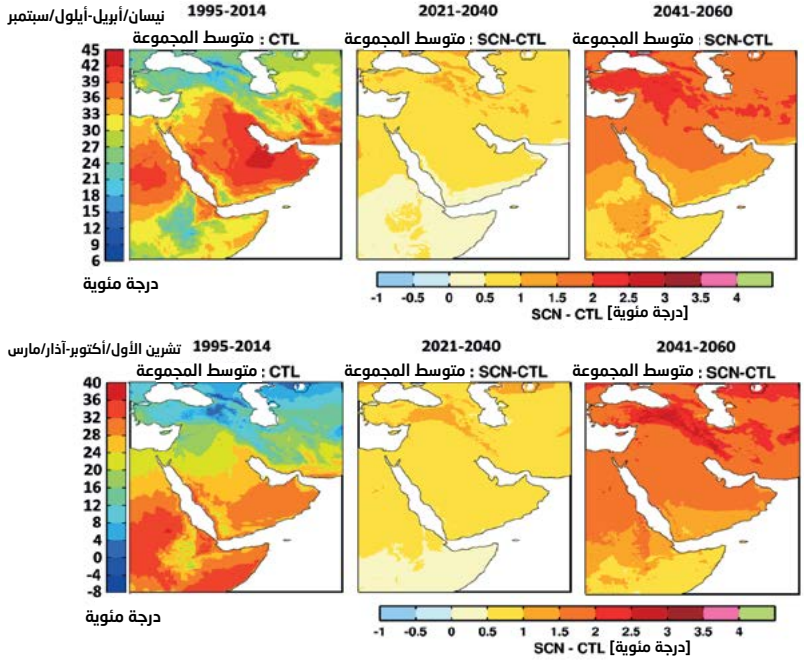
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يظهر متوسط درجة الحرارة الدنيا للفترة المرجعية إلى اليسار، وتغير درجة الحرارة الدنيا للفترة 2021-2040 في الوسط، وتغير درجة الحرارة الدنيا للفترة 2041-2060 إلى اليمين. جميع وحدات القياس هي الدرجة المئوية.

في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

الشكل 5: متوسط التغير في درجة الحرارة القصوى (درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يظهر متوسط درجة الحرارة القصوى للفترة المرجعية إلى اليسار، وتغير درجة الحرارة القصوى للفترة 2021-2040 في الوسط، وتغير درجة الحرارة القصوى للفترة 2041-2060 إلى اليمين. جميع وحدات القياس هي الدرجة المئوية.

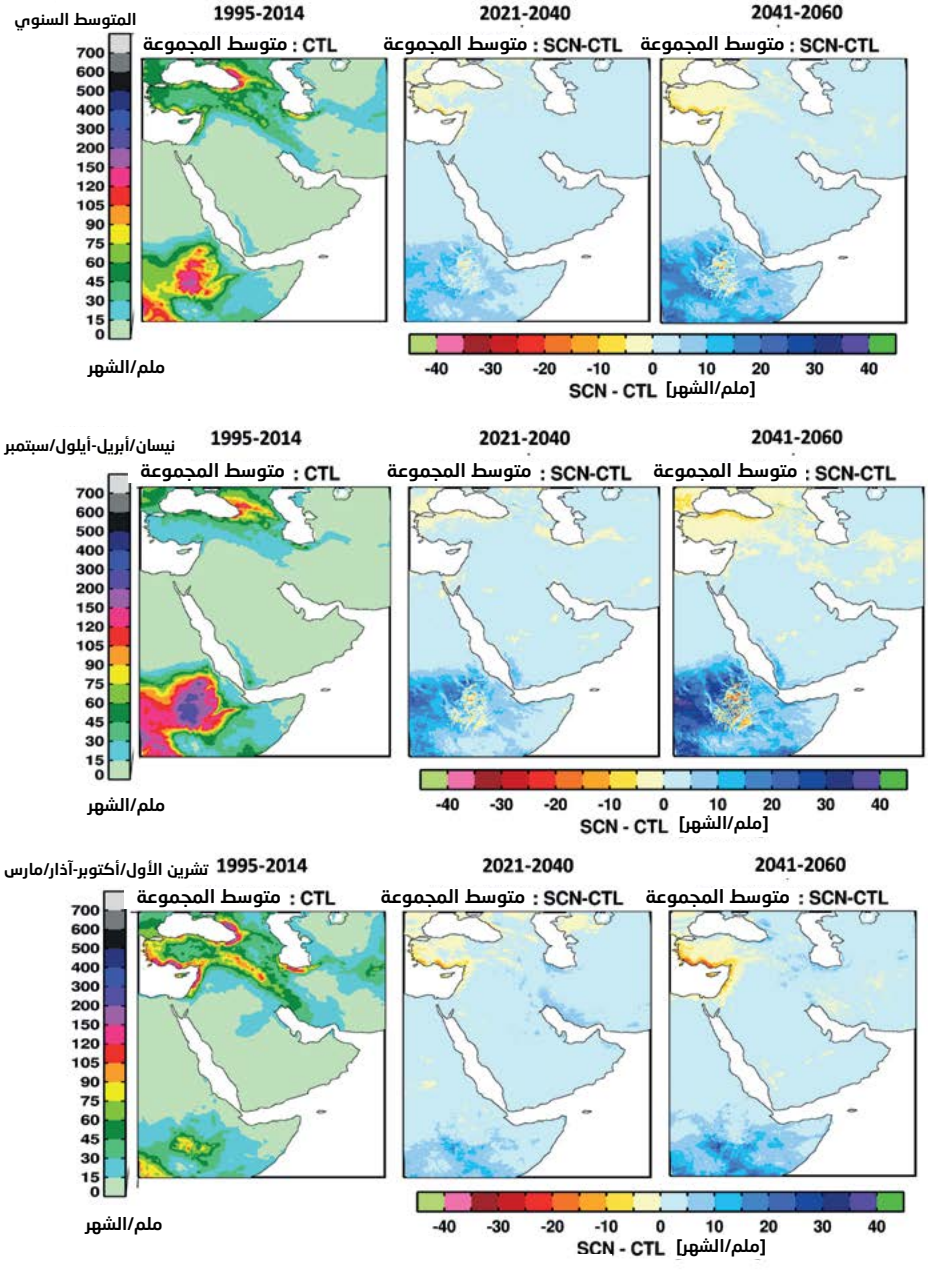
في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

باء. معدل التساقطات

تظهر الخرائط الواردة في الشكل 6 أدناه متوسط التغير في معدل التساقطات في نطاق المشرق. ويتضح فيها أيضاً إلى أي درجة تتفق الإسقاطات الستة حول ما إذا كان من المتوقع أن يُسجَّل ازدياد أم انخفاض في معدل التساقطات (الشكل 7). وبما أن التساقطات تشهد حالة تقلّبية أكبر في النطاق، فإنّه يسهل تقييم هذه الخرائط حين يضاف إليها مخططات التسلسلات الزمنية المعروضة في القسمين 5 و6.

الشكل 6: متوسط التغير في معدل التساقطات (ملم/بالشهر) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



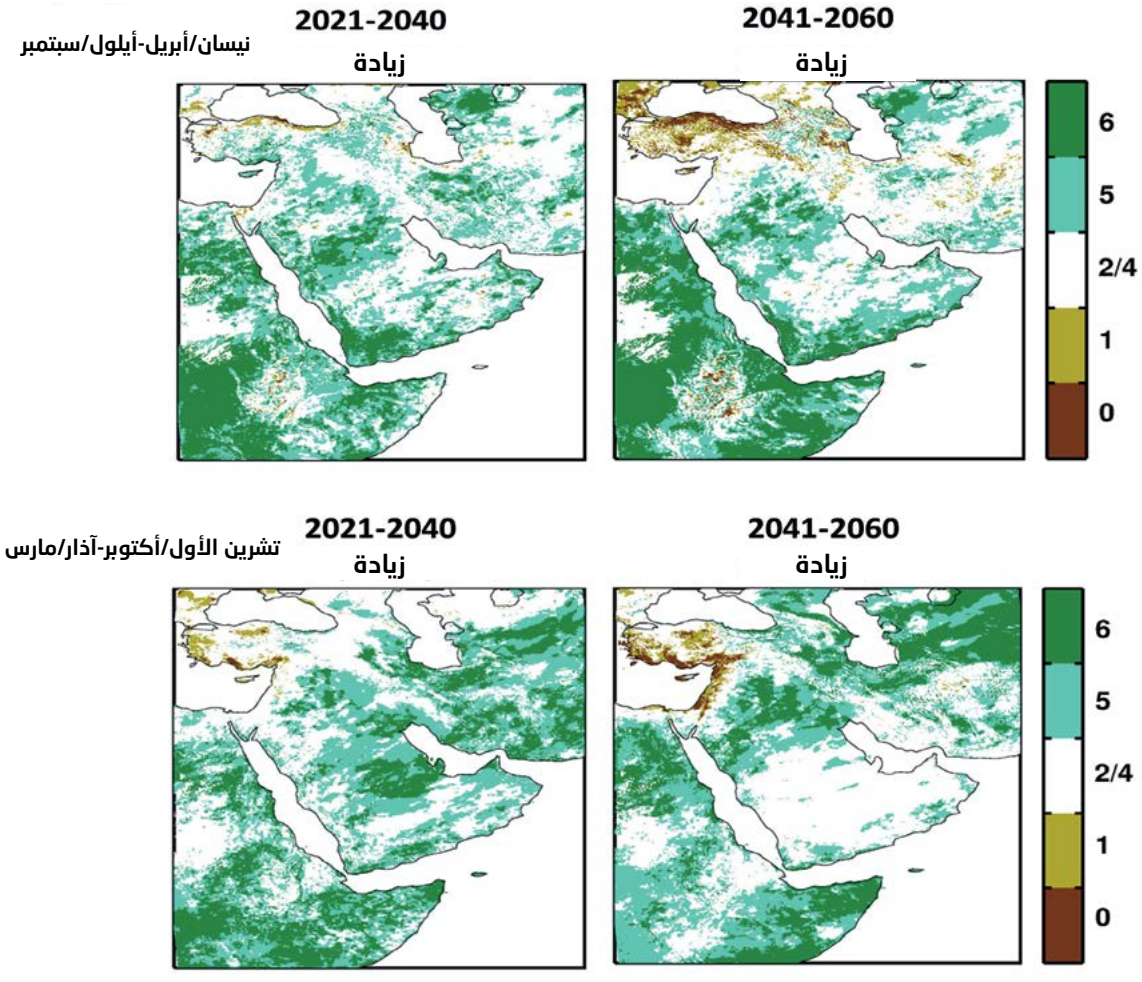
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: يظهر متوسط معدل التساقطات للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في معدل التساقطات للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في معدل التساقطات للفترة 2041-2060 إلى اليمين. جميع وحدات القياس هي ملم/الشهر.

في الأعلى: المتوسط السنوي، في الوسط: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

الشكل 7: التوافق بشأن التغير في معدل التساقطات بين مجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يشير اللون البني إلى توافق جميع الإسقاطات على انخفاض في التساقطات (0 زيادة)، بينما يشير اللون الأخضر إلى الأماكن التي تتفق فيها جميع الإسقاطات على زيادة في التساقطات (6 زيادة)، ويشير اللون الأبيض إلى غياب التوافق بشأن الزيادة أو الانخفاض.

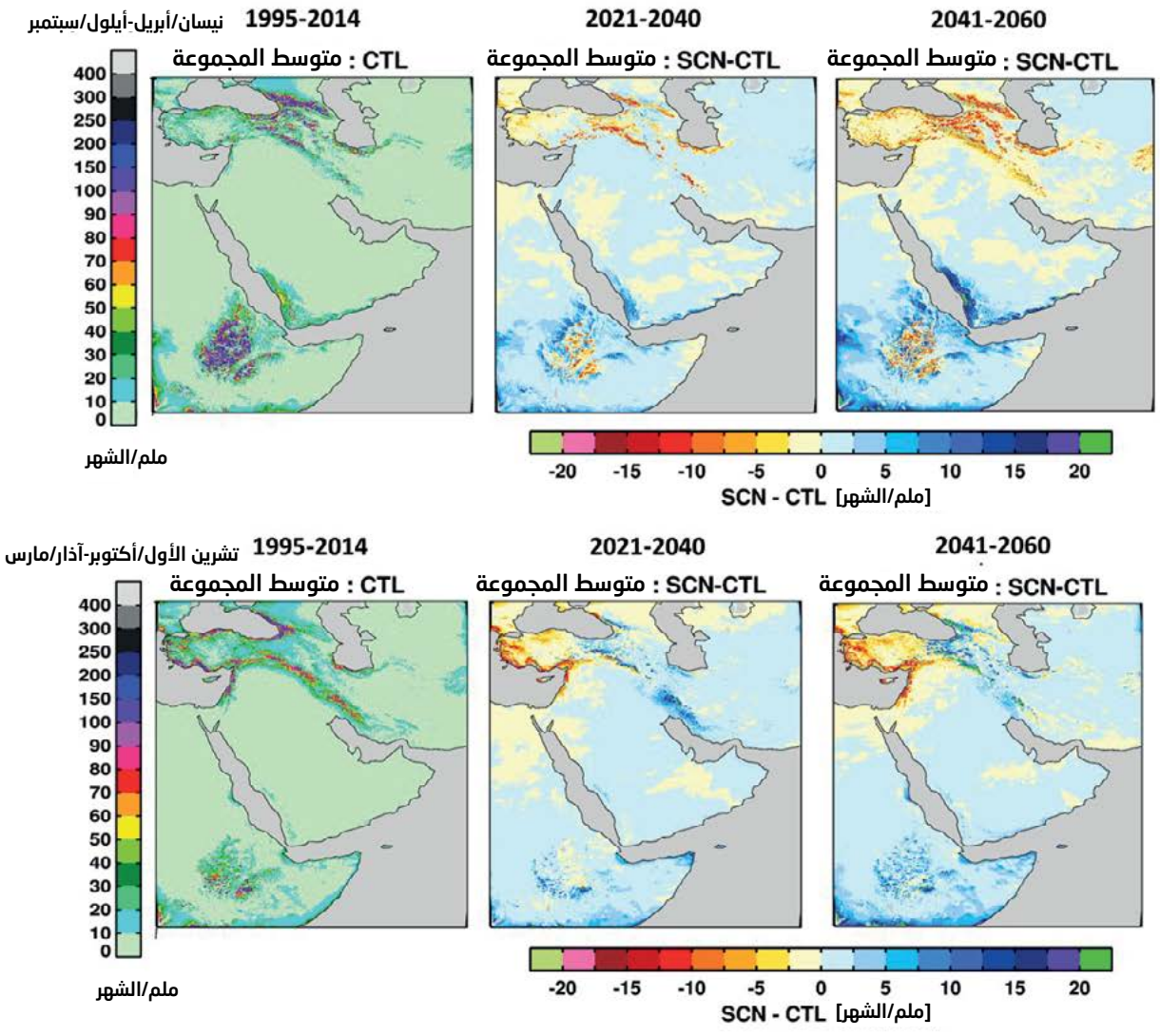
تظهر إلى اليسار الفترة 2021-2040، وإلى اليمين الفترة 2041-2060. وحدات القياس هي عدد إسقاطات النموذج من 1 إلى 6.

في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر، في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

جيم. الجريان السطحي

تعرض خرائط التغير في الجريان السطحي في المنطقة في الشكل 8. وكما سبق أن ذكر، لم تُجرَ النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية لنطاق المشرق؛ لذا، فإنّ التغيرات في الجريان السطحي المعروضة في هذا التقرير هي نتائج مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية ولم يُصحح فيها أي انحياز.

الشكل 8: متوسط التغير في الجريان السطحي (ملم/الشهر) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الجريان السطحي للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الجريان السطحي للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الجريان السطحي للفترة 2041-2060 إلى اليمين. وجميع وحدات القياس هي ملم/الشهر.

في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر.

في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

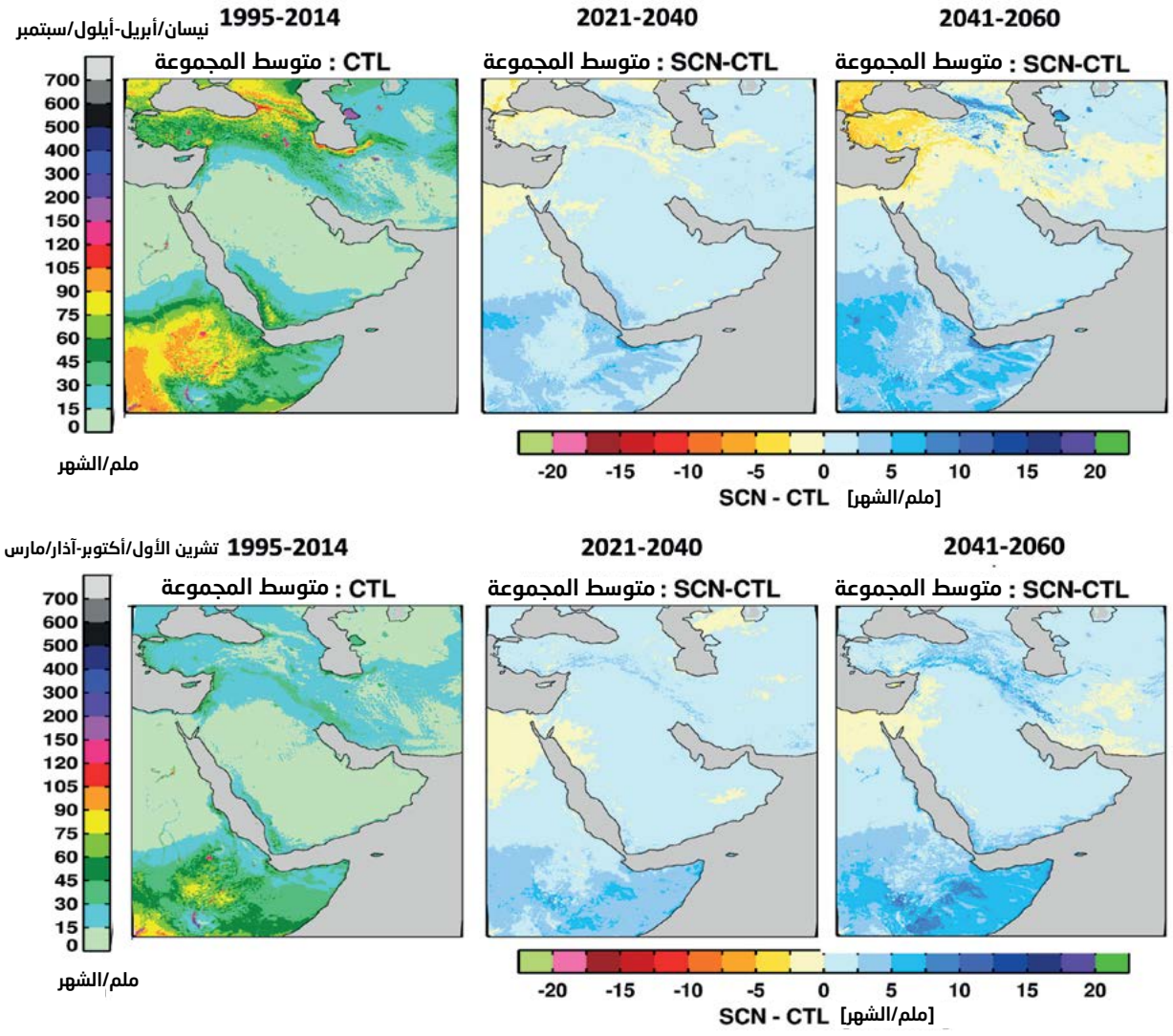
ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

دال. التبخر

تعرض خرائط التغير في التبخر الإجمالي في الشكل 9. ويؤدي التبخر دوراً مهماً بالنسبة إلى دورة المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من الشح. وفي بعض المناطق، يمكن تعويض التغيرات في التساقطات بارتفاع مستوى التبخر إلى الحد الذي يمكن أن ينخفض فيه الجريان السطحي حتى لو تبين أن معدل التساقطات آخذ في الازدياد.

والتغيرات في التبخر الواردة في هذا التقرير هي، على غرار الجريان السطحي، نتائج مباشرة مستمدة من النمذجة المناخية الإقليمية ولم يصحح فيها أي انحياز.

الشكل 9: متوسط التغير في التبخر (ملم/الشهر) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط التبخر للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في التبخر للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في التبخر للفترة 2041-2060 إلى اليمين. وجميع وحدات القياس هي ملم/الشهر.

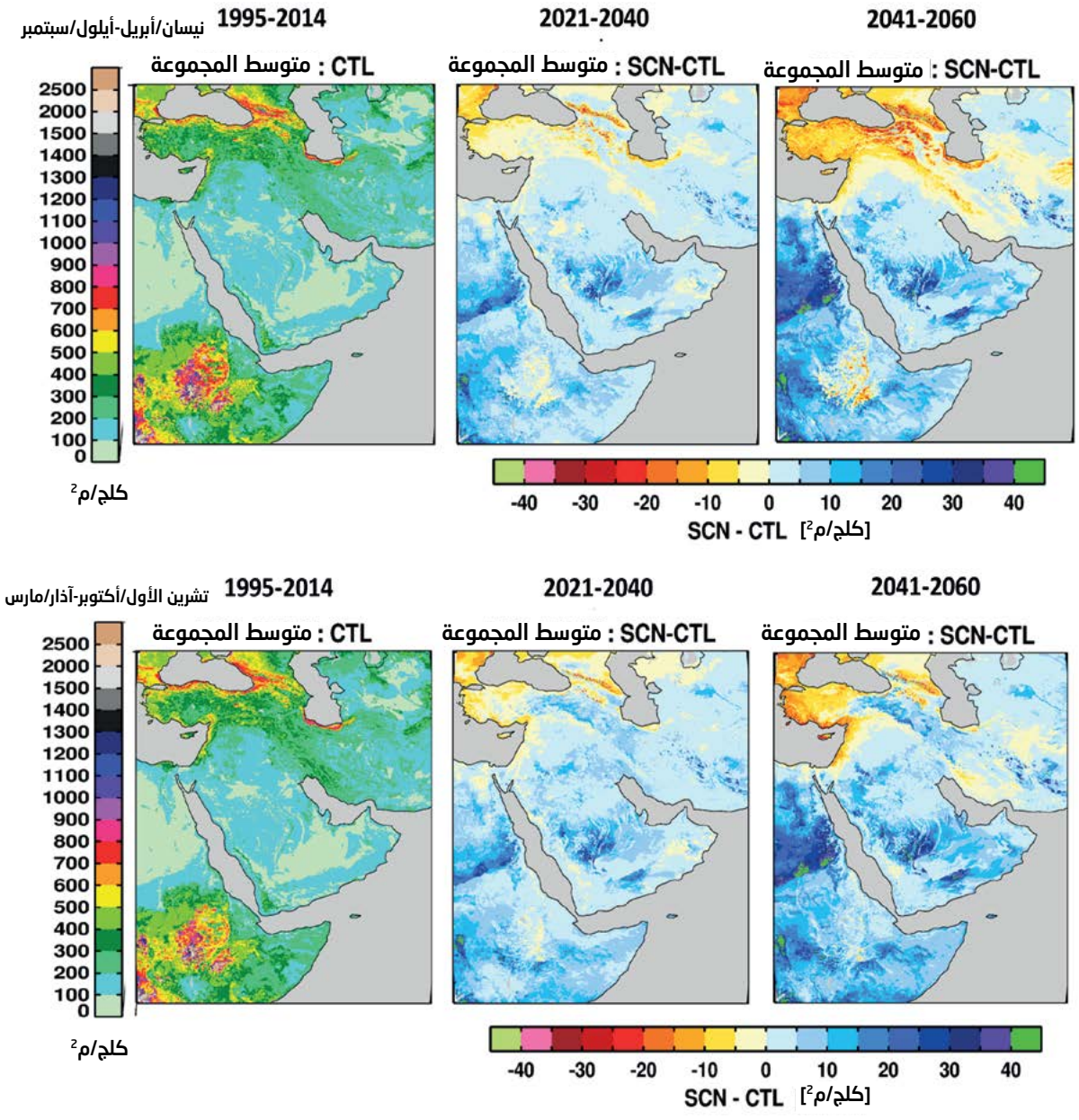
في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر. في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

هاء. رطوبة التربة

تعرض خرائط التغير في رطوبة التربة في الشكل 10. والتغيرات في رطوبة التربة الواردة في هذا التقرير هي، على غرار الجريان السطحي، نتائج مباشرة مستمدة من النمذجة المناخية الإقليمية ولم يصحح فيها أي انحياز.

الشكل 10: متوسط التغير في رطوبة التربة (ملم/الشهر) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط رطوبة التربة للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في رطوبة التربة للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في رطوبة التربة للفترة 2041-2060 إلى اليمين. وجميع وحدات القياس هي ملم/الشهر.

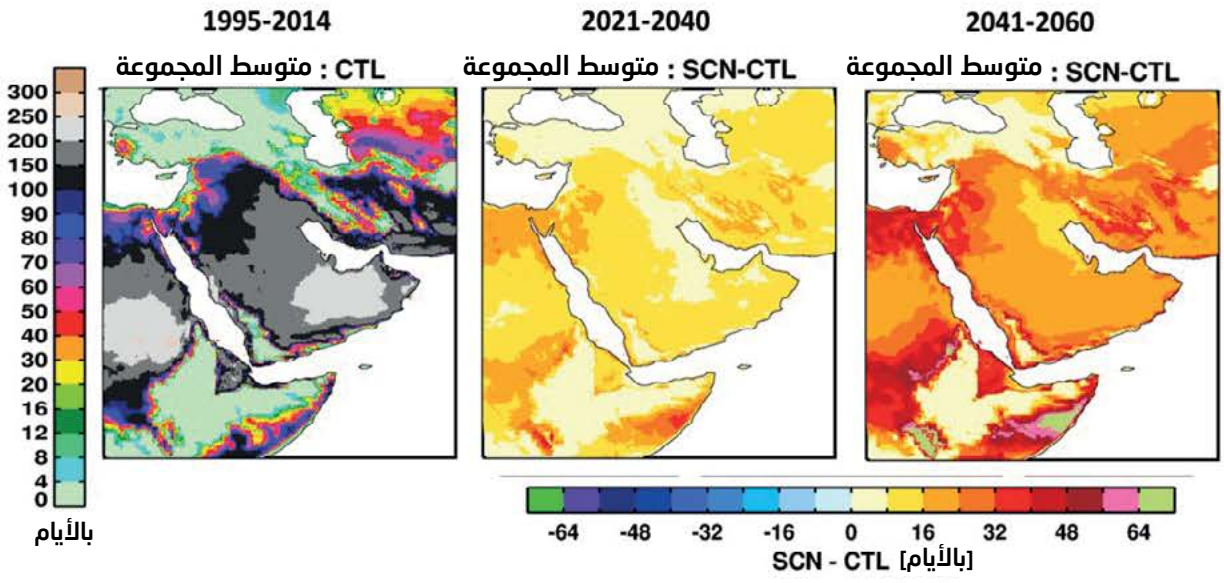
في الأعلى: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر. في الأسفل: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس.

ترد إلى اليسار الإيضاحات بشأن متوسط التغير خلال الفترة المرجعية فقط؛ وفي الأسفل تلك المتعلقة بالتغيرات المعروضة في جميع الرسوم البيانية الأخرى.

واو. مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة

حُددت خمسة مؤشرات للظواهر المتطرفة في القسم 3.2. وتُعرض التغيرات المسقطة في هذه الظواهر في الأشكال 11-15.

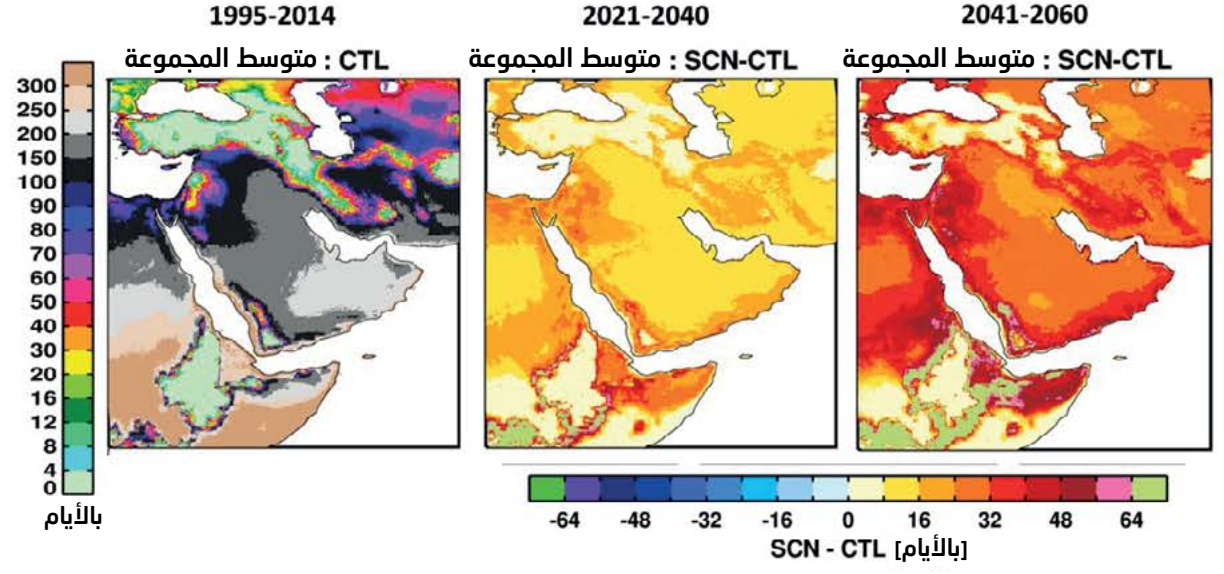
الشكل 11: التغير في عدد "الأيام الحارة" وفقاً للتعريف الإقليمي المعتمد في إطار ريكار (المؤشر SU35، درجة الحرارة القصوى >35 درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الأيام للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الأيام للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الأيام للفترة 2041-2060 إلى اليمين. ووحدات القياس هي عدد الأيام في السنة.

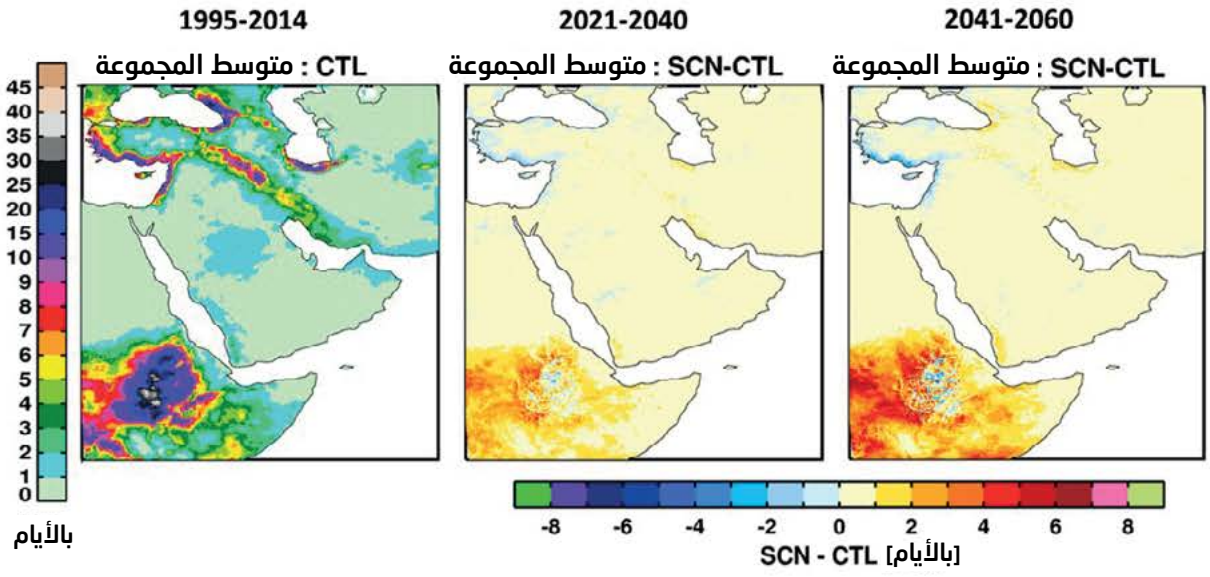
الشكل 12: التغير في عدد "الليالي الاستوائية" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD (TR، درجة الحرارة الدنيا >20 درجة مئوية) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الأيام للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الأيام للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الأيام للفترة 2041-2060 إلى اليمين. ووحدات القياس هي عدد الأيام في السنة.

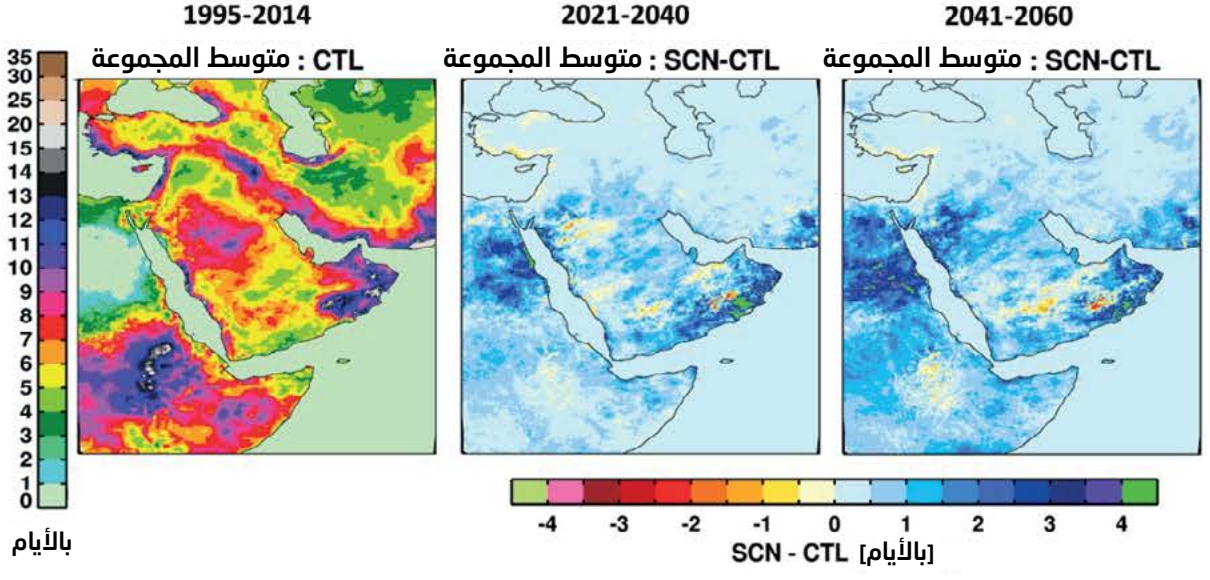
الشكل 13: التغير في عدد "أيام التساقطات الغزيرة جداً البالغة 20 ملم" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD (R20، الأيام التي تكون فيها التساقطات اليومية ≥20 ملم) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الأيام للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الأيام للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الأيام للفترة 2041-2060 إلى اليمين. ووحدات القياس هي عدد الأيام في السنة.

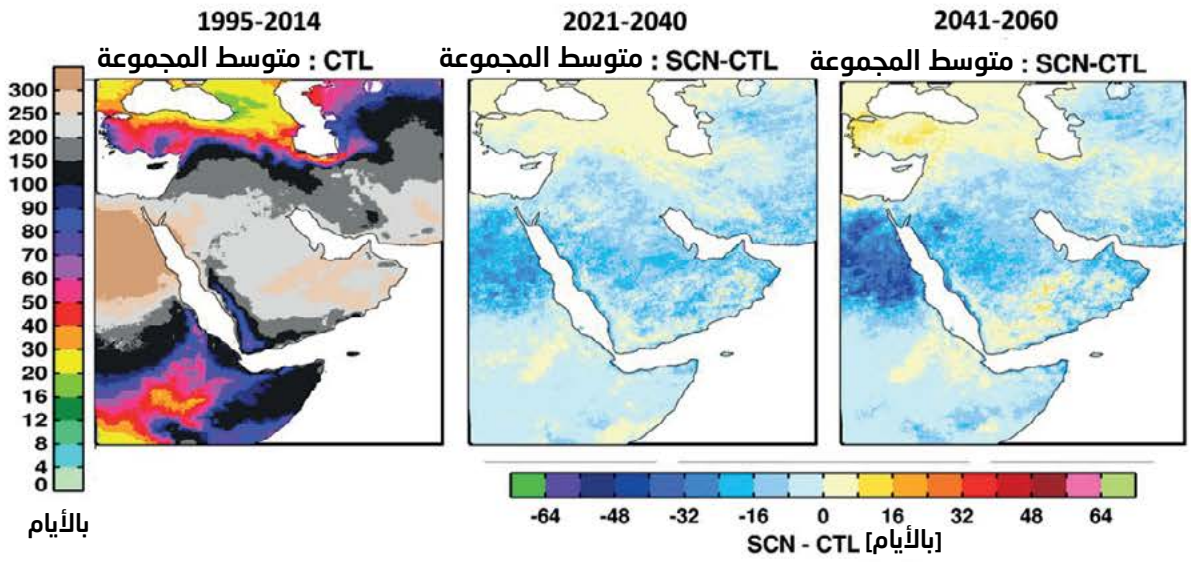
الشكل 14: التغير في "مؤشر شدة التساقطات اليومية البسيط" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD (SDII مجموع التساقطات مقسوماً على عدد أيام المطر) لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الأيام للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الأيام للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الأيام للفترة 2041-2060 إلى اليمين. ووحدات القياس هي عدد الأيام في السنة.

الشكل 15: التغير في "الطول الأقصى لفترات الجفاف" وفقاً لمؤشرات ETCCDI/CRD (CDD، الأيام المتتالية التي تكون فيها التساقطات <1 ملم) لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014



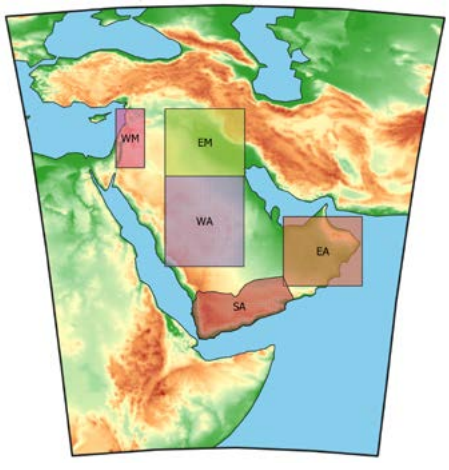
المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: يظهر متوسط الأيام للفترة المرجعية إلى اليسار، والتغير في الأيام للفترة 2021-2040 في الوسط، والتغير في الأيام للفترة 2041-2060 إلى اليمين. ووحدات القياس هي عدد الأيام في السنة.

5 تحليل المناطق الفرعية في نطاق المشرق

قد تصعب رؤية الاختلافات في تغيُّر المناخ على الخرائط ذات المقاييس الكبيرة، لذلك أوجزت أيضاً نتائج النماذج في مناطق فرعية مختارة تمثل أجزاء مختلفة من نطاق المشرق، كما يتبين في الشكل 16. ويعرض في الأشكال 17-21 عدد من المتغيرات المناخية لكل منطقة من المناطق دون الإقليمية. وتشكل نتائج كل متغير متوسط قيمة المساحة في المنطقة الفرعية المحددة والذي يظهر على شكل رسوم بيانية لتسلسلات زمنية ذات قيم متوسطة متحركة لمدة 20 عاماً. وتعرض إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية الستة كافةً مع متوسط المجموعة في كل رسم بياني. وبالنسبة إلى التغير في درجات الحرارة ومعدل التساقطات، تُعرض كذلك الإسقاطات الثلاثة المستمدة من النطاق العربي لمقارنتها على شكل خطوط رمادية.

الشكل 16: خريطة الموقع التي تعرض المناطق الفرعية المختارة للتحليل



WM – غرب المشرق

EM – شرق المشرق

WA – غرب شبه الجزيرة العربية

EA – شرق شبه الجزيرة العربية

SA – جنوب شبه الجزيرة العربية

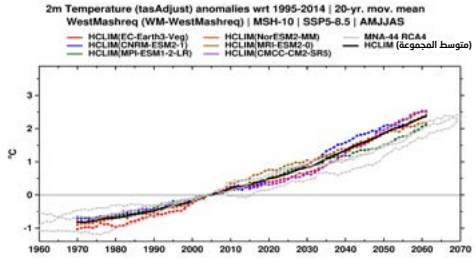
المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: تشير ألوان الخلفية على الخريطة إلى التضاريس التي يظهر فيها اللون البني الارتفاعات الأعلى، فيما يظهر اللون الأخضر الارتفاعات الأدنى.

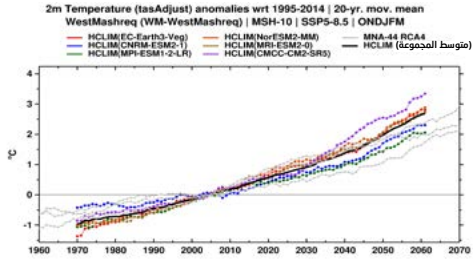
ألف. غرب المشرق

الشكل 17: موجز لنتائج الإسقاطات لغرب المشرق

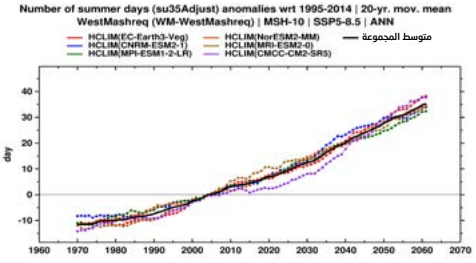
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



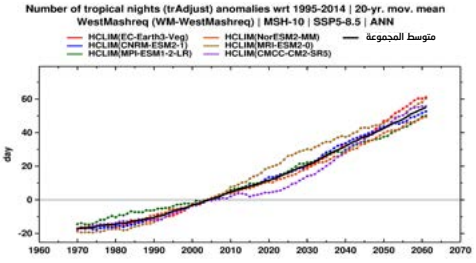
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



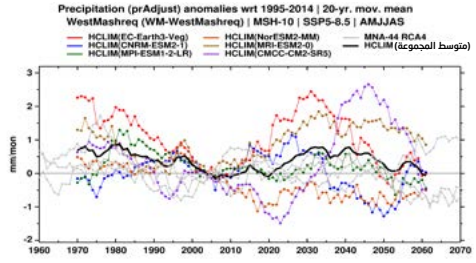
الأيام الحارة (SU35)



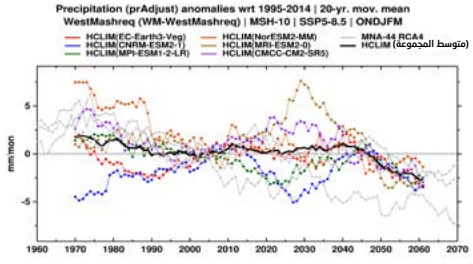
الليالي الاستوائية (TR)



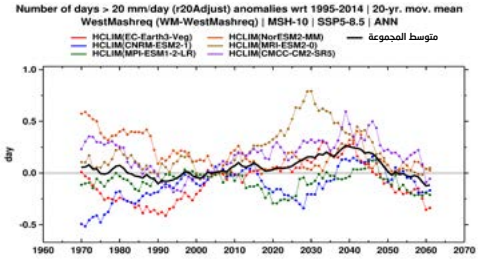
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



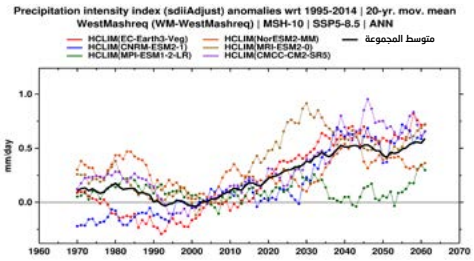
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



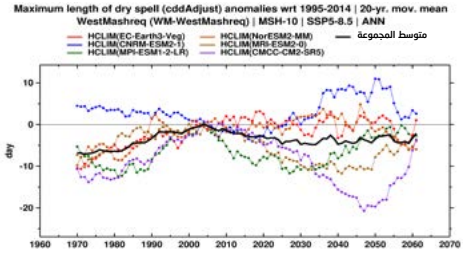
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



التغير في شدة التساقطات (SDII)



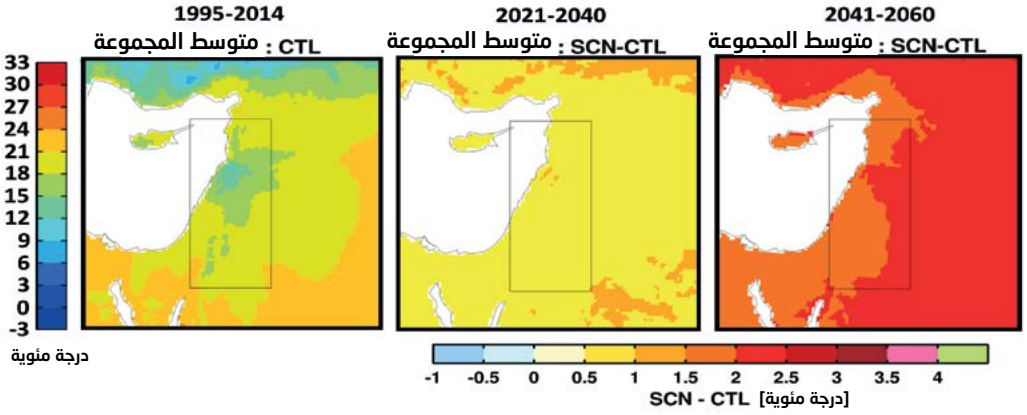
التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف(CDD)



المصدر: معدو التقرير

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب. وتظهر إسقاطات النطاق العربي الثلاثة لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات كخطوط رمادية (MNA-44 RCA4).

الشكل 18: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لغرب المشرق

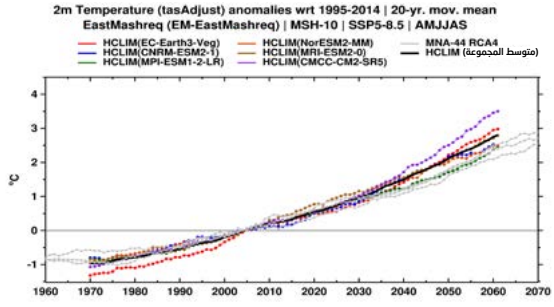


المصدر: معدو التقرير

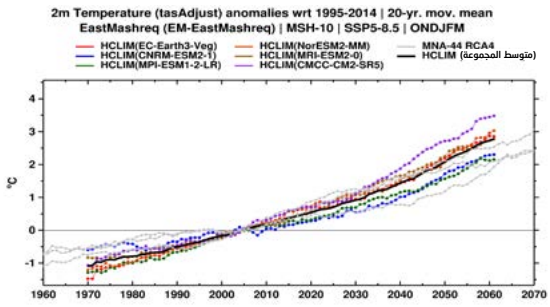
باء. شرق المشرق

الشكل 19: موجز لنتائج الإسقاطات لشرق المشرق

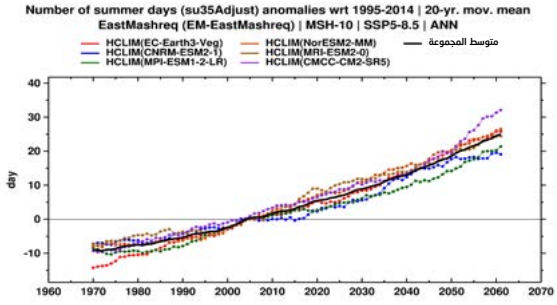
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



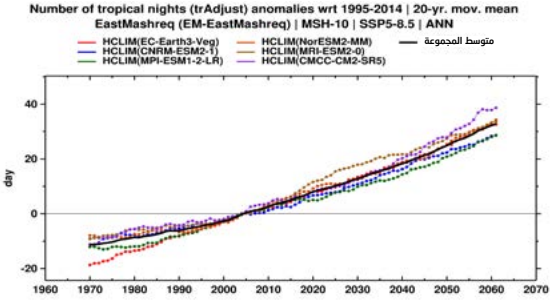
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



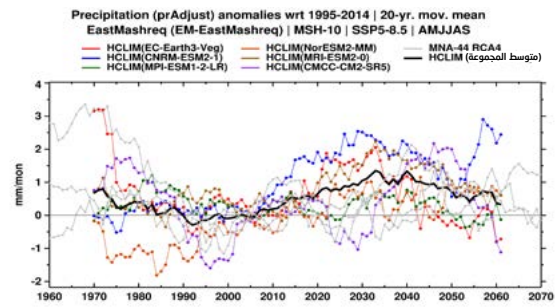
الأيام الحارة (SU35)



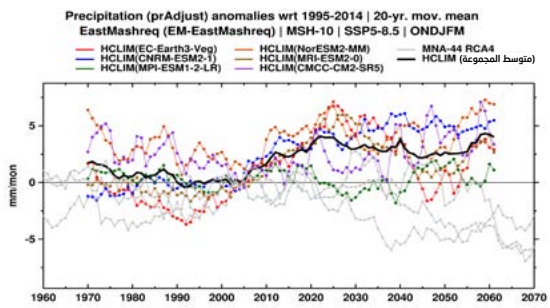
الليالي الاستوائية (TR)



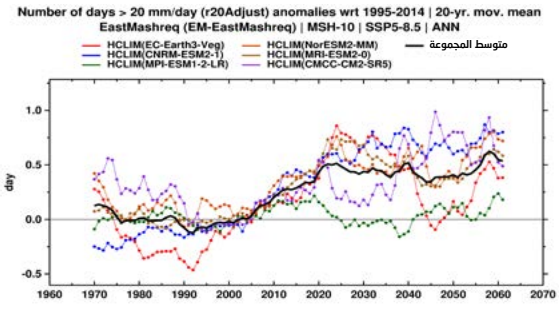
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



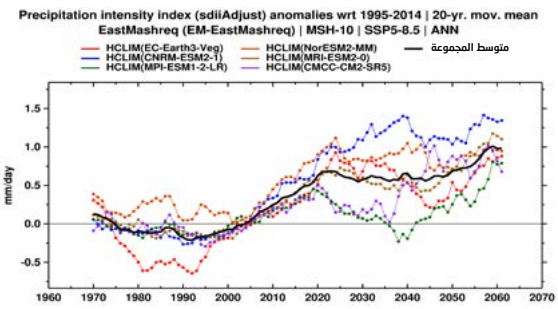
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



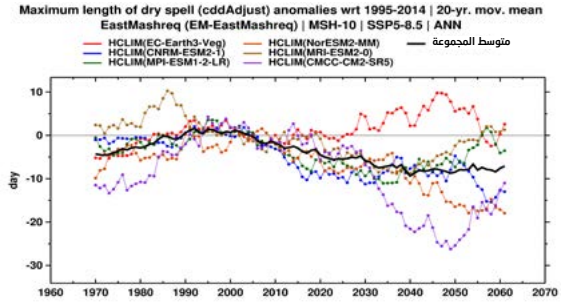
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



التغير في شدة التساقطات (SDII)



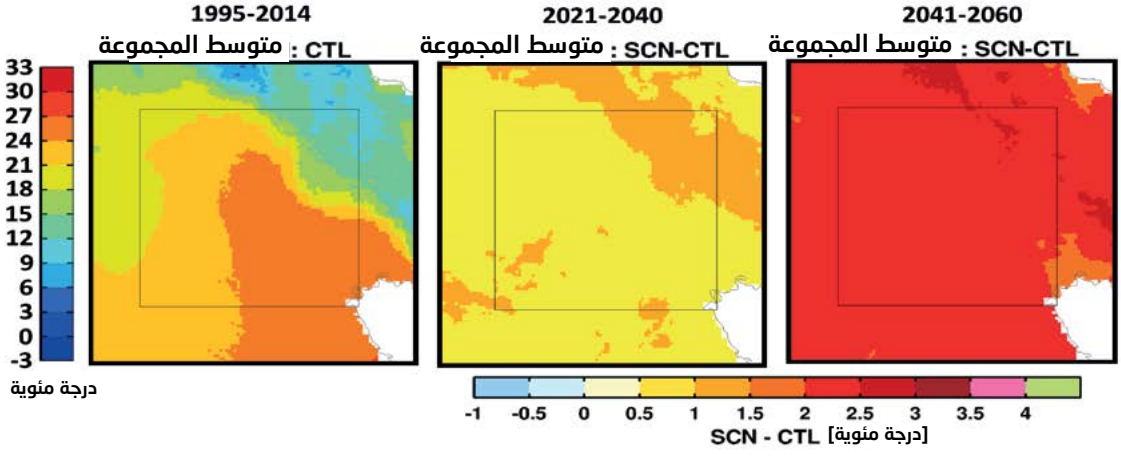
التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف(CDD)



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارت الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب. وتظهر إسقاطات النطاق العربي الثلاثة لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات كخطوط رمادية (MNA-44 RCA4).

الشكل 20: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارت SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لشرق المشرق

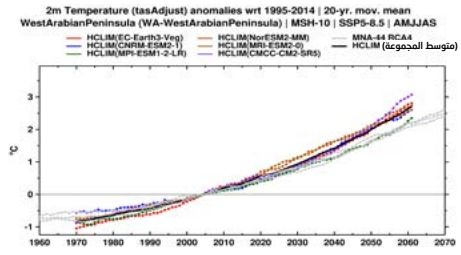


المصدر: معدو التقرير.

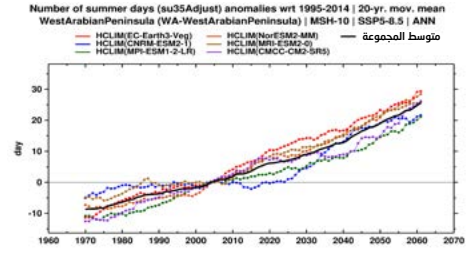
جيم. غرب شبه الجزيرة العربية

الشكل 21: موجز لنتائج الإسقاطات لغرب شبه الجزيرة العربية

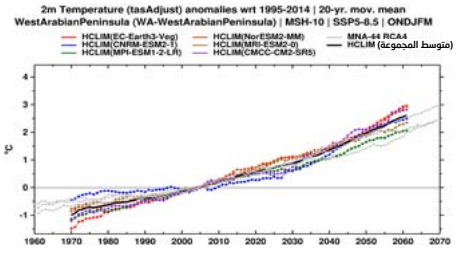
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



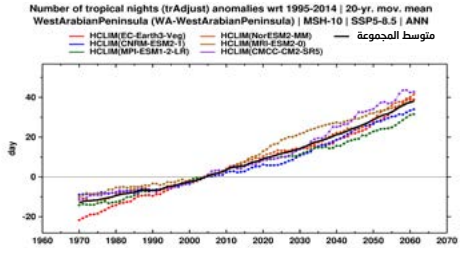
الأيام الحارة (SU35)



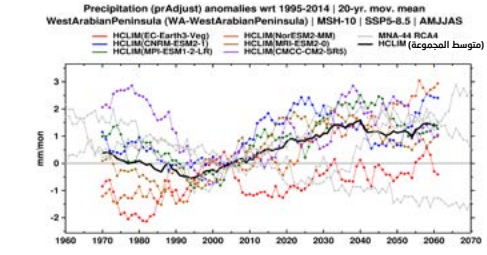
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



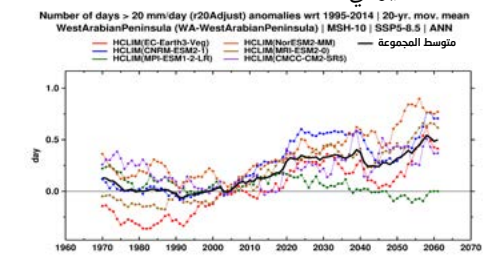
الليالي الاستوائية (TR)



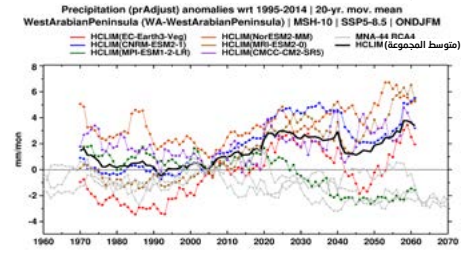
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



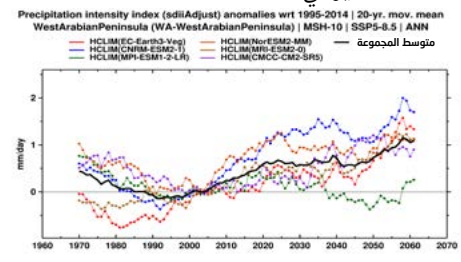
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



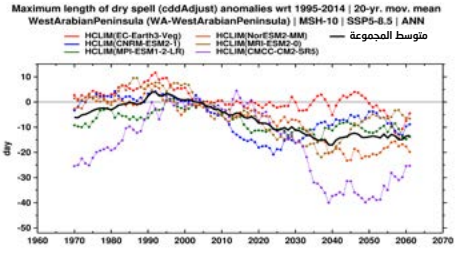
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



التغير في شدة التساقطات (SDII)



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



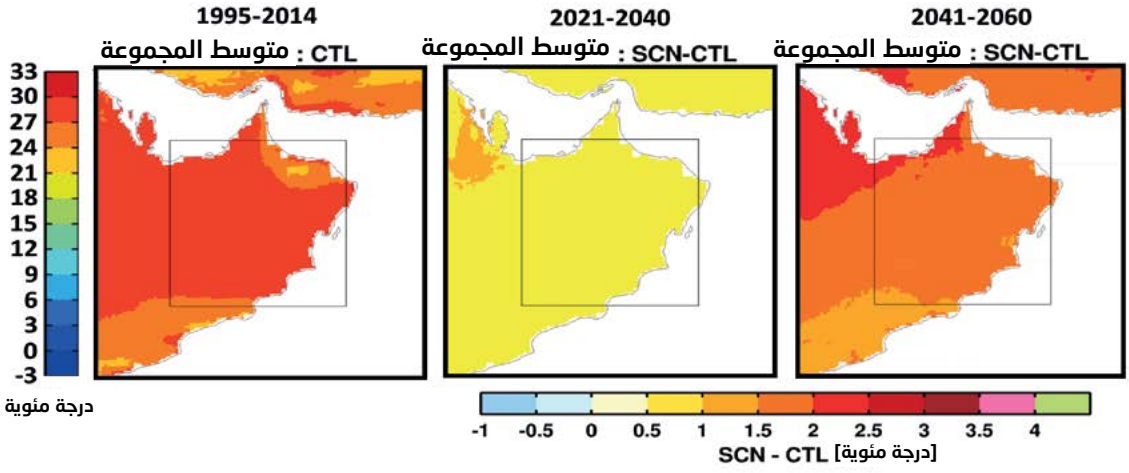
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز.

ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

وتظهر إسقاطات النطاق العربي الثلاثة لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات كخطوط رمادية (MNA-44 RCA4).

الشكل 22: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات للمسارت SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لغرب شبه الجزيرة العربية

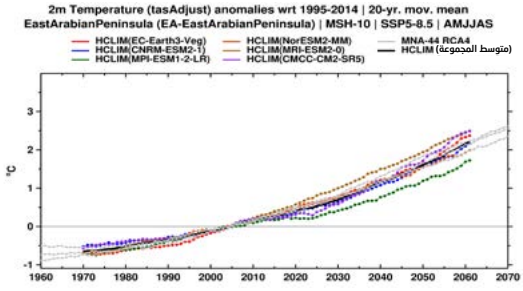


المصدر: معدو التقرير.

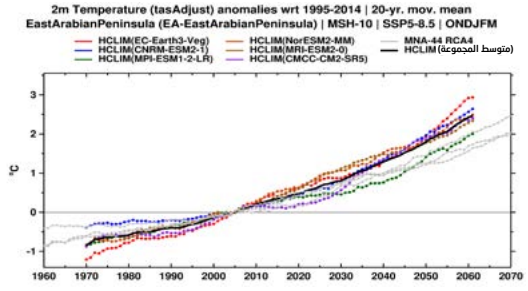
دال. شرق شبه الجزيرة العربية

الشكل 23: موجز لنتائج الإسقاطات لشرق شبه الجزيرة العربية

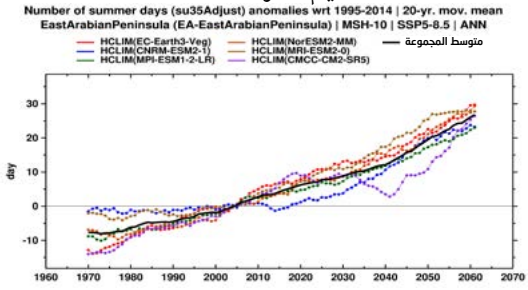
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



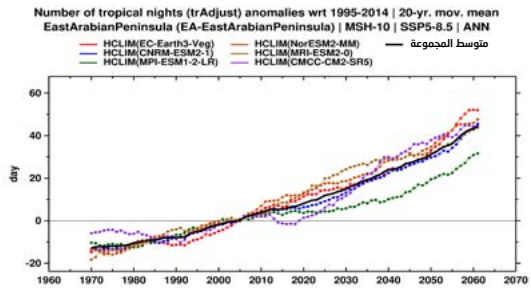
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



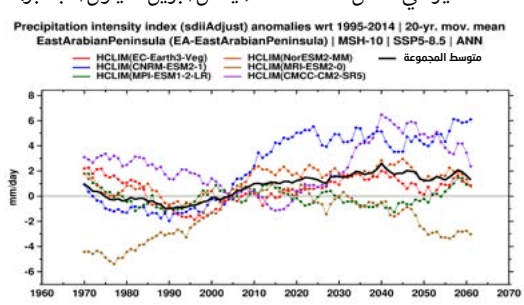
الأيام الحارة (SU35)



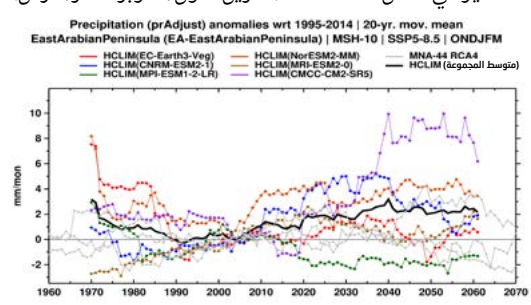
الليالي الاستوائية (TR)



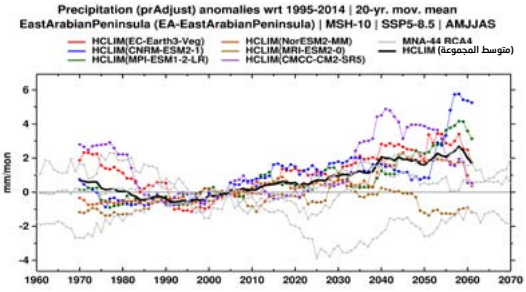
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



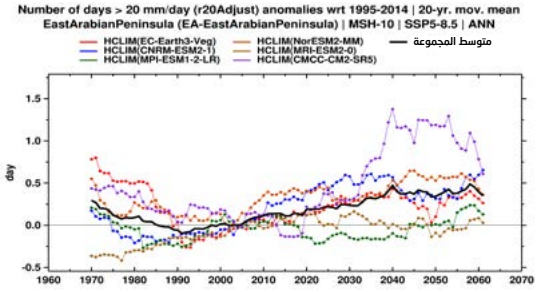
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



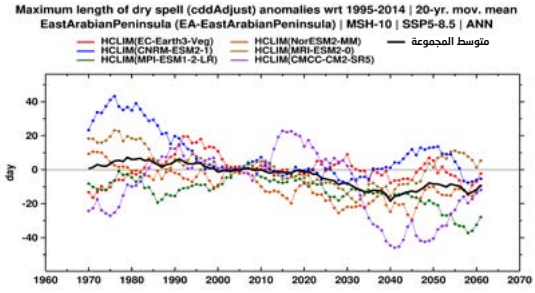
التغير في شدة التساقطات (SDII)



التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



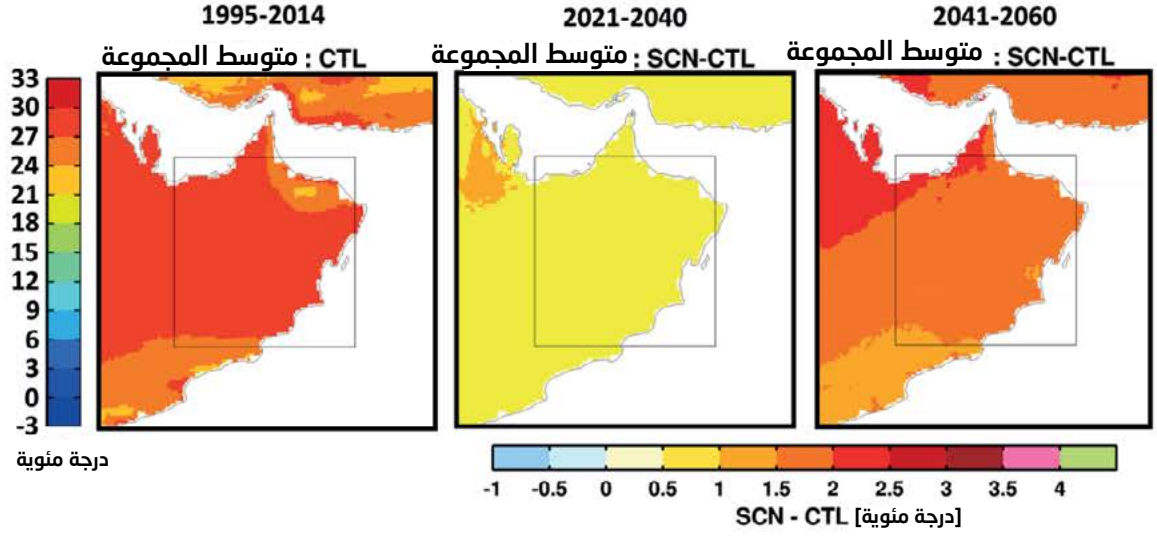
التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف(CDD)



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب. وتظهر إسقاطات النطاق العربي الثلاثة لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات كخطوط رمادية (MNA-44 RCA4).

الشكل 24: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لشرق شبه الجزيرة العربية

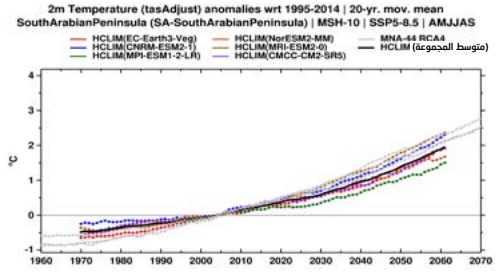


المصدر: معدو التقرير.

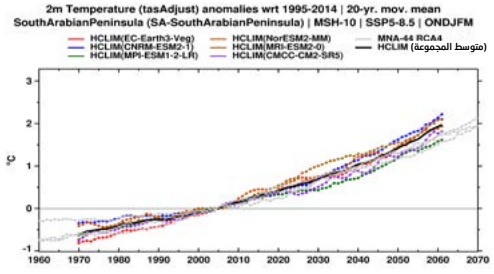
هاء. جنوب شبه الجزيرة العربية

الشكل 25: موجز لنتائج الإسقاطات لجنوب شبه الجزيرة العربية

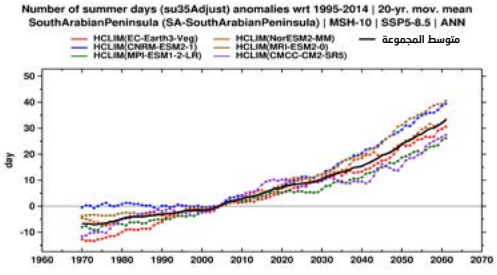
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



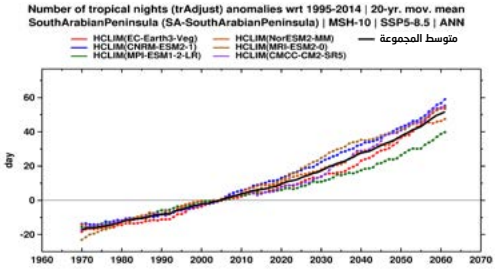
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



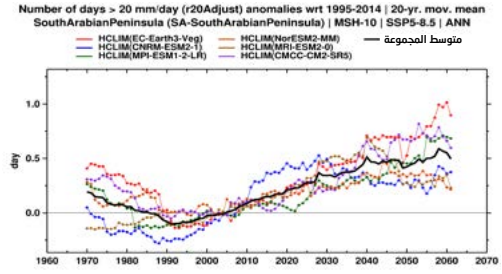
الأيام الحارة (SU35)



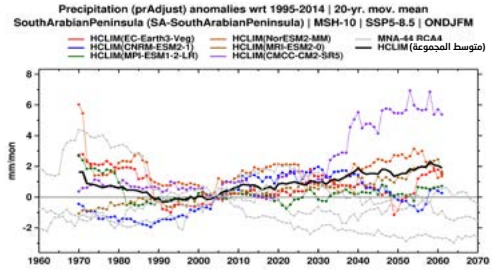
الليالي الاستوائية (TR)



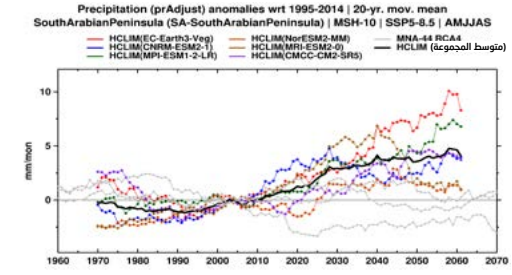
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



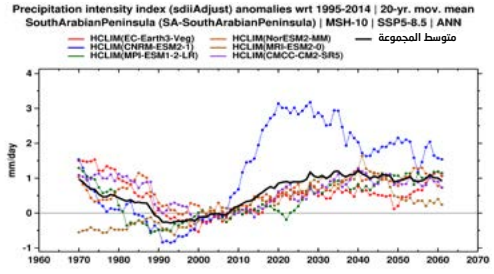
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



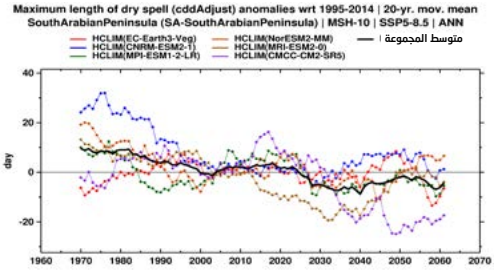
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



التغير في شدة التساقطات (SDII)



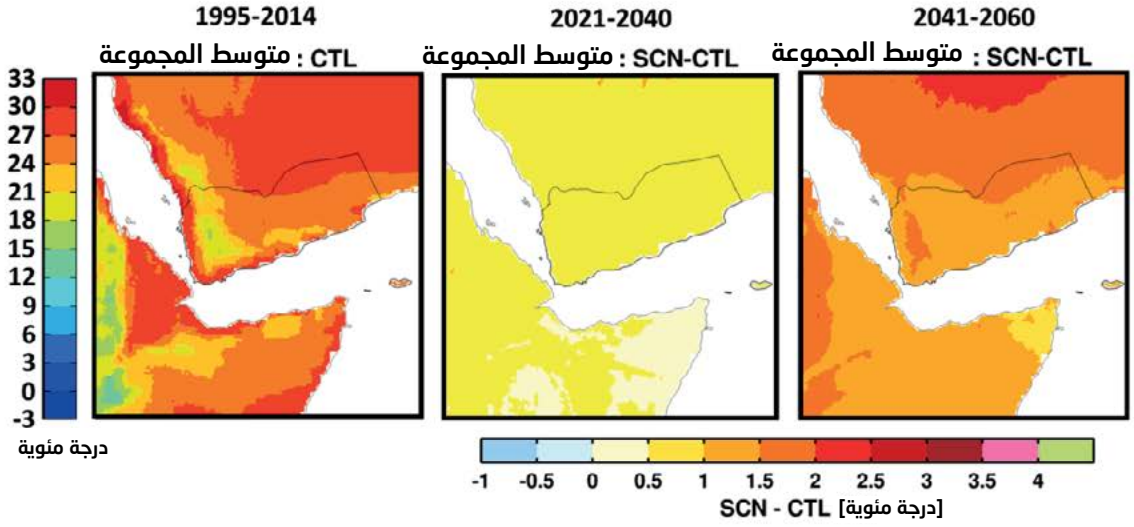
التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارت الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب. وتظهر إسقاطات النطاق العربي الثلاثة لدرجات الحرارة ومعدل التساقطات كخطوط رمادية (MNA-44 RCA4).

الشكل 26: متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية لمجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 مقارنة بالفترة المرجعية 1995-2014 لجنوب شبه الجزيرة العربية



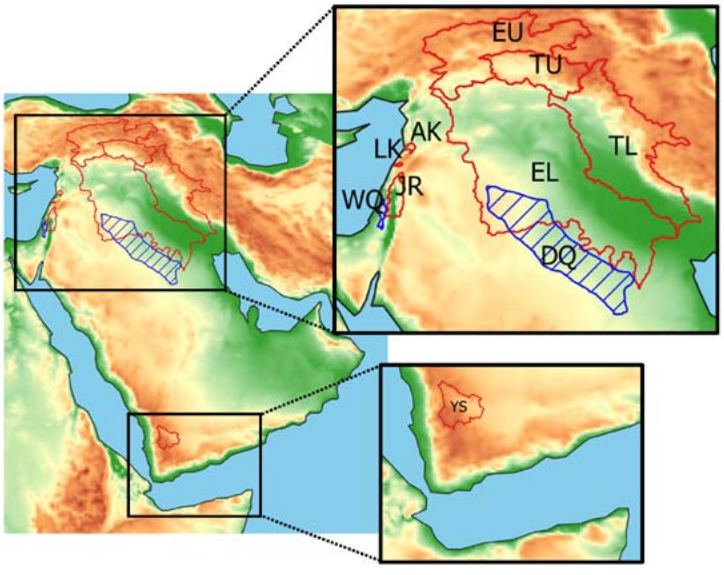
المصدر: معدو التقرير.

6 تحليل أحواض الأنهار ومناطق التغذية في نطاق المشرق

على غرار تحليل المناطق الفرعية، يسلط التقرير الضوء على أحواض الأنهار ومناطق تغذية خزانات المياه الجوفية المختارة ضمن نطاق المشرق وإظهار النتائج الخاصة بها. ويبيّن الشكل 27 المواقع المختارة على الخريطة.

وتوضح عملية التحليل للتغيرات المناخية في أحواض الأنهار كيف يمكن إيجاز نتائج الإسقاطات لمناطق مختلفة من النطاق. ويُعرض عدد من المتغيرات في الأشكال 27-32 لكل منطقة، وتشكل نتائج كل متغير متوسط قيمة المساحة والذي يظهر على شكل رسوم بيانية لتسلسلات زمنية ذات قيم متوسطة متحركة لمدة 20 عاماً. وتعرض إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية الستة كافة مع متوسط المجموعة في كل رسم بياني.

الشكل 27: خريطة الموقع التي تعرض أحواض الأنهار ومناطق التغذية المختارة للتحليل



EU – منابع الفرات

EL – الحوض السفلي للفرات

TU – منابع دجلة

TL – الحوض السفلي لدجلة

AK – النهر الكبير

LK – نهر الكلب

JR – غرب نهر الأردن

WQ – خزان المياه الجوفي الغربي

DQ – خزان المياه الجوفي الشمالي في الدمام

YS – حوض صنعاء

المصدر: معدو التقرير.

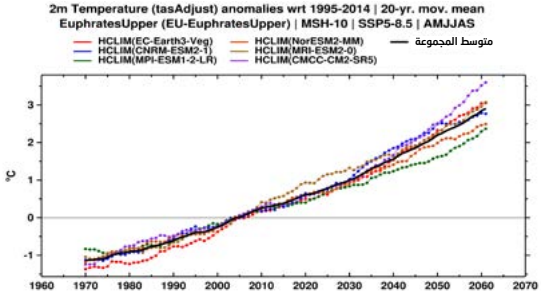
ملاحظة: تشير ألوان الخلفية على الخريطة إلى التضاريس التي يظهر فيها اللون البني الارتفاعات الأعلى، فيما يظهر اللون الأخضر الارتفاعات الأدنى.

ألف. حوض نهر الفرات

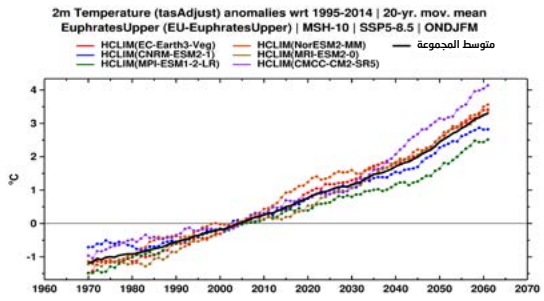
منابع نهر الفرات

الشكل 28: موجز لنتائج الإسقاطات لمنابع نهر الفرات

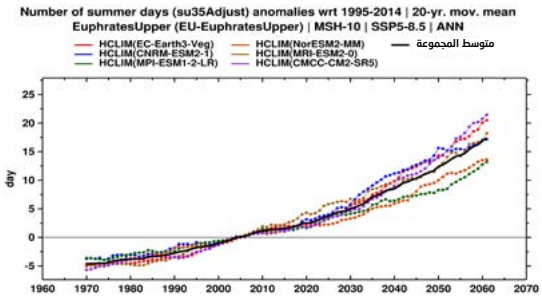
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



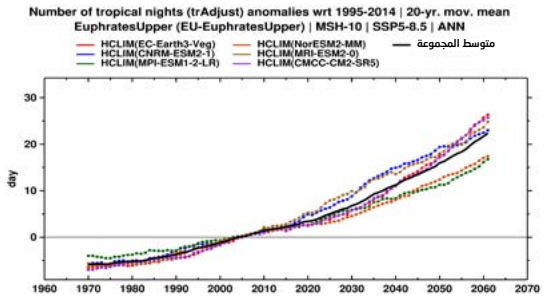
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



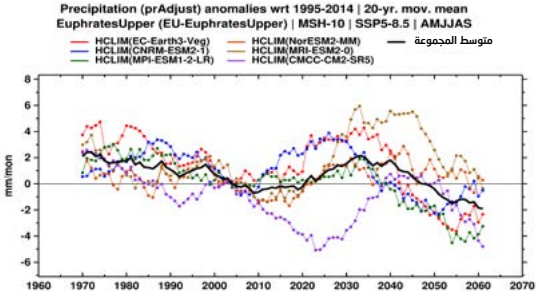
الأيام الحارة (SU35)



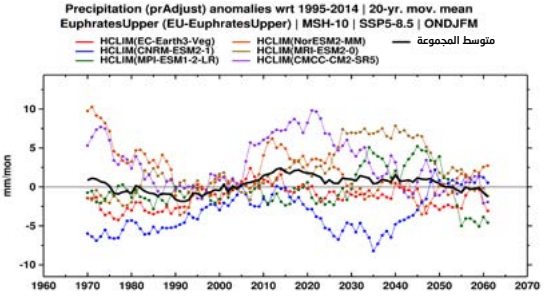
الليالي الاستوائية (TR)



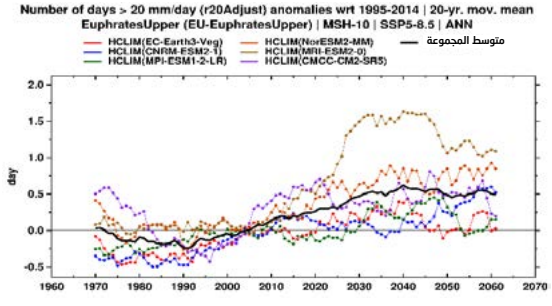
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



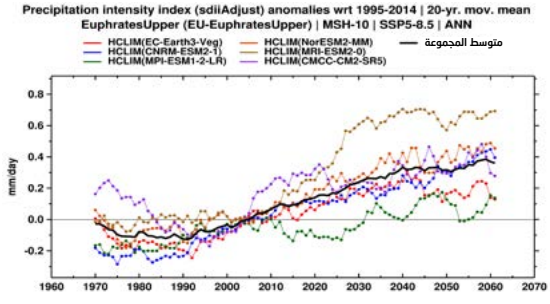
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



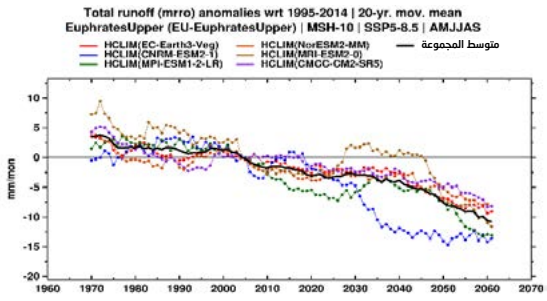
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



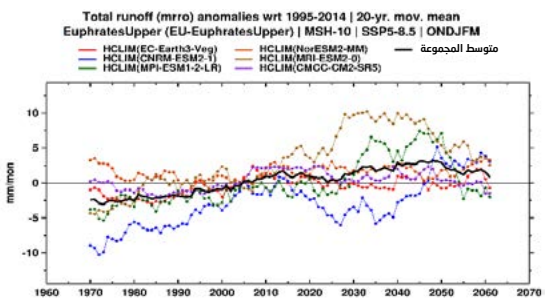
التغير في شدة التساقطات (SDII)



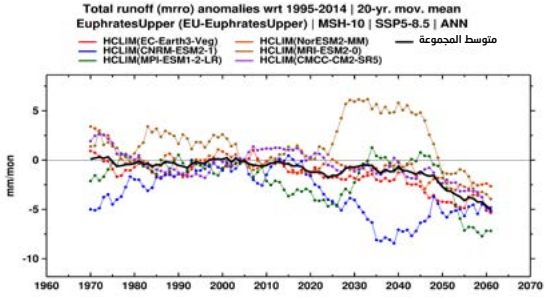
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



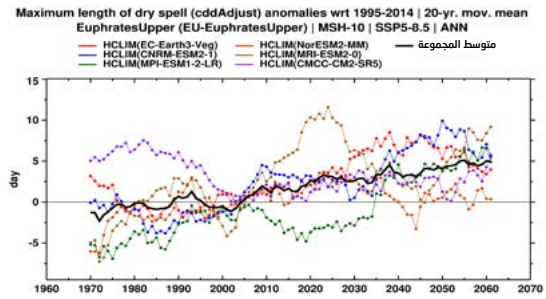
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



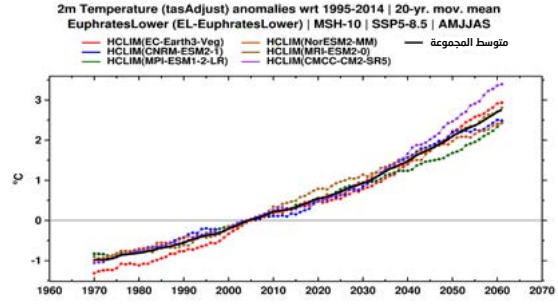
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب

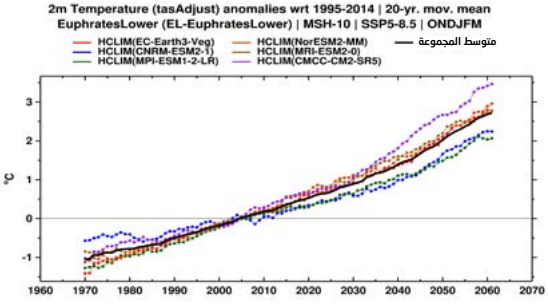
الحوض السفلي لنهر الفرات

الشكل 29: موجز لنتائج الإسقاطات للحوض السفلي لنهر الفرات

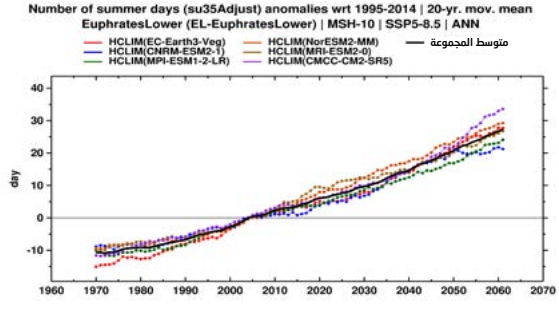
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



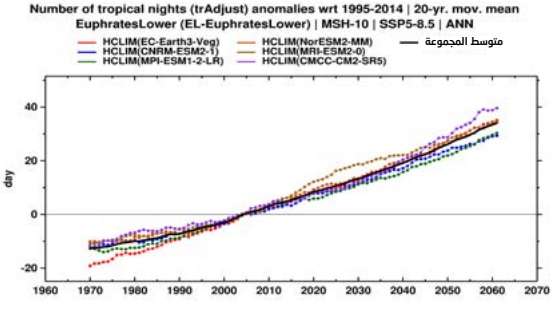
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



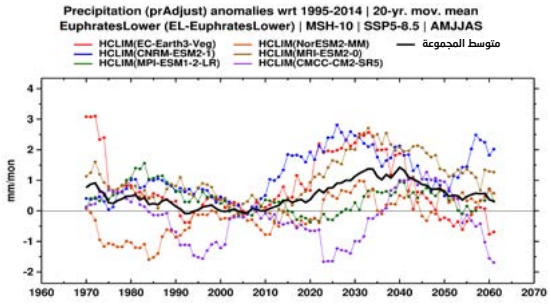
الأيام الحارة (SU35)



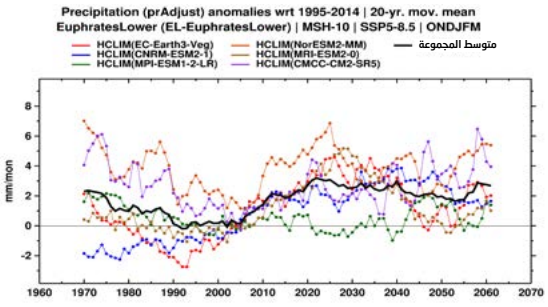
الليالي الاستوائية (TR)



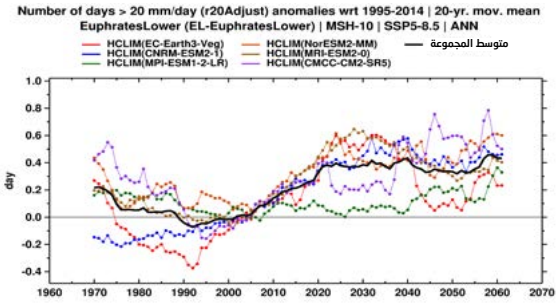
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



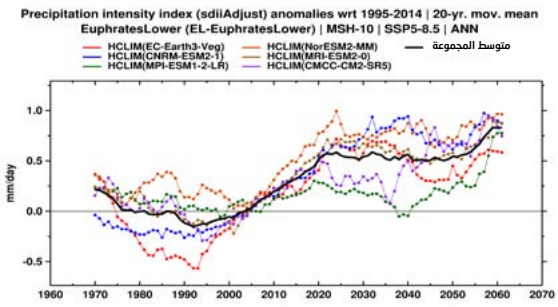
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



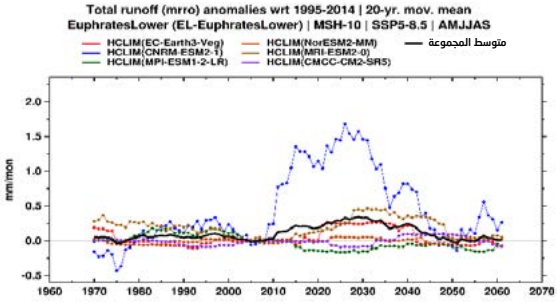
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



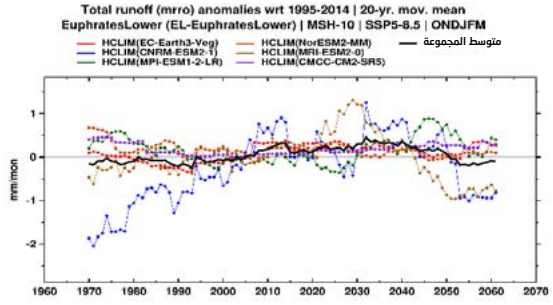
التغير في شدة التساقطات (SDII)



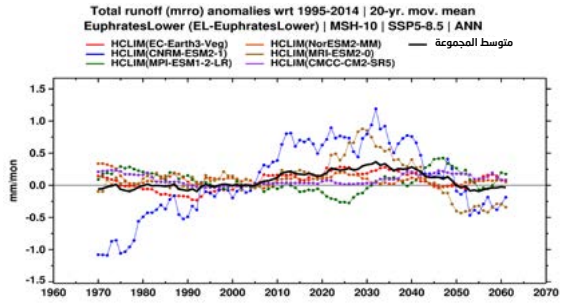
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



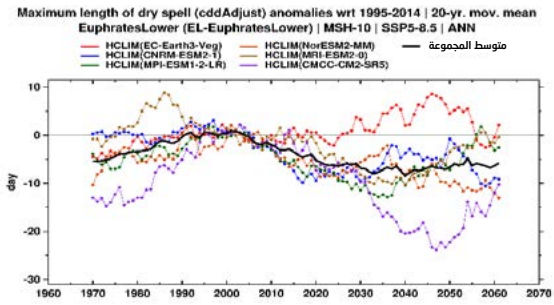
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

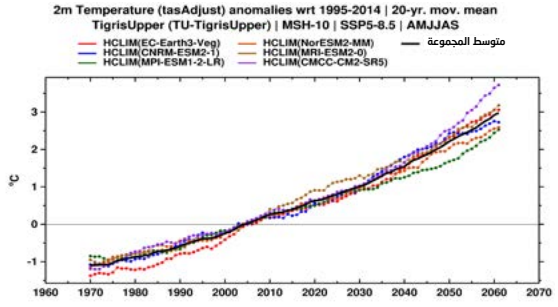
ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارت الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب

باء. حوض نهر دجلة

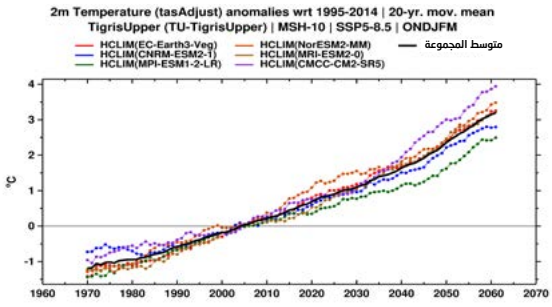
منابع نهر دجلة

الشكل 30: موجز لنتائج الإسقاطات لمنابع نهر دجلة

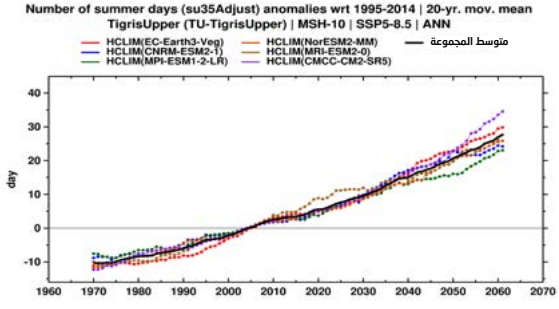
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



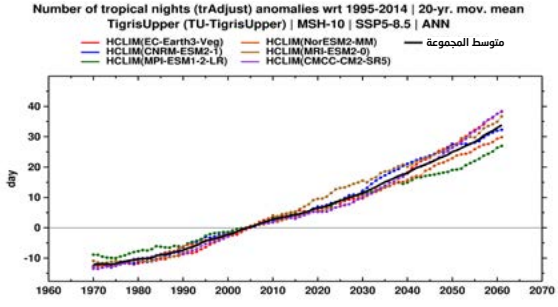
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



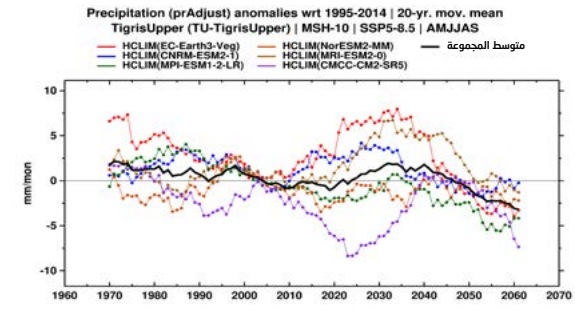
الأيام الحارة (SU35)



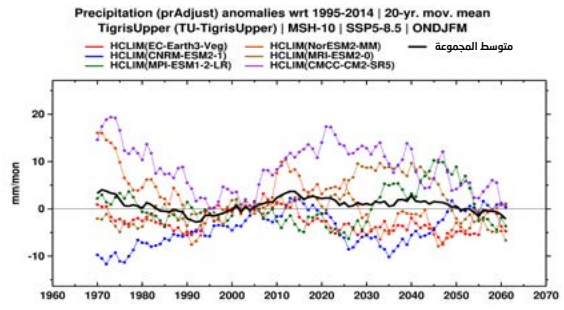
الليالي الاستوائية (TR)



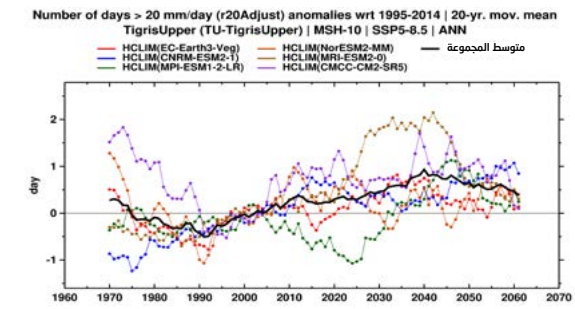
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



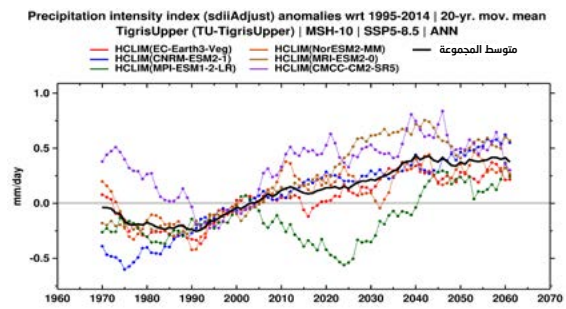
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



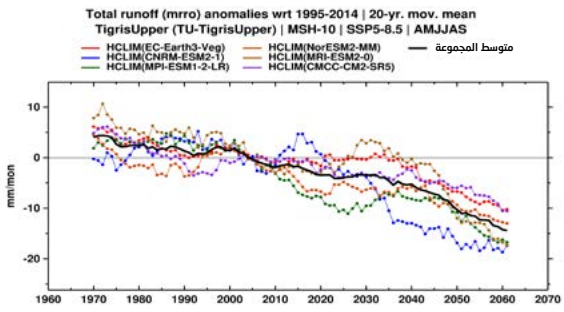
التغير في شدة التساقطات (SDII)



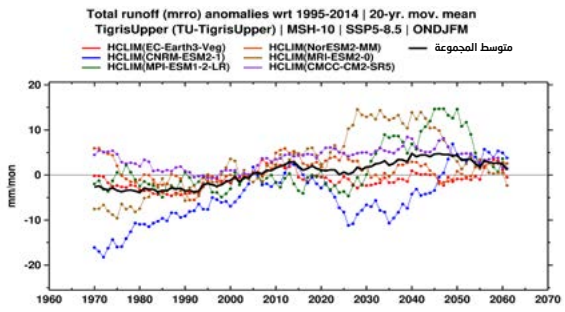
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب

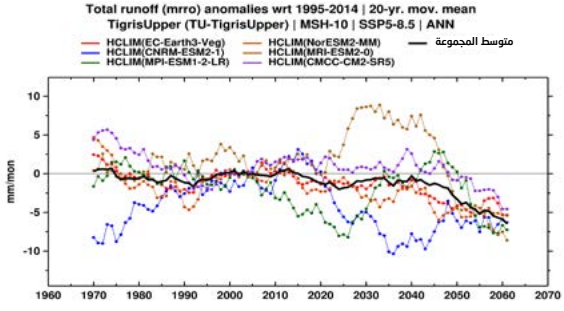
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



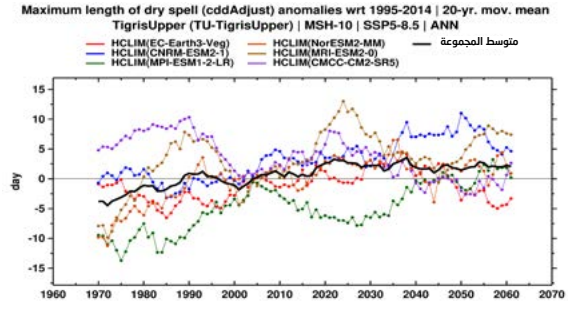
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



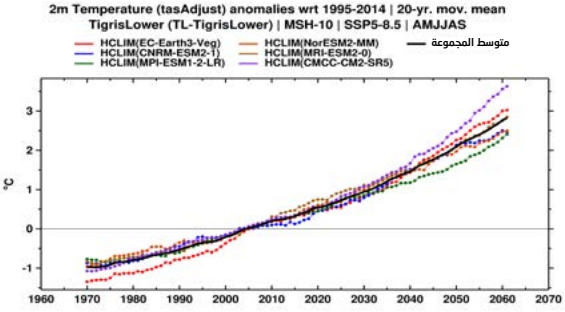
التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



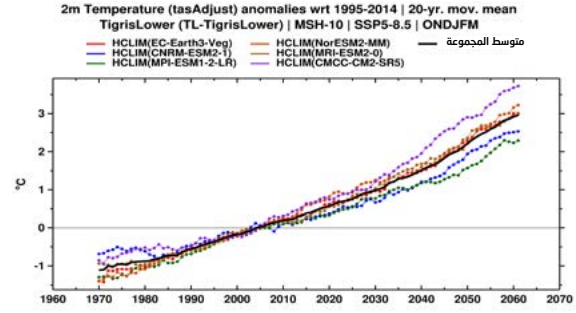
الحوض السفلي لنهر دجلة

الشكل 31: موجز لنتائج الإسقاطات للحوض السفلي لنهر دجلة

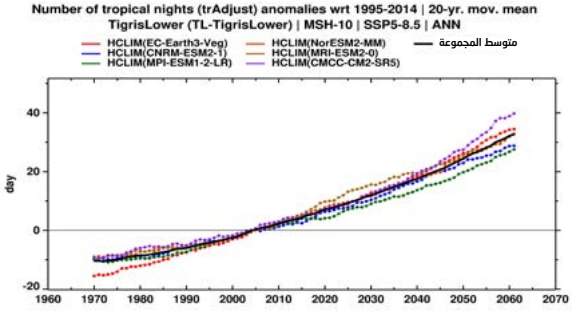
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



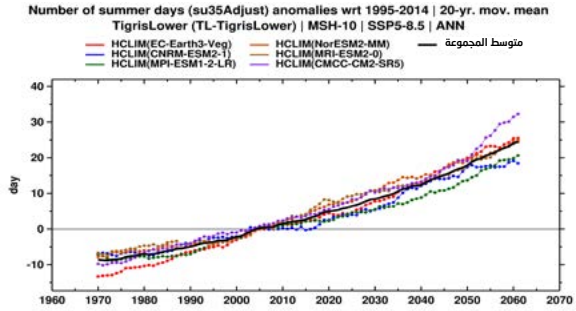
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



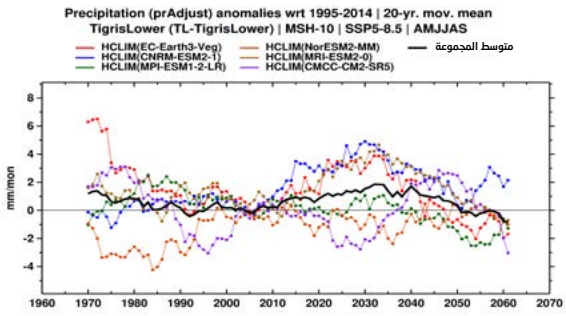
الأيام الحارة (SU35)



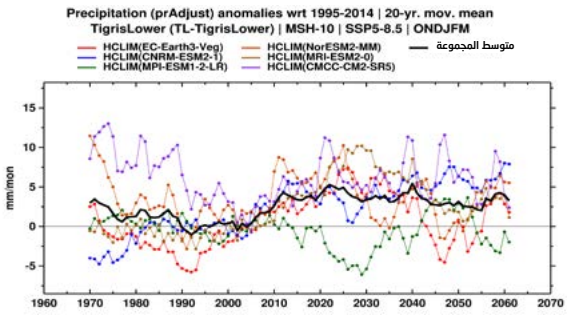
الليالي الاستوائية (TR)



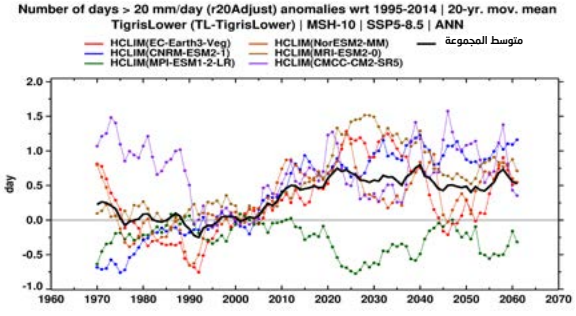
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



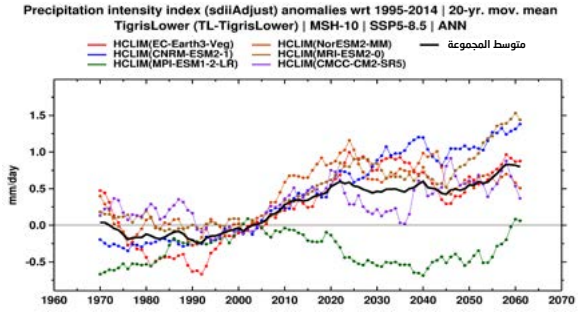
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



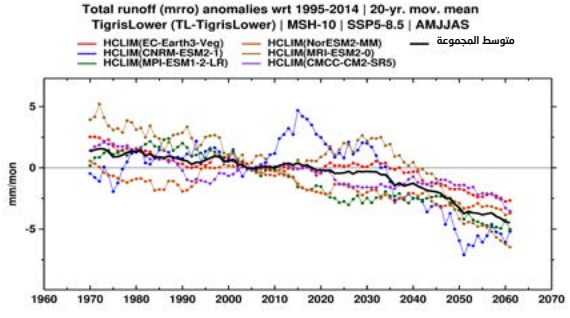
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



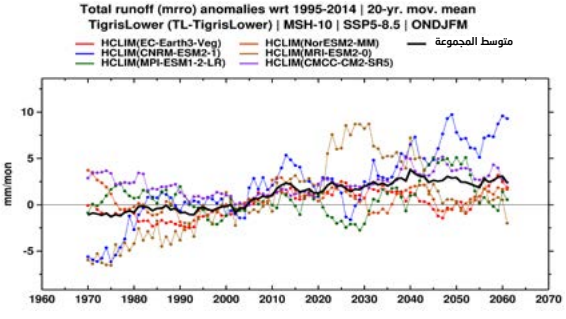
التغير في شدة التساقطات (SDII)



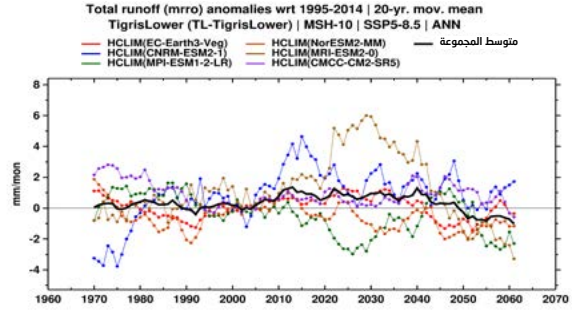
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



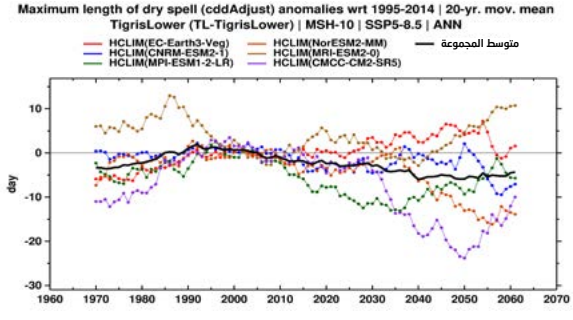
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

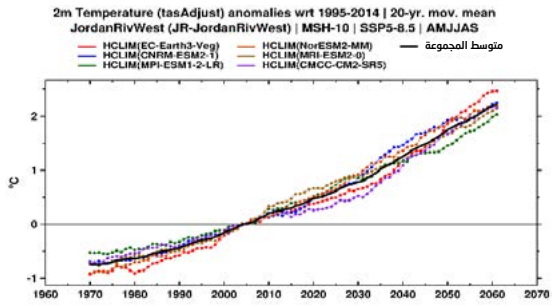
ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

جيم. حوض نهر الأردن

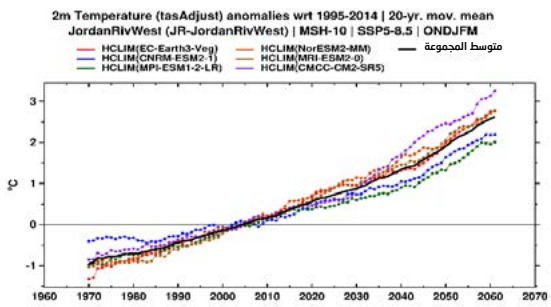
تجدر الإشارة إلى أنّ التحليل اقتصر على الأجزاء الغربية فقط من حوض نهر الأردن حيث إنها تسجل معظم التساقطات.

الشكل 32: موجز لنتائج الإسقاطات لغرب حوض نهر الأردن

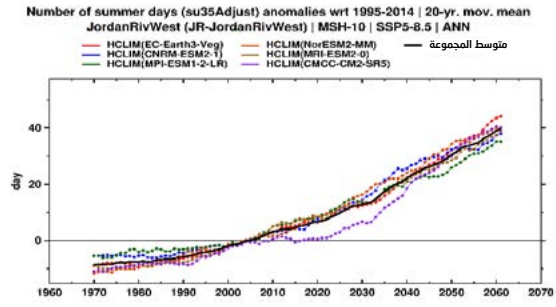
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



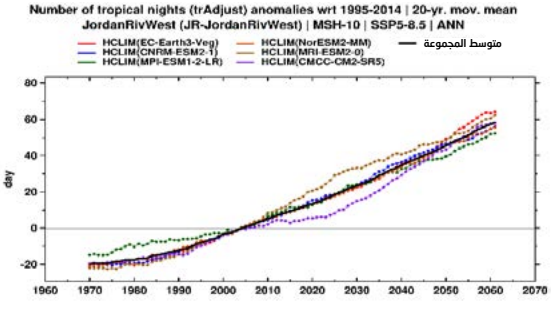
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



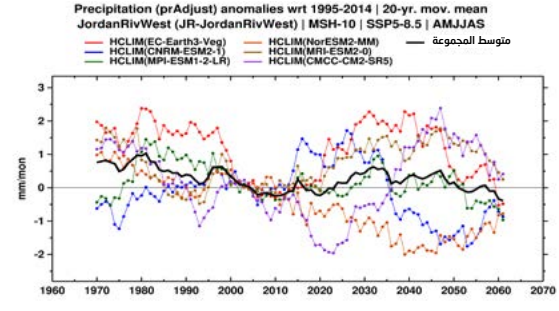
الأيام الحارة (SU35)



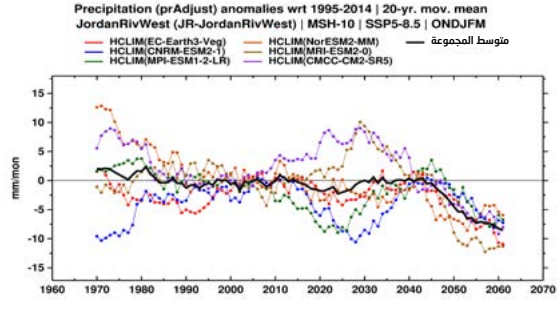
الليالي الاستوائية (TR)



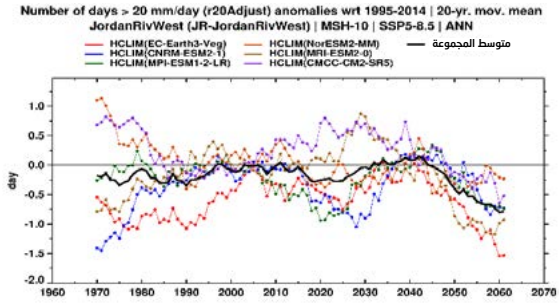
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



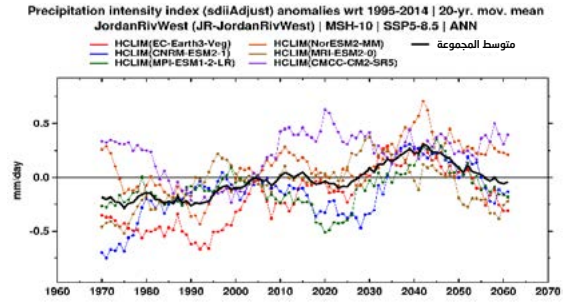
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



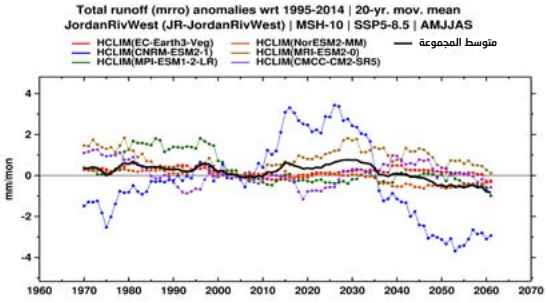
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



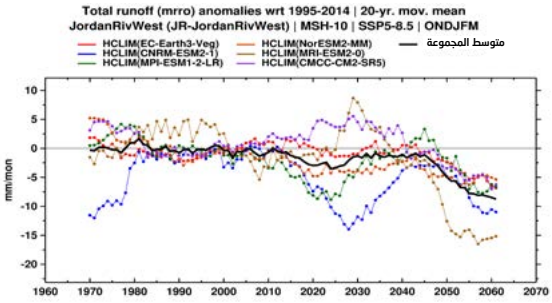
التغير في شدة التساقطات (SDII)



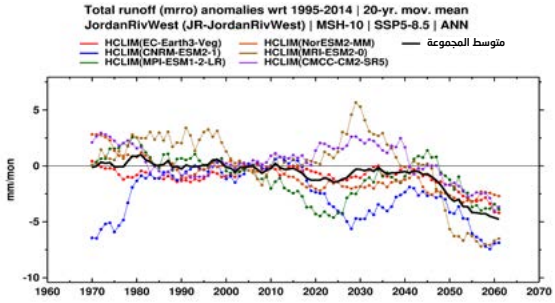
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



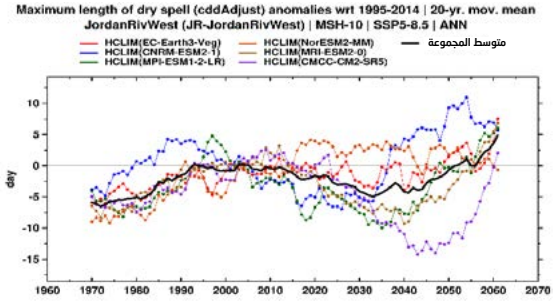
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



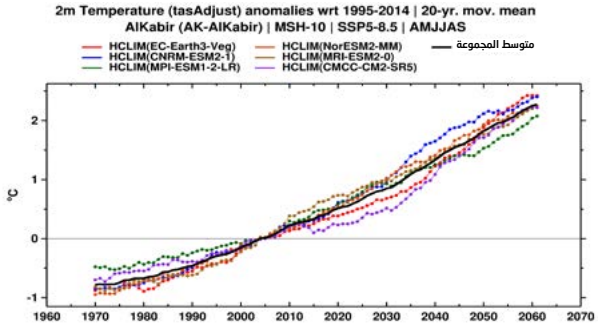
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

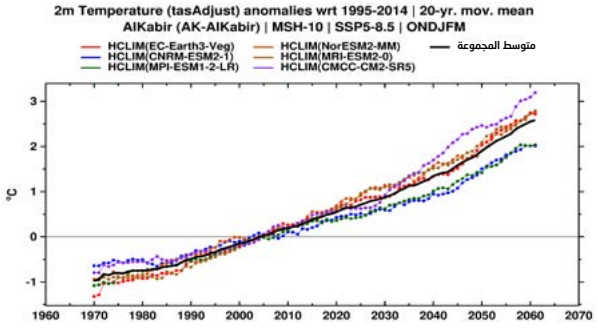
دال. حوض النهر الكبير

الشكل 33: موجز لنتائج الإسقاطات لحوض النهر الكبير

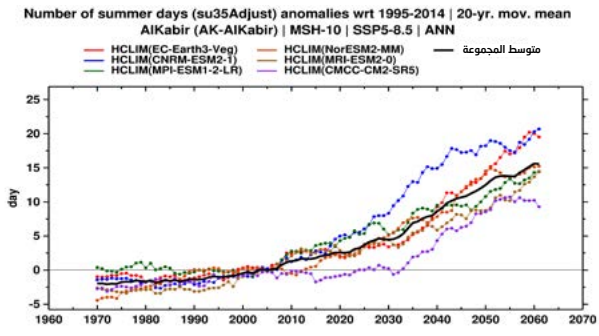
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



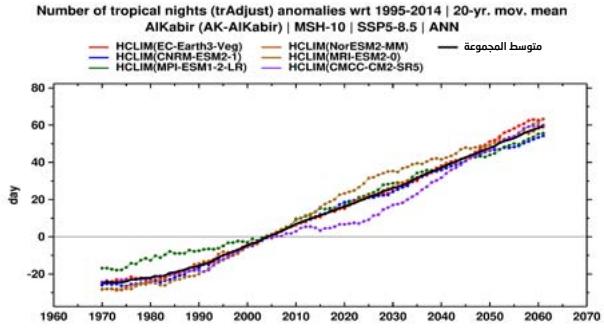
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



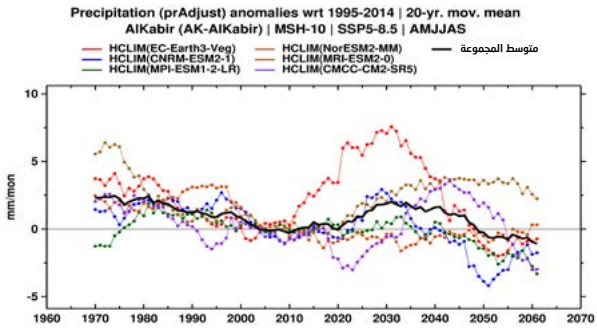
الأيام الحارة (SU35)



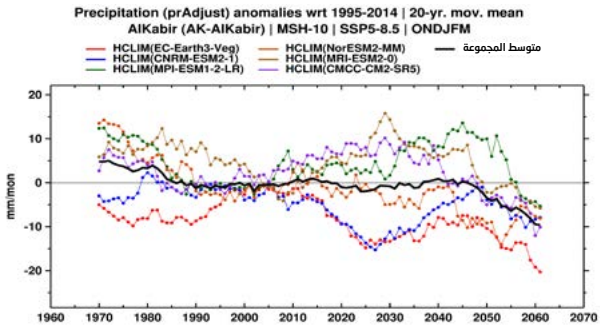
الليالي الاستوائية (TR)



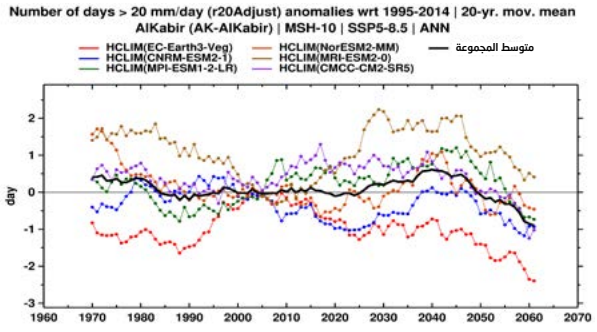
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



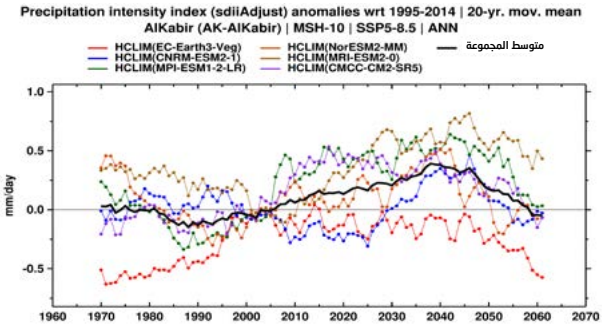
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



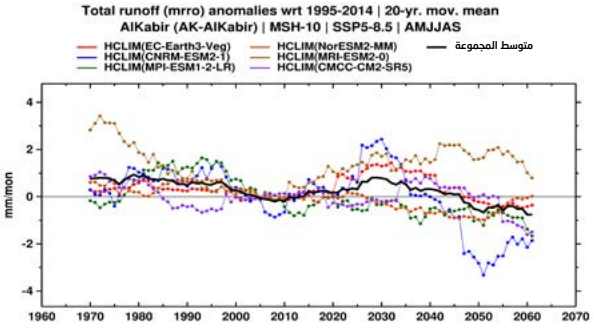
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



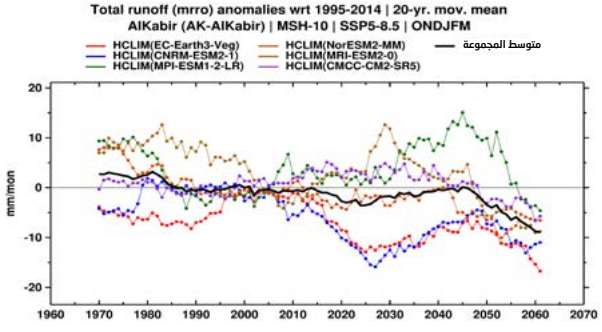
التغير في شدة التساقطات (SDII)



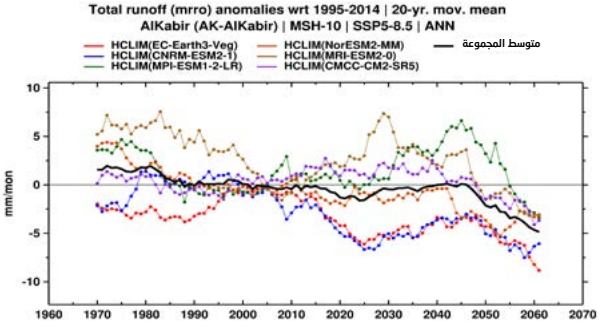
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



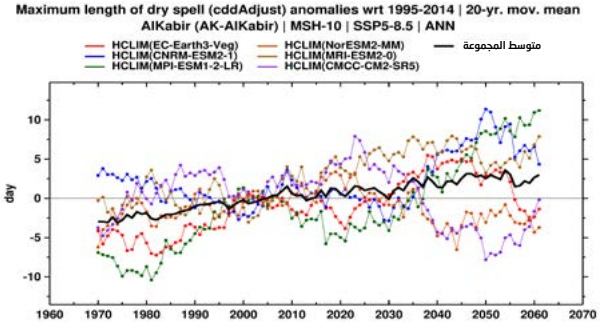
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



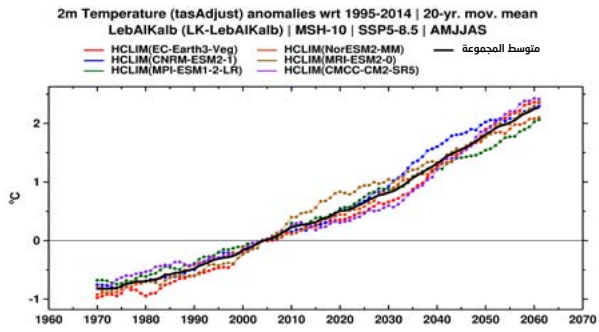
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارت الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

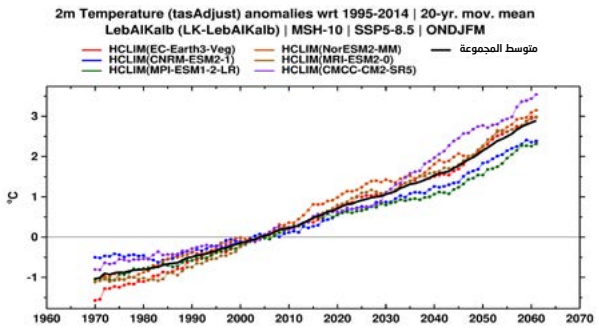
هاء. حوض نهر الكلب

الشكل 34: موجز لنتائج الإسقاطات لحوض نهر الكلب

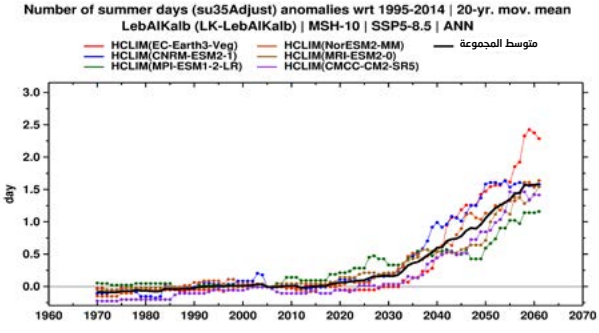
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



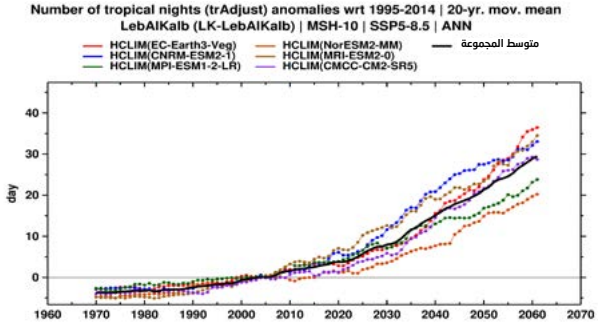
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



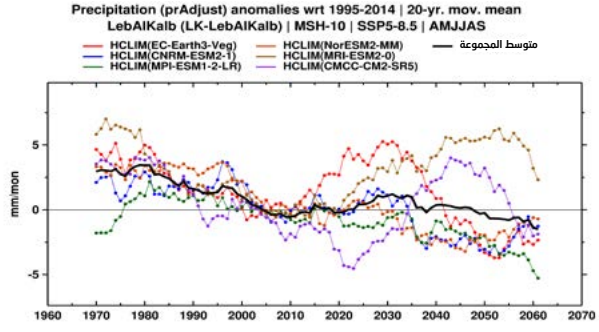
الأيام الحارة (SU35)



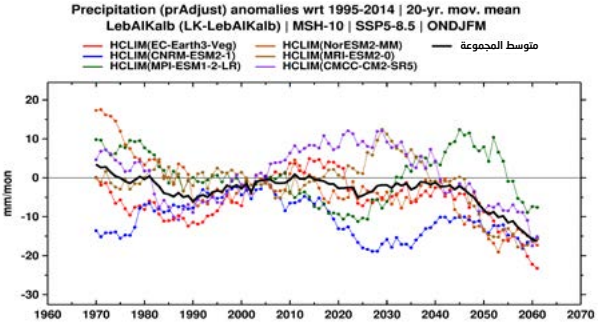
الليالي الاستوائية (TR)



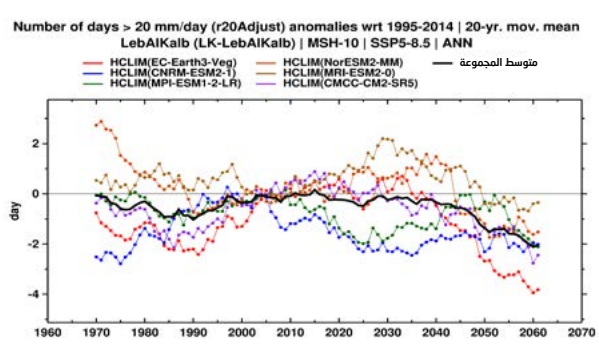
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



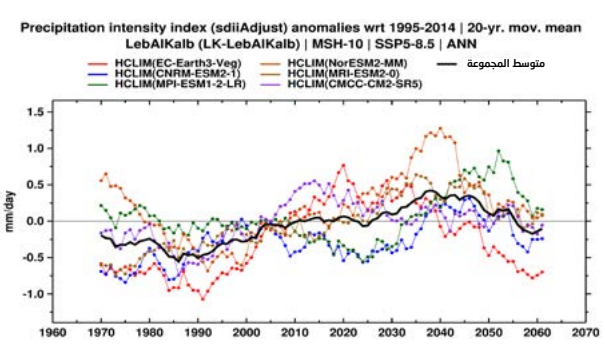
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



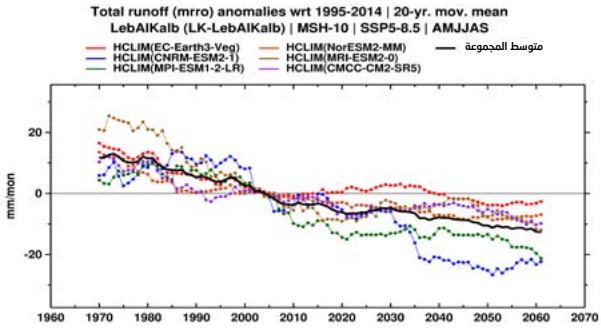
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



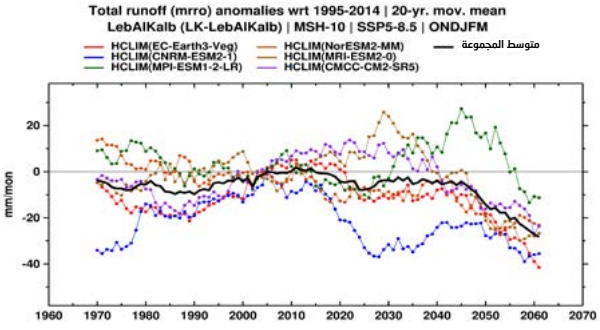
التغير في شدة التساقطات (SDII)



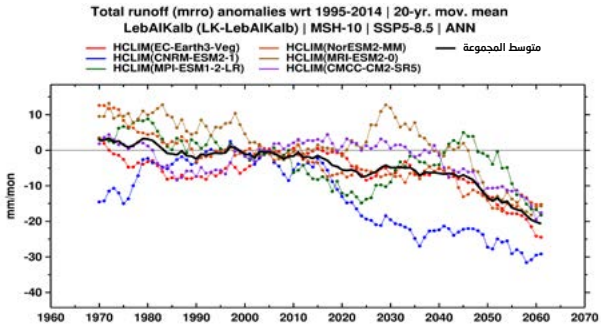
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



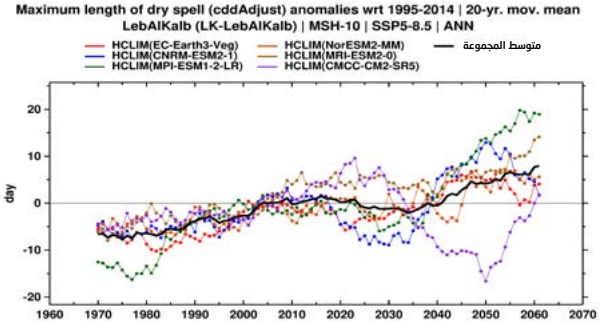
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



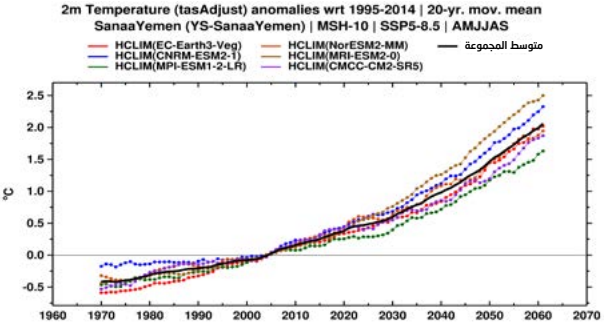
المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

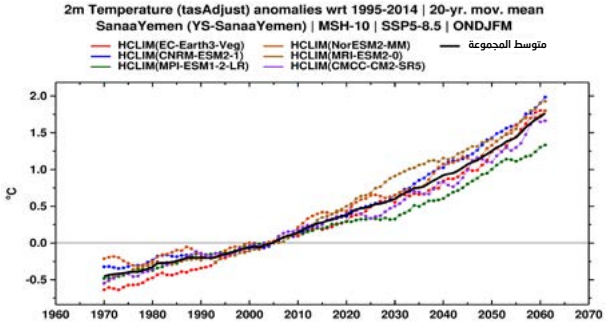
واو. حوض صنعاء

الشكل 35: موجز لنتائج الإسقاطات لحوض صنعاء

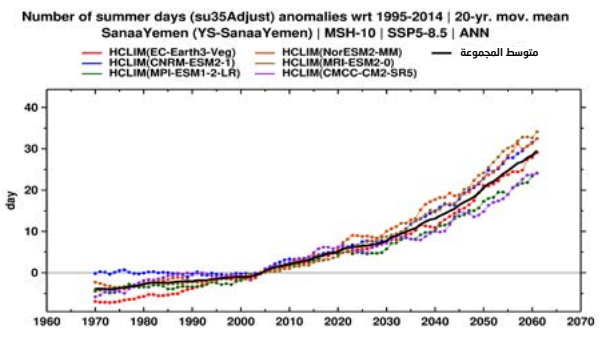
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



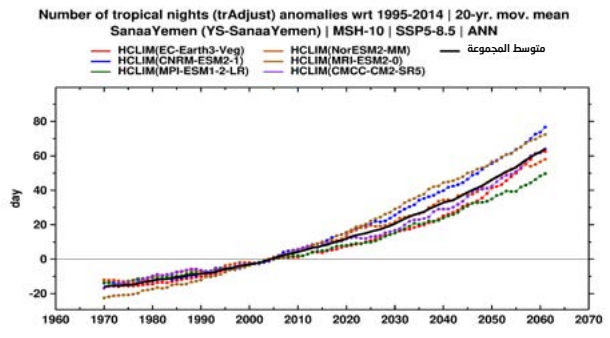
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



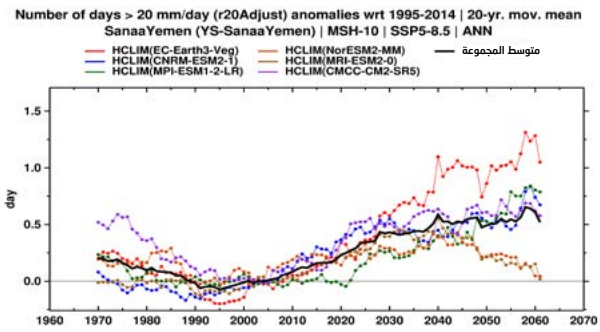
الأيام الحارة (SU35)



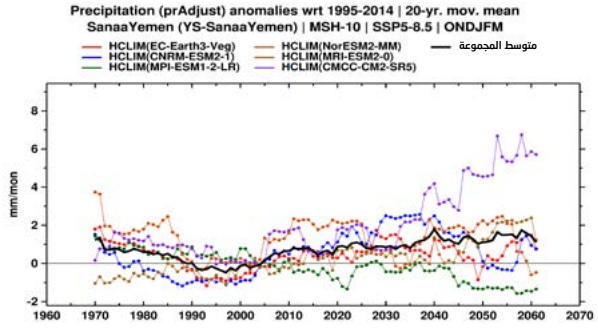
الليالي الاستوائية (TR)



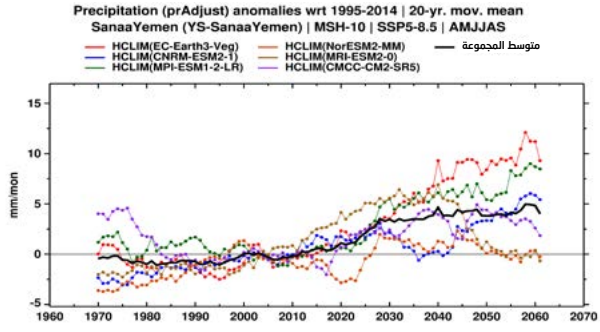
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



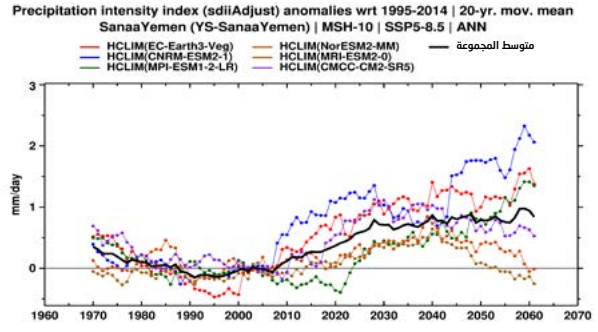
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



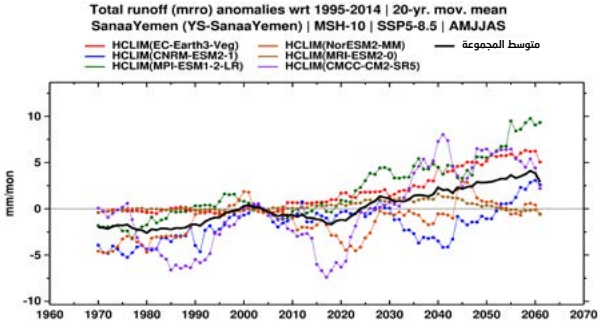
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



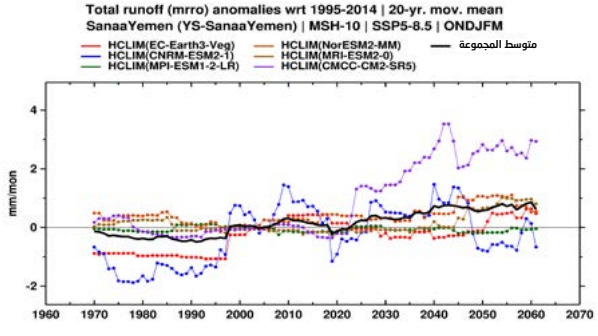
التغير في شدة التساقطات (SDII)



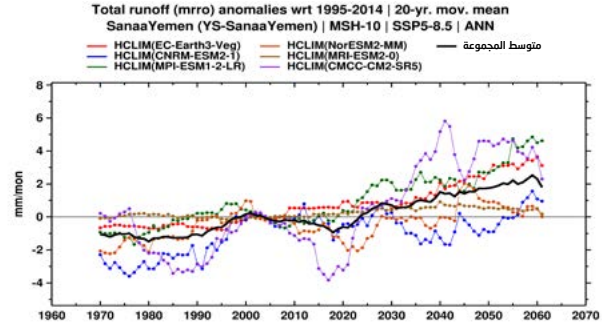
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



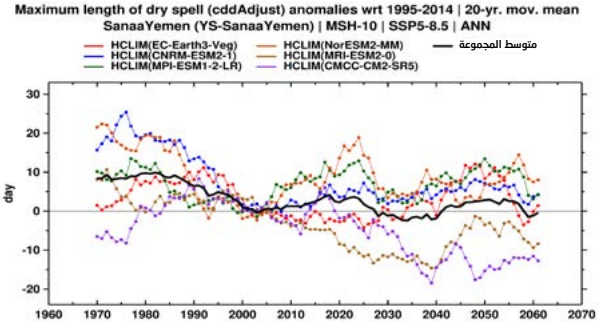
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

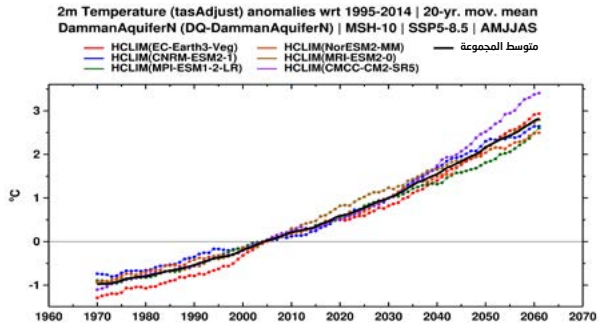
ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

زاي. منطقة التغذية الشمالية لخزان المياه الجوفي في الدمام

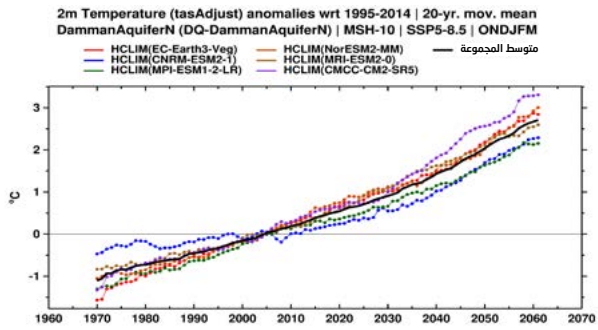
تجدر الإشارة إلى أن التحليل اقتصر فقط على منطقة التغذية الشمالية لخزان المياه الجوفي في الدمام حيث إنها تتلقى معظم التغذية المائية.

الشكل 36: موجز لنتائج الإسقاطات المتعلقة بمنطقة التغذية الشمالية لخزان المياه الجوفي في الدمام

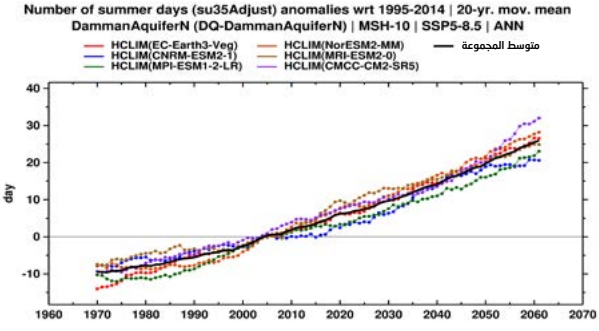
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



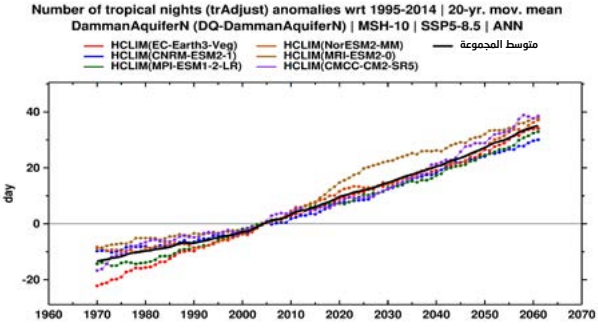
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



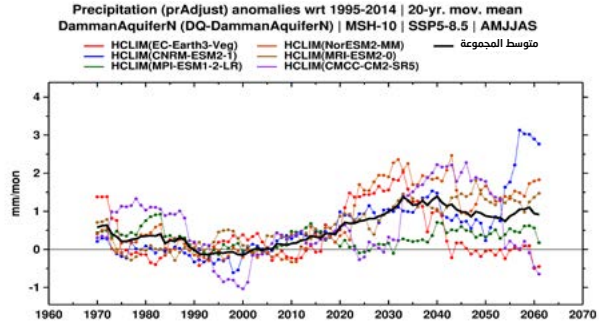
الأيام الحارة (SU35)



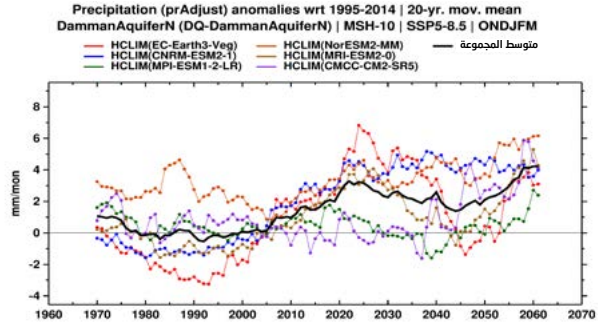
الليالي الاستوائية (TR)



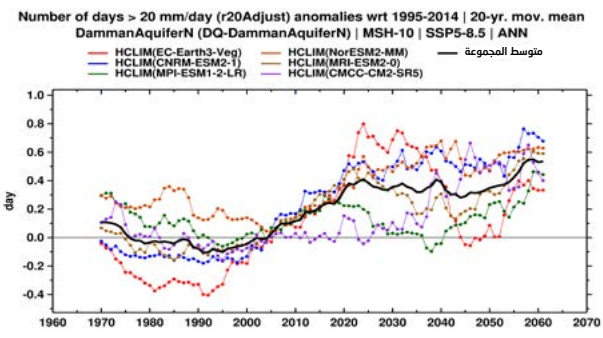
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



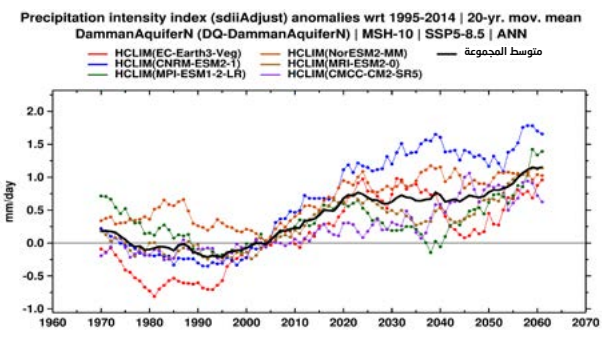
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



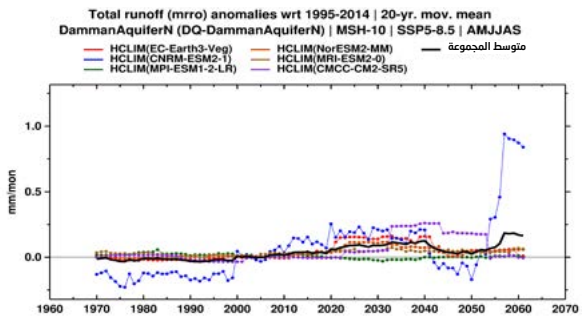
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



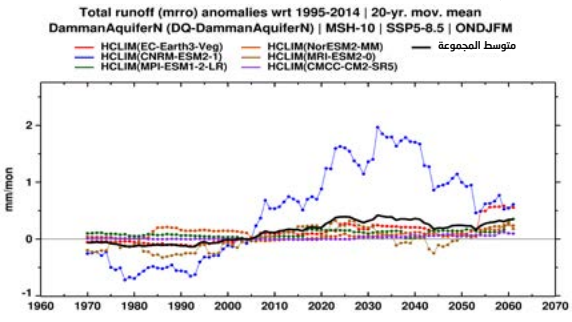
التغير في شدة التساقطات (SDII)



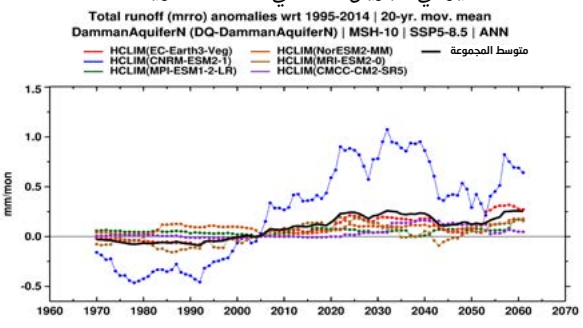
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



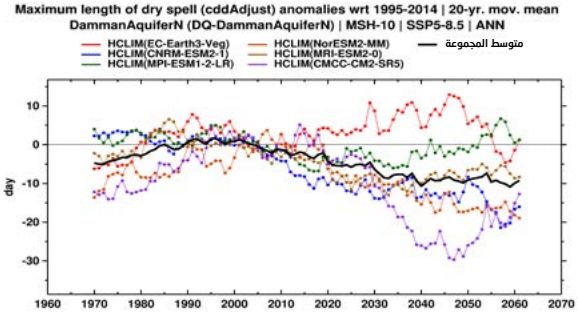
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

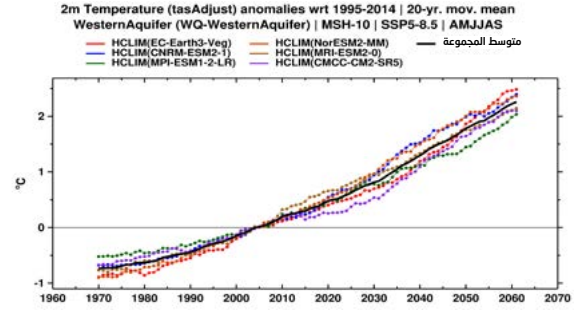
ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة والتغيرات في الجريان السطحي، مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

حاء. منطقة التغذية الغربية لخزان المياه الجوفي

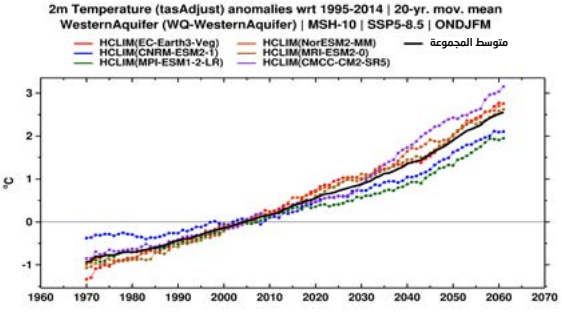
تجدر الإشارة إلى أن التحليل اقتصر فقط على منطقة التغذية الغربية لخزان المياه الجوفي الغربي حيث إنها تتلقى معظم التغذية المائية.

الشكل 37: موجز لنتائج الإسقاطات المتعلقة بمنطقة التغذية الغربية لخزان المياه الجوفي

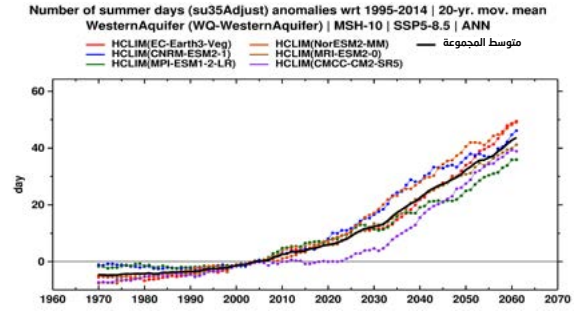
التغير في درجات الحرارة (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



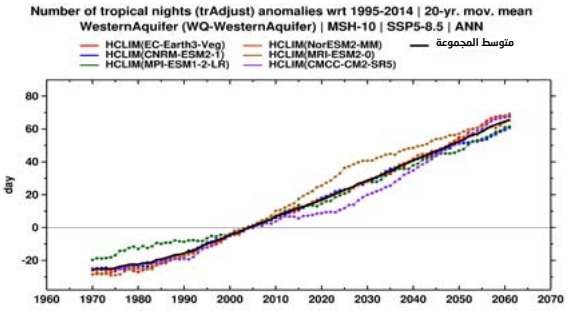
التغير في درجات الحرارة (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



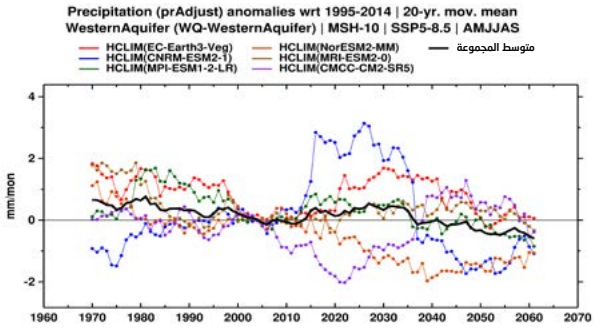
الأيام الحارة (SU35)



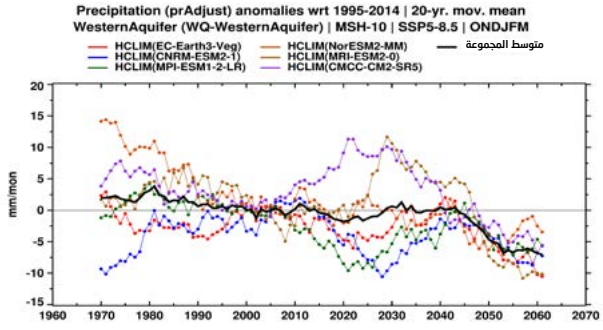
الليالي الاستوائية (TR)



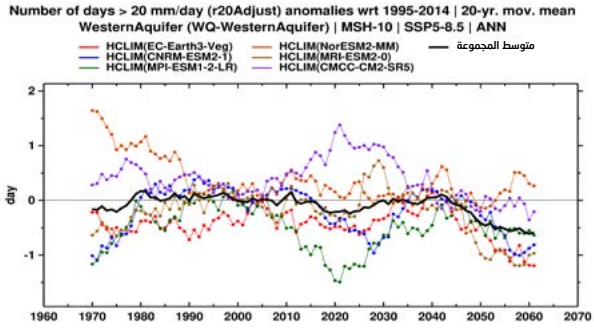
التغير في معدل التساقطات (نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر)



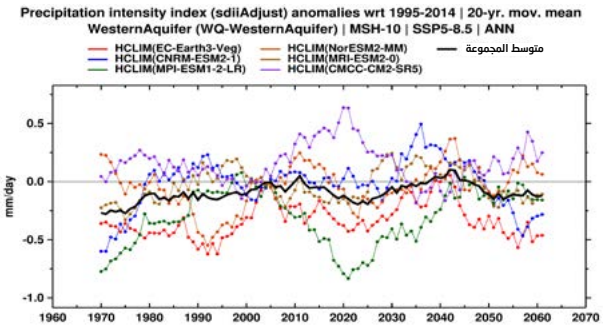
التغير في معدل التساقطات (تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس)



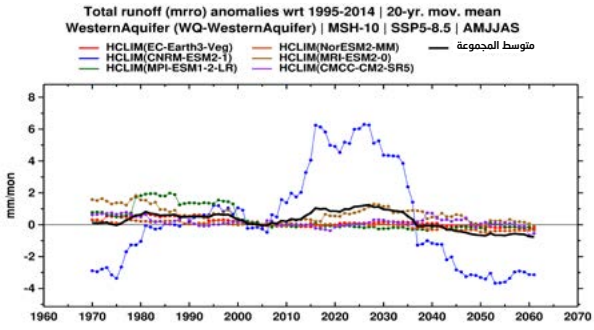
التغير في شدة التساقطات (R20 mm)



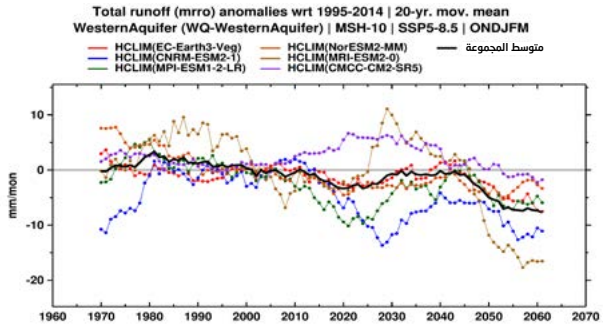
التغير في شدة التساقطات (SDII)



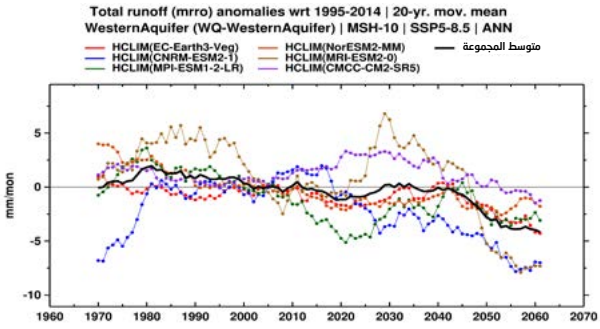
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: نيسان/أبريل - أيلول/سبتمبر



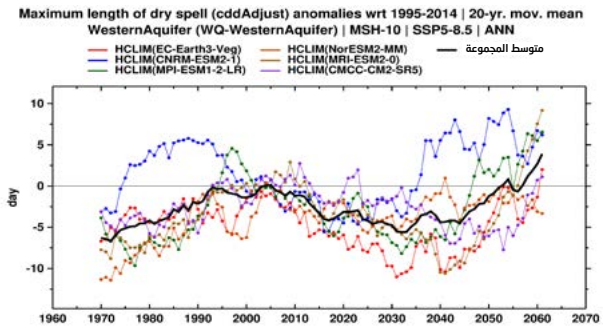
التغير في الجريان السطحي للمنطقة: تشرين الأول/أكتوبر - آذار/مارس



التغير في الجريان السطحي للمنطقة: سنوياً



التغير في الطول الأقصى لفترات الجفاف (CDD)



المصدر: معدو التقرير.

ملاحظة: تظهر في ما يلي التغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات وخمسة مؤشرات متطرفة مستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN، للمسارت الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5. وترد وحدات القياس بالدرجة المئوية، أو بعدد الأيام في السنة، أو بالملم في الشهر، أو الملم في اليوم، كما هو محدد في كل رسم بياني ووفقاً لكل متغير. وتستند جميع النتائج إلى القيم المصححة الانحياز، باستثناء النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ويشار إلى متوسط مجموعة العناصر الستة بالخط الأسود الصلب.

7 الخلاصة

أُنتجت الإسقاطات المناخية لنطاق المشرق بدقة أفقية تبلغ 10 كم وذلك من خلال استخدام النموذج المناخي الإقليمي HCLIM-ALADIN. وتضاف هذه النتائج إلى إسقاطات النطاق العربي الذي أنشئ سابقاً في إطار أنشطة ريكار والذي يغطي جميع أنحاء المنطقة العربية. واستناداً إلى بيانات التأثير المستمدة من أحدث إسقاطات النماذج المناخية العالمية والمأخوذة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة في مرحلته السادسة وفقاً لسيناريو انبعاثات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة SSP5-8.5، فقد تبيّن أنّ مجموعة الإسقاطات التي تحتوي على ستة عناصر تتوافق مع الإسقاطات العالمية التي يعرضها التقرير التقييمي السادس الأخير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ (IPCC, 2021a, 2021b). وتقدم نتائج إسقاطات نطاق المشرق ذات الاستبانة العالية معلومات أكثر دقة وأكثر ملاءمة للتطبيق في إطار نمذجة آثار تغيُّر المناخ، ولا سيما ضمن المناطق الساحلية والجبلية.

وعلى الرغم من أن بعض التفاصيل عن خلفية الإسقاطات المناخية المنتجة معروضة في هذه المذكرة التقنية، فإنّه يمكن الاطلاع على وثائق إضافية بشأن تصحيح الانحياز ومعلومات أخرى أساسية وذلك في مذكرة ريكار التقنية المنفصلة والصادرة تحت بعنوان "الإسقاطات المناخية المستقبلية لمنطقة المشرق – المنهجية".

وفي حين توفر هذه الإسقاطات نتائج جديدة للمنطقة، إلا أنها لا تحل محل تلك التي أنتِجت للنطاق العربي، بل تُعتبَر بمثابة تعزيز لنتائجها السابقة، ذلك لأنها توفر المزيد من المعلومات عن النتائج المحتملة. ولقد أفضى تحليل مجموعات النماذج إلى تفضيل المجموعة الأكبر على الأصغر، وقد ازدادت مجموعة النتائج لمنطقة المشرق بشكل كبير بإضافة ستة إسقاطات جديدة إليها. ويبنغي التنبيه إلى أنّ زيادة عدد الإسقاطات في أي منطقة تقدّم رؤية أوضح لتوزع النتائج المحتملة فيها.

وتقييم آثار تغيُّر المناخ عملية معقدة تتفاعل فيها آليات عدة، وإنتاج الإسقاطات المناخية هو علم لا ينفك يتطور على الصعيدين العالمي والإقليمي. وينبغي ألّا نغفل عن ضرورة مراعاة العديد من العوامل عند معالجة الإسقاطات المستقبلية وتحليلها، وذلك على النحو المشار إليه أيضاً في تقرير المنهجية المشار إليه أعلاه، لا سيما عند مقارنة إسقاطات نطاق المشرق بإسقاطات النطاق العربي. وهذه العوامل تشمل ما يلي:

- يختلف النطاقان من حيث الحجم والموقع.
- تختلف درجة الاستبانة بين النطاقين.
- تختلف النماذج المناخية الإقليمية المستخدمة لدراستهما.
- طوِّرت النماذج المناخية العالمية بشكل أكبر، وهي تتسم بحساسية مناخية أعلى.
- تختلف سيناريوهات الانبعاثات استناداً إلى ما ورد في التقرير التقييمي السادس حول المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة.
- طوّرت تقنيات تصحيح الانحياز بشكل أكبر.
- ينصب تركيز النطاق الزمني على منتصف القرن، ولا يشمل نتائج أواخر القرن التي تظهر فيها الإشارات إلى تغيُّر المناخ بشكل أبرز.

ولا بدّ من أن تُظهر مقارنة النتائج الجديدة بالنتائج السابقة بعض الفروق. وكما ذكر أعلاه، ينبغي عدم إغفال العديد من العوامل المؤثرة في إنتاج الإسقاطات المناخية، والبحث عن المواضع التي تبرز فيها الإشارات الدقيقة. وغالباً ما يكون من الأسهل تفسير النتائج المتعلقة باتجاهات درجة الحرارة، في حين أن التساقطات تظهر عادة استجابة أوسع نطاقاً لمجموعة متنوّعة من أدوات وضع النماذج والظروف المؤثرة وما إلى ذلك، ولذا فإنّ تحليل نتائجها يحتاج إلى دراسة مفصّلة ومعمّقة.

لقد طبِّقت طرق تصحيح الانحياز في نتائج الإسقاطات المتعلقة بدرجة الحرارة ومعدل التساقطات، وذلك باعتبارها ممارسة شائعة لمواصلة تطبيق نتائج النمذجة المناخية. ويرد وصف مفصل لذلك في المذكرة المنهجية. ومجموعات البيانات المصحّحة الانحياز مناسبة للاستخدام في الدراسات التي تشمل آثار المناخ، مثل الهيدرولوجيا والزراعة المتضررة بمعدل التساقطات ودرجة الحرارة، أو لحساب مؤشرات تغيُّر المناخ بحدودها المطلقة. وتستند النتائج الموجزة المعروضة في هذا التقرير بمعظمها إلى المتغيرات المصححة الانحياز المتعلقة بدرجة الحرارة ومعدل التساقطات.

وخلافاً لإسقاطات النطاق العربي، لا تشمل إسقاطات النمذجة الهيدرولوجية الإقليمية نطاق المشرق. وفي غياب نتائج النمذجة الهيدرولوجية، تُعرض في هذا التقرير النتائج المتعلقة بالجريان السطحي والتبخر ورطوبة التربة والمستمدة مباشرة من النمذجة المناخية الإقليمية. ولكن تجدر الإشارة إلى أنه لا يجوز اعتبارها إلا كمؤشر للاتجاهات، وأنه لا بد من إجراء تحليل أكثر تفصيلاً باستخدام النماذج الهيدرولوجية للحصول على المزيد من المعلومات حول الحجم المتوقع للتغير في الجريان السطحي في مناطق محددة.

ويعرض هذا التقرير التغيرات المناخية المسقطة على نطاق المشرق في المدى القريب (2021-2040) والمدى المتوسط (2041-2060)، وذلك بالنسبة إلى درجة الحرارة، ومعدل التساقطات، والجريان السطحي، والتبخر، ورطوبة التربة، وخمسة مؤشرات أخرى للظواهر المناخية المتطرفة. وليست هذه المؤشرات سوى مجموعة فرعية من المؤشرات العديدة المتاحة، وهي تُستخدم كأمثلة لهذه التحليلات. أما المؤشرات الإضافية، فيمكن حسابها من نتائج الإسقاطات هذه وفقاً للأهداف المحددة في الدراسات اللاحقة. وبالإضافة إلى الخرائط والرسوم البيانية، فقد أوجزت النتائج أيضاً على شكل تسلسلات زمنية ضمن مناطق فرعية مختارة، وأحواض أنهار، ومناطق تغذية خزانات المياه الجوفية.

وتظهر نتائج درجة الحرارة المستمدة من إسقاطات نموذج HCLIM-ALADIN الستة أنماطاً مماثلة من التغير. وتتفق جميع الإسقاطات في نتائجها حول مسألة ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة، ويتطابق حجم هذا التغير مع ما تلحظه إسقاطات النطاق العربي حول المسألة ذاتها. إلا أن متوسط الزيادة في درجاتِ حرارةِ مجموعةِ النماذج وفقاً لإسقاطات نطاق المشرق يصل في بعض المواقع، مثل منطقتي شرق وغرب المشرق الفرعيتين، إلى المستويات المسجلة في إسقاطات النطاق العربي منذ ما يقارب العشر سنوات. ويتوقع أن يشهد الجزء الجنوبي من النطاق على طول ساحل جنوب الجزيرة العربية والقرن الأفريقي تغيراً أقل في درجات الحرارة مقارنة بالأجزاء الأخرى.

وتظهر نتائج التساقطات مزيداً من التقلّب المناخي المرتقب، غير أنّ الإسقاطات تتفاوت تفاوتاً كبيراً من منطقة إلى أخرى. فهي، على غرار الإسقاطات السابقة للنطاق العربي، لا تتفق تماماً على زيادة أو انخفاض معدل التساقطات في المنطقة، مع أن العناصر التي تحتوي عليها مجموعة الإسقاطات تظهر بمعظمها زيادة في معدل التساقطات في فصل الصيف في جزء كبير من الأراضي القاحلة أو المناطق الصحراوية. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الزيادة ضئيلة، وليس من شأنها أن تؤثر كثيراً على دورة المياه الإجمالية في هذه المناطق الجافة أساساً، وذلك كما هو مفصل أعلاه بالنسبة إلى الجريان السطحي، إلا أنها تسجل نسبة أعلى في فصل الصيف على طول ساحل جنوب غربي الجزيرة العربية.

ولا تبدو نسب التوافق بين النماذج عالية مع أن الاتجاهات المماثلة التي تشهدها التساقطات في هذه المناطق تظهر أيضاً (باستبانة أدق) في المجموعة الأكبر لإسقاطات النماذج المناخية العالمية (المستمدة من المرحلة السادسة من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة، والتي يمكن الاطلاع عليها في التقرير التقييمي السادس للأطلس التفاعلي). ولا بد من أن الاختلاف في تغير معدل التساقطات في شبه الجزيرة العربية (بين إسقاطات نطاق المشرق وبين إسقاطات النطاق العربي) ناتج عن مجموعة عوامل، منها الإشارات التي تظهر أن التساقطات تميل عامة نحو المزيد من هطول الأمطار (وفقاً لإسقاطات مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة بمرحلته السادسة)، ومنها ما يرجع إلى استخدام نماذج مختلفة، أو إلى الاختلافات في تكوين النطاق. ومن الصعب تحديد سبب هذا الاختلاف وأوجهه تحديداً أدق من دون إجراء المزيد من التحليلات المفصلة.

وفي كل الأحوال، تُجمِع الإسقاطات على انخفاض معدل التساقطات في فصل الشتاء على طول المناطق الغنية نسبياً بالمياه على ساحل البحر الأبيض المتوسط والجبال. ويختلط التغير في معدل التساقطات عند منابع نهري دجلة والفرات بين الإسقاطات المناخية، وذلك على غرار ما كان عليه بالنسبة لإسقاطات النطاق العربي. ومع ذلك، فإنّ التبخر يؤدي دوراً مهماً في المنطقة، بمعنى أن الجريان السطحي يمكن أن ينخفض حتى وإن ازداد إلى حدٍّ ما معدل التساقطات.

ووفقاً للتغيرات المسقطة في الجريان السطحي، يمكن ملاحظة زيادات موسمية حتى في الحالة التي تشهد انخفاضاً في التدفقات السنوية، كما هي الحال بالنسبة إلى منابع الفرات ودجلة. فهذان الحوضان يشهدان في فصل الشتاء زيادة في الجريان السطحي تشير إلى انخفاض في المياه المخزنة (كالثلوج)، في حين أنّهما يسجّلان انخفاضاً في الجريان السطحي الصيفي والجريان السطحي السنوي. ويحدث ذلك على الرغم من ازدياد معدل التساقطات في فصل الشتاء بنسبة ضئيلة أو قريبة من الصفر، مما يعني أن الزيادة في التبخر تحدث بالتزامن مع انخفاض الجريان السطحي السنوي.

وتشهد أحواض أخرى، مثل نهر الأردن والنهر الكبير ونهر الكلب، انخفاضاً في الجريان السطحي في جميع المواسم وفي كل سنة. وتظهر بعض الأحواض الواقعة في المناطق الصحراوية أو الأراضي القاحلة زيادة طفيفة في الجريان السطحي كما هي الحال بالنسبة إلى حوض الفرات السفلي، ولكن بنسبة ضئيلة تكاد لا تؤثر على تدفق مياه الأنهار. أما حوض صنعاء، فيظهر مستويات متزايدة من الجريان السطحي غالباً ما ترتبط بزيادة هطول الأمطار الصيفية على تلك المنطقة. ومن شأن التحليلات الإضافية التي تستخدم نماذج هيدرولوجية تمثل التفاصيل الهيدرولوجية على نحو أفضل أن تقدم رؤية أكثر وضوحاً للآثار المترتبة على الجريان السطحي وتدفق مياه الأنهار.

وتعكس التغيرات المسقطة في التبخر ورطوبة التربة الاستجابات للتغيرات في درجات الحرارة ومعدل التساقطات. وتظهر في الكثير من الأحيان اتجاهات متصاعدة في التبخر بالتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة في معظم أنحاء المنطقة، باستثناء الفترات التي يتوفر فيها القليل من المياه للتبخر، مثل فترة فصل الصيف على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط والجبال. وتتشابه أنماط رطوبة التربة بفعل اقتران هذه العمليات اقتراناً شديداً.

ومن بين التغيرات في الظواهر المتطرفة المعروضة في هذا التقرير، يبرز الازدياد في العدد السنوي للأيام الحارة – أي الأيام التي تتجاوز فيها درجات الحرارة اليومية القصوى 35 درجة مئوية - والعدد السنوي لِلّيالي الاستوائية – أي الليلالي التي تتجاوز فيها درجات الحرارة اليومية الدنيا 20 درجة مئوية - في جميع أنحاء منطقة المشرق. ويظهر أنّ الزيادة في الليالي الاستوائية أكبر من الزيادة في الأيام الحارة. وتعتبر المناطق الواقعة على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط الجنوبي مثل سيناء، من بين تلك التي ستتأثر بشدة بهذه التغيرات، كما أن المناطق الواقعة على طول الساحل العربي الجنوبي ستشهد ليالياً أكثر دفئاً.

أما التغيرات في معدل التساقطات المتطرفة، فلا يسهل دائماً تقييمها. ومع ذلك، يظهر مؤشراً التساقطات المتطرفة (R20 وSDII) اتجاهات متصاعدة في جزء كبير من نطاق المشرق، حتى في بعض المناطق التي تظهر انخفاضاً في الجريان السطحي السنوي، مما يعني أن ظواهر هطول الأمطار المتطرفة المحلية قد تزداد وإنْ تناقص تدفق مياه الأنهار. ومن الضروري إجراء تحليلات إضافية لتقييم ذلك بالتفصيل.

وفي أعقاب الاتجاهات المتوقعة للتساقطات، يسجل طول فترات الجفاف (CDD) تغيراً طفيفاً، لا بل إنّه يتناقص في الأراضي الجافة في مناطق واسعة من النطاق. إلا أن المناطق نفسها التي تظهر انخفاضاً في الجريان السطحي تميل أيضاً إلى إظهار زيادات في طول فترات الجفاف، خاصة بعد منتصف القرن. ويشمل ذلك منابع نهري دجلة والفرات، ونهر الأردن، والنهر الكبير، ونهر الكلب ومنطقة تغذية خزان المياه الجوفي الغربية. وحوض صنعاء مثال على ارتفاع معدل التساقطات في فصل الصيف وزيادة الجريان السطحي، ولكن مع تسجيل تغير طفيف في طول فترات الجفاف.

ولا تقدم النتائج المعروضة في هذا التقرير الفني سوى لمحة عامة عن اتجاهات تغيُّر المناخ في عدد قليل من المناطق ووفقاً لبعض المؤشرات المختارة من نطاق المشرق. ولإجراء المزيد من التحليلات، يمكن الاطلاع على متغيرات المخرجات الأولية للإسقاطات المناخية المشمولة بالنمذجة التي أجراها المركز العربي الإقليمي للمعارف المتعلقة بتغيُّر المناخ. ويمكن للباحثين الإقليميين الذين يعدون دراسات حول آثار تغيُّر المناخ استخدام هذه الإسقاطات للقيام بعمليات إضافية تأخذ في عين الاعتبار قطاعات محددة على نحو أكثر تفصيلاً، مثل إجراء دراسات حول الآثار الهيدرولوجية أو الزراعية أو الصحية.

وتحتل النتائج المصححة الانحياز أهميّة لا سيما لدى العديد من مستخدمي الإسقاطات، إذ إنها تمكّنهم من الوصول إلى نتائج واقعية خلال الفترة التاريخية (المرجعية) تكون متّسقةً مع تلك التي تسفر عنها نماذج التأثيرات للفترة المستقبلية. وينبغي أيضا استخدام هذه النتائج لتحليل المؤشرات التي تستند إلى القيم الأساسية، مثل تجاوز معدل التساقطات أو مؤشرات درجة الحرارة. أما بالنسبة إلى الدراسات التي تستخدم قيم التغير النسبية لدرجة الحرارة أو معدل التساقطات فقط، فيمكن استخدام النتائج الخام أو المصححة الانحياز.

لكن ينبغي التنبه إلى أن هذه القيم تختلف بين ما تسفر عنه نتائج الإسقاطات الخام وما تسفر عنه تلك المصححة الانحياز. وتأثير تصحيح الانحياز على نتائج تغيُّر المناخ في الإسقاطات أمر شائع لا يقتصر على هذه المنطقة فحسب (Breakout Group 3bis: IPCC, 2015). وبالتالي، فهو يشكل مجالاً للبحث سيظل العمل فيه مستمراً في السنوات المقبلة. وبصرف النظر عن طرق تصحيح

الانحياز المطبقة، فقد يؤثر اختيار مجموعة البيانات المرجعية للمناخ المرصود أيضاً على النتائج المصححة الانحياز. ومجموعات البيانات هذه موضوعة على المحك على الصعيدين الإقليمي والمحلي، لا سيما في المناطق التي تندر فيها البيانات، مثل شبه الجزيرة العربية، مع أن أفضل الرصدات والتقنيات المتاحة تستخدم في تجميعها. ويعد تصحيح الانحياز مصدراً إضافياً لعدم اليقين في نتائج الإسقاطات، إذ إن أهمية تأثيره متوقفة إلى حد ما على التطبيق المتوفر.

وعند مراجعة النتائج الواردة في هذا التقرير، ينبغي عدم إغفال أن الفترات المرجعية المستخدمة تختلف عن تلك المعروضة في التقرير الرئيسي للنطاق العربي2. فقد تظهر قيم التغير في درجات الحرارة أقل للوهلة الأولى عند مقارنتها بفترة مرجعية لاحقة. ولقد اختيرت الفترة المرجعية المستخدمة لتتوافق مع النتائج العالمية المعروضة في التقرير التقييمي السادس الأخير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ (IPCC, 2021a, 2021b). وبوسع العلماء الإقليميين أن يقرروا استخدام هذه الفترات المرجعية نفسها الواردة في هذا التقرير أو اختيار فترات أخرى قد تكون أكثر ملاءمة لعملهم أو منطقتهم في حال إجراء المزيد من الدراسات حول آثار تغيُّر المناخ.

وكما جاء في المقدمة، يهدف التقرير أساساً إلى تقديم لمحة عامة عن النتائج الموجزة لعمليات النمذجة المناخية المنجزة لنطاق المشرق، بيد أنه لا يتضمن تقييماً كاملاً لنتائج التحليلات المناخية لنطاق المشرق، وذلك على الرغم من أنه يعرض بعضاً منها استناداً إلى الإسقاطات المناخية التي أجريت فيه. ولذلك يشكل هذا التقرير وثيقة تتضمن معلومات أساسية لدعم الإسكوا بينما يتم توسيع نطاق المركز العربي الإقليمي للمعارف المتعلقة بتغيُّر المناخ وتطويره.

المراجع

Belušić, D., de Vries, H., Dobler, A., Landgren, O., Lind, P., Lindstedt, D., Pedersen, R. A., Sánchez-Perrino, J. C., Toivonen, E., van Ulft, B., Wang, F., Andrae, U., Batrak, Y., Kjellström, E., Lenderink, G., Nikulin, G., Pietikäinen, J.-P., Rodríguez-Camino, E., Samuelsson, P., van Meijgaard, E., and Wu, M., 2020. HCLIM38: a flexible regional climate model applicable for different climate zones from coarse to convection-permitting scales, Geosci. Model Dev., 13, 1311-1333, https://doi.org/10.5194/gmd-13-1311-2020.

Berg, P., Almén, F., and Bozhinova, D., 2021. HydroGFD3.0 (Hydrological Global Forcing Data): a 25 km global precipitation and temperature data set updated in near-real time. Earth System Science Data, 13(4), 1531-1545.

Berg, P., Feldmann, and H., Panitz, H. J., 2012. Bias correction of high resolution regional climate model data. Journal of Hydrology, 448, 80-92.

C3S (Copernicus Climate Change Service), 2020. ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present. https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47.

Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., Van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm E.V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J-J., Park, B-K., Peubey, C., De Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J-N., Vitart, F., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, Q.J.R. Meteorol. Soc., vol. 137: 553-597, doi: 10.1002/qj.828.

Donat, M.G., Peterson, T.C., Brunet, M., King, A. D., Almazroui, M., Kolli, R. K., Boucherf, D., Al-Mulla, A.Y, Nour, A.Y., Aly, A.A., Nada, T.A.A, Semawi, M.M., Al Dashti, H.A., Salhab, T.G., El Fadli, K.I., Muftah, M.K., Eida, S.D., Badi, W., Driouech, F., El Rhaz, K., Abubaker, M.J.Y., Ghulam, A.S., Erayah, A.S., Mansour, M.B., Alabdouli, W.O., Al Dhanhani, J.S. and Al Shekaili, M.N., 2013. Changes in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO Int. J. Climatol., doi: 10.1002/joc.3707.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., and Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations – a new environmental record for monitoring extremes. Sci. Data, 2, 150066, https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66.

Goddard Space Flight Center (GSFC), 2019. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-satellite Precipitation Analysis, available at https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm, last access: 20 September 2019.

Graham, L. P., Hagemann, S., Jaun, S. & Beniston, M., 2007. On interpreting hydrological change from regional climate models. Climatic Change 81, 97-122.

Harris, I. C. and Jones, P. D.: CRU TS4.03,2019. Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.03 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901–Dec. 2018). CEDA Archive, https://doi.org/10.5285/10D3E3640F004C578403419AAC167D82.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1535.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.

IPCC, 2015. Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Regional Climate Projections and their Use in Impacts and Risk Analysis Studies [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, and M. Tignor (eds.)]. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland, pp. 171.

IPCC, 2021a: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. (In Press).

IPCC, 2021b: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. (In Press).

Kay, A. L., Jones, R. G. & Reynard, N. S., 2006. RCM rainfall for UK flood frequency estimation. I. Method and validation. J. Hydrol. 318, 151-162.

Kotlarski, S., Block, A., Böhm, U., Jacob, D., Keuler, K., Knoche, R., Rechid, D. & Walter, A., 2005. Regional climate model simulations as input for hydrological applications: evaluation of uncertainties. Adv. Geosci. 5, 119-125.

Meinshausen, M., Nicholls, Z. R. J., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., Beyerle, U., Gessner, C., Nauels, A., Bauer, N., Canadell, J. G., Daniel, J. S., John, A., Krummel, P. B., Luderer, G., Meinshausen, N., Montzka, S. A., Rayner, P. J., Reimann, S., Smith, S. J., van den Berg, M., Velders, G. J. M., Vollmer, M. K., and Wang, R. H. J., 2020. The shared socioeconomic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. Geosci. Model Dev., 13, 3571-3605, https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020.

O'Neill, B.C., Tebaldi, C., van Vuuren, D., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.-F., Lowe, J., Meehl, J., Moss, R., Riahi, K., Sanderson, B.M., 2016. The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6. Geosci. Model Dev. Discuss. 1-35. doi: http://dx.doi.org/10.5194/gmd-2016-84.

Peterson T.C, Manton M.J., 2008. Monitoring changes in climate extremes: a tale of international collaboration. Bulletin of the American Meteorological Society 89, 1266-1271. doi: 10.1175/ 2008BAMS2501.1.

Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C. K. C. S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Da Silva, L. A., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J. C., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A., and Tavoni, M., 2017. The Shared Socioeconomic Pathways and Their Energy, Land Use, and Greenhouse Gas Emissions Implications: An Overview. Global Environ. Change, 42, 153-168, https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

Schneider, U., Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Ziese, M., and Rudolf, B., 2014. GPCC's new land surface precipitation climatology based on quality-controlled in situ data and its role in quantifying the global water cycle. Theor. Appl. Climatol, 115, 15-40.

Schneider, U., Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., and Ziese, M., 2018. GPCC Full Data Monthly Version 2018.0 at 0.25: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historic Data. Global Precipitation Climatology Centre, https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_025.

Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derková, M., El Khatib, R., Hamdi, R., Mašek, J., Pottier, P., Pristov, N., Seity, Y., Smolíková, P., Španiel, O., Tudor, M., Wang, Y., Wittmann, C., and Joly, A., 2018. The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. Geosci. Model Dev., 11, 257-281, https://doi.org/10.5194/gmd-11-257-2018.

United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) and others, 2017. Arab Climate Change Assessment Report – Main Report. Beirut, E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report.

University of Delaware, 2019. Terrestrial Air Temperature and Precipitation: Monthly Climatologies (V 4.01). available at http://climate. geog.udel.edu/~climate/html_pages/download.html, last access: 20 September 2019.

Uppala, S.M., Kållberg, P.W., Simmons, A.J., Andrae, U., da Costa Bechtold, V., Fiorino, M., Gibson, J.K., Haseler, J., Hernandez, A., Kelly, G.A., Li, X., Onogi, K., Saarinen, S., Sokka, N., Allan, R.P., Andersson, E., Arpe, K., Balmaseda, M.A., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Caires, S., Chevallier, F., Dethof, A., Dragosavac, M., Fisher, M., Fuentes, M., Hagemann, S., Hólm, E., Hoskins, B.J., Isaksen, V., Janssen, P.A.E.M., Jenne, R., McNally, A.P., Mahfouf. J-F., Morcrette, J-J., Rayner, N.A., Saunders, R.W., Simon, P., Sterl, A., Trenberth, K.E., Untch, A., Vasiljevic, D., Viterbo, P., Woollen, J., 2005. The ERA-40 Reanalysis. Q J R Meteorol Soc 131:2961-3012, doi:10.1256/qj.04.176.

Vrac, M., Noël, T., and Vautard, R., 2016. Bias correction of precipitation through Singularity Stochastic Removal: Because occurrences matter. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 121(10), 5237-5258.

Weedon, G.P., Balsamo, G., Bellouin, N., Gomes, S., Best, M.J., Viterbo, P., 2014. The WFDEI meteorological forcing data set: WATCH Forcing Data methodology applied to ERA-Interim reanalysis data. Water Resour. Res. doi:10.1002/2014WR015638.

الحواشي

1. يعرف بارامتر التبخر بأنه "التبخر السطحي" (المعروف أيضاً باسم التبخر النتحي) أي إطلاق المياه من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي بفعل تحولها في حالتيها السائلة والصلبة إلى بخار (من السطح الأساسي والغطاء النباتي).
   وغالباً ما يستخدم المصطلحان بشكل متبادل. https://clipc-services.ceda.ac.uk/dreq/u/089961a3af4d54d5fb045cf3750e760c.html. وقد اخترنا الإشارة إلى المتغير باسمه الأكثر شيوعاً وفقاً لبرنامج CORDEX. https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qUauozwXkq7r1g-L4ALMIkCNINIhhCPx/edit#gid=1672965248. ،evspsbl المتغير هو
2. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report.

أعِدّ هذا التقرير في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار)، وأصبح متوفراً عبر المركز الإقليمي للمعارف المتعلقة بتغيُّر المناخ، وذلك بدعم من لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). وأنشأ المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا مجموعة من ستة إسقاطات SSP5-8.5 لنطاق المشرق، وذلك استناداً إلى نموذج HCLIM-ALADIN. وتظهر النتائج أن درجة الحرارة تتزايد في جميع أنحاء منطقة المشرق بمتوسط 1.9 درجة مئوية، ويتطابق حجم هذا التغير مع ما تلحظه إسقاطات النمذجة المناخية الإقليمية للنطاق العربي. وتظهر نتائج التساقطات مزيداً من التقلبية، فيما تتفاوت الإسقاطات تفاوتاً كبيراً في بعض المناطق. ووفقاً للتغيرات المتوقعة في الجريان السطحي، يمكن ملاحظة زيادات موسمية حتى إذا سُجِّل انخفاض في التدفقات السنوية.

ولا تقدم النتائج المعروضة في التقرير سوى لمحة عامة عن اتجاهات تغيُّر المناخ في عدد قليل من المناطق ووفقاً لبعض المؤشرات المختارة من نطاق المشرق. ولإجراء المزيد من التحليلات، يمكن الاطلاع على متغيرات المخرجات الأولية للإسقاطات المناخية المشمولة بالنمذجة عبر المركز العربي الإقليمي للمعارف المتعلقة بتغيُّر المناخ.

2200401A