FREDERICK S. PARDEE CENTER
FOR INTERNATIONAL FUTURES
JOSEF KORBEL SCHOOL OF INTERNATIONAL STUDIES
UNIVERSITY of DENVER

# تأثير تغير المناخ

## على التنمية البشرية في اليمن

ديسمبر 2023

إخلاء المسؤولية

يعرض هذا التقرير نتائج دراسة أجريت حول توقعات تغير المناخ في اليمن وتأثيرها على التنمية البشرية. الآراء الواردة في هذه الدراسة هي آراء المؤلفين، ولا تمثل بالضرورة آراء الأمم المتحدة، بما في ذلك برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) أو الدول الأعضاء في الأمم المتحدة. علاوة على ذلك، فإن التسميات المستخدمة هنا واكتمالها وعرض المعلومات هي مسؤولية المؤلفين فقط ولا تعكس بالضرورة رأي برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

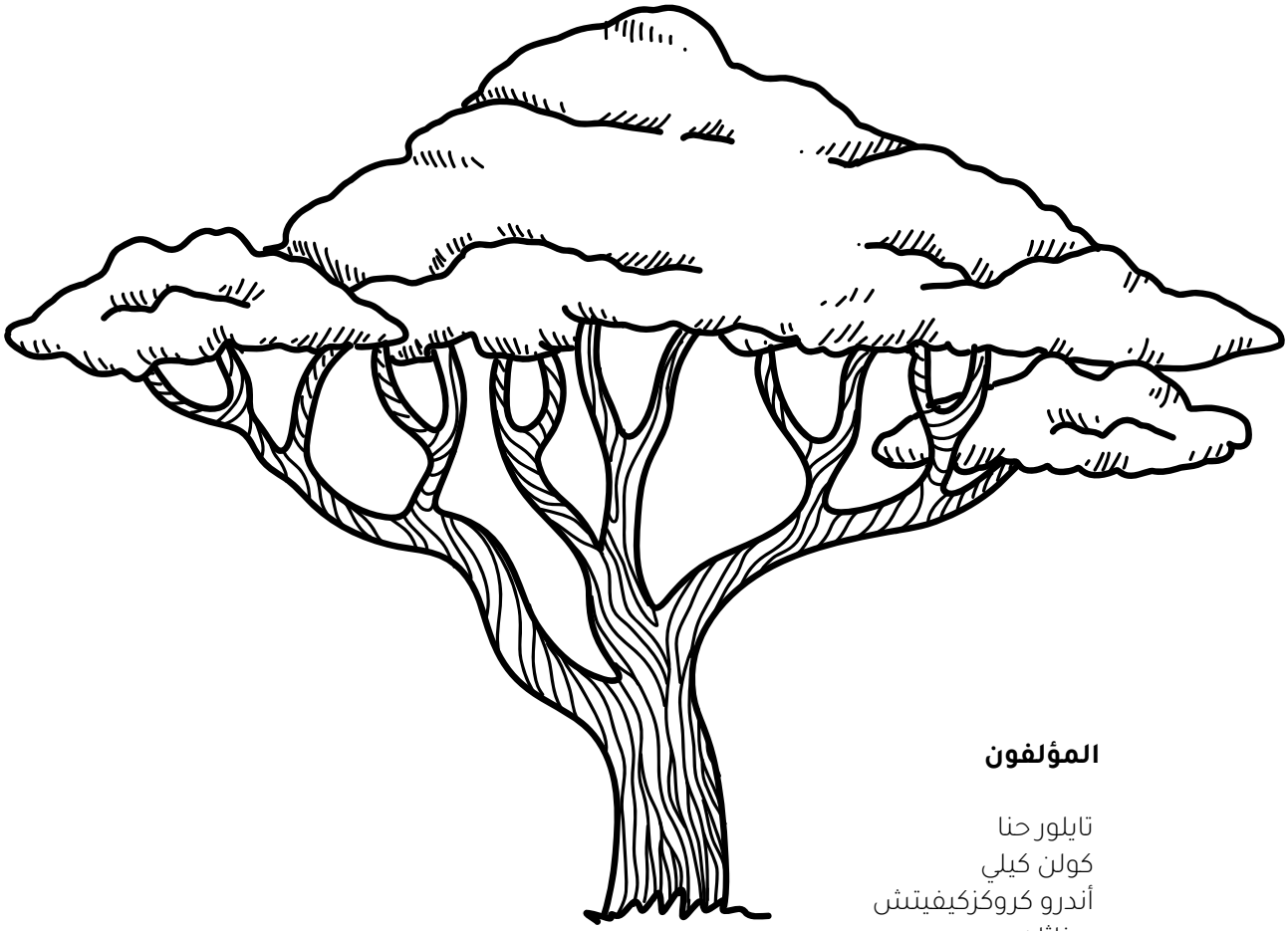
برنامج الأمم المتحدة الإنمائي هو منظمة الأمم المتحدة الرائدة في الكفاح من أجل إنهاء الظلم الناجم عن الفقر وعدم المساواة وتغير المناخ. ومن خلال العمل مع شبكتنا الواسعة من الخبراء والشركاء في 170 دولة، فإننا نساعد الدول على بناء حلول متكاملة ودائمة للناس والكوكب. تعرف على المزيد على undp.org أو تابعنا على @UNDP.

حقوق الطبع والنشر 2023

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)
شارع الستين
صندوق بريد: 551 صنعاء الجمهورية اليمنية

الموقع الإلكتروني: https://www.undp.org/yemen

كل الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو تخزينه في نظام استرجاع أو نقله بأي شكل أو بأي وسيلة، إلكترونية أو ميكانيكية أو تصويرية أو تسجيلية أو غير ذلك، دون الحصول على إذن مسبق من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.




**المؤلفون**

تايلور حنا
كولن كيلي
أندرو كروكزكيفيتش
جوناثان موير

# المحتويات


**شكر وتقدير** ..... 6

**خلفية** ..... 7

**ملخص تنفيذي** ..... 8

**مقدمة** ..... 11
الغرض من هذا التقرير والقيود ..... 11

**مستقبل المناخ في اليمن** ..... 14
الفجوات المعرفية والتحديات في التنبؤ بتغير المناخ في اليمن ..... 14
بيانات المناخ ..... 15
نتائج ..... 15
المنطقة الساحلية ..... 19
منطقة المرتفعات ..... 21
منطقة الهضبة ..... 23
المنطقة الصحراوية الشمالية الشرقية ..... 24
منطقة الأرخبيل ..... 25
ملخص ..... 26

**تغير المناخ والتنمية البشرية** ..... 28
آثار تغير المناخ على التنمية الاقتصادية والبشرية ..... 28
الزراعة والنظم الغذائية ..... 28
صحة الإنسان ..... 29
البنية التحتية والطاقة ..... 30
إجهاد المياه وندرتها ..... 31
عدم المساواة والفقر ..... 31
المساواة من منظور النوع الاجتماعي ..... 32
الهجرة والنزوح ..... 32

**آثار تغير المناخ على التنمية البشرية في اليمن** ..... 34
التوقعات المستقبلية الدولية ..... 34
السيناريوهات ..... 34
النتائج ..... 35
آثار تغير المناخ ..... 35
بناء الصمود ..... 37

**الاستنتاجات والتوصيات** ..... 41

**المراجع** ..... 43

**الملحق 1: الافتراضات التفصيلية لسيناريوهات التوقعات المستقبلية الدولية** ..... 50
لا تغير مناخي ..... 50
تغير المناخ ..... 51
بناء القدرة على الصمود ..... 54

**الملحق 2: مقارنات النمذجة المناخية** ..... 55
النتائج ..... 55
ملخص واستنتاجات ..... 57

# شكر وتقدير

تألف الفريق الأساسي لهذا التقرير من جوناثان د. موير، الأستاذ المساعد ومدير مركز فريدريك س. باردي للتوقعات المستقبلية الدولية، كلية جوزيف كوربل للدراسات الدولية، جامعة دنفر؛ تايلور هانا، المدير المساعد لتحليل التنمية، مركز فريدريك س. باردي للتوقعات المستقبلية الدولية؛ وأندرو كروكزكيفيتش، مستشار مستقل؛ وكولين كيلي، أخصائي تغير المناخ، قسم الجغرافيا والتخطيط، جامعة ولاية أبالاتشي.

في المكتب القطري لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن، أدار جميع المناقشات زينة علي أحمد، الممثلة المقيمة؛ نادية العواملة، نائب الممثل المقيم (البرنامج)؛ ميكيللي دي بينيديتو، رئيس فريق التعافي الاقتصادي والتنمية؛ فؤاد علي، نائب رئيس فريق التعافي الاقتصادي والتنمية؛ توفيق سعيد، نائب رئيس فريق دعم السلام؛ وعبده سيف، القائم بأعمال رئيس فريق دعم الرقابة ومنسق أهداف التنمية المستدامة.

يتألف المراجعون من المكتب الإقليمي لمركز الدول العربية في عمان من خالد عبد الشافي، مدير المركز الإقليمي؛ وكيشان خودي، رئيس الفريق الإقليمي للبيئة؛ وفيجاي براساد كيساري، أخصائي المناخ والطاقة الإقليمي؛ وعبد الله ظاهر الدين أحمد، أخصائي إقليمي في تغير المناخ؛ وبنجامين بسماتشي، أخصائي إقليمي في تغير المناخ؛ سيمون دينيت، تحليل البرامج والحوكمة وسيادة القانون؛ وساليو توريه، الأخصائي الفني. وجاءت التعليقات القيمة أيضًا من مارلين آن، المستشارة الإقليمية لنظم المعلومات الجغرافية لتحليل تغير المناخ في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا. كما تم تدقيق ومراجعة النصوص باللغة العربية من قبل عبد الكريم الصبري.

وجاءت المساهمات المهمة من ممثلي هيئة حماية البيئة ووزارة الموارد المائية والبيئة، ومن بينهم معالي د. م. توفيق الشرجبي وزير الموارد المائية والبيئة. وفيصل الثعالبي، رئيس هيئة حماية البيئة؛ وعبد الواحد عرمان، رئيس وحدة التغير المناخي في هيئة حماية البيئة؛ وعبدالحكيم عبدالله علاية، نائب الوزير لشؤون البيئة بوزارة الموارد المائية والبيئة، وأنور نعمان، مستشار التغير المناخي بهيئة حماية البيئة.

يود فريق المؤلف أن يشكر ويقدر عمل Barry B. Hughes، José Solórzano، Yutang Xiongg في توفير البيانات ودعم النمذجة والتوجيه؛ كولتون أرسينياغا، بريندا سيميرينكو، باربرا ستون في مراجعة الأدبيات؛ أودري بيرزاده في وضع المفاهيم ورسم خرائط تأثير المناخ؛ وليون هورن في مراجعة الأدبيات ودعمها.

# خلفية

تم إجراء هذه الدراسة، بعنوان "تأثير تغير المناخ على التنمية البشرية في اليمن"، بتكليف من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في بداية عام 2023 كجزء من التعاون مع مركز فريدريك س. باردي للتوقعات المستقبلية الدولية، كلية جوزيف كوربل للدراسات الدولية، جامعة دنفر وجامعة ولاية أبالاتشي. لطالما تكرر القول بأن اليمن يعاني من واحدة من أسوأ الأزمات التنموية والإنسانية في العالم بعد أكثر من ثماني سنوات من الصراع المستمر. وفي الوقت نفسه، فهي من بين البلدان الأكثر عرضة لتغير المناخ، حيث واجهت على مدى عقود أزمة مياه متفاقمة. يسعى هذا التقرير إلى فهم المستقبل المناخي المحتمل لليمن بشكل أفضل وكيف يمكن أن يؤثر تغير المناخ على التنمية الاقتصادية والبشرية على المدى الطويل.

يحلل التقرير البيانات التاريخية عن درجات الحرارة وهطول الأمطار عبر المناطق والمواسم، ويحدد الاتجاهات الحديثة، ويستخدم التقنيات الإحصائية للتنبؤ بالمستقبل المناخي المحتمل حتى عام 2050. ويعتمد التقرير على نموذج التوقعات المستقبلية الدولية (IFs) - وهو نظام نمذجة متكامل مفتوح المصدر مصمم للمساعدة في استكشاف كيفية تأثر التنمية مع الزمن ومختلف القضايا. تم تطبيق الإطار المتكامل سابقًا لتقييم تأثير الصراع المستمر في اليمن على التنمية البشرية ودراسة مسارات التعافي المحتملة في التقارير الثلاثة حول تأثير الحرب والتي أصدرها برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومركز فريدريك س. باردي للمستقبل الدولي. يطبق التقرير الحالي نفس تقنيات النمذجة على مستقبل تغير المناخ من خلال مقارنة السيناريو المحتمل لتغير المناخ بسيناريو مضاد لا يحدث فيه تغير المناخ. ويتم دمج تدخلات التكيف والتنمية الرئيسية في سيناريو ثالث يركز على بناء الصمود على مواجهة التهديدات التي يفرضها تغير المناخ وتسريع التقدم نحو تنمية بشرية أفضل.

يهدد تغير المناخ بمزيد من الانتكاسة في بلد دمرته الأزمة بالفعل. إن مستقبل المناخ في اليمن غير مؤكد ولكن من المتوقع أن يكون أكثر سخونة وأكثر تقلباً، مع آثار سلبية على الاقتصاد والتنمية البشرية. ولكن لم يفت الأوان بعد لإجراء تغييرات تحولية وبناء القدرة على الصمود في مواجهة الأزمات المستقبلية، وإنقاذ حياة مئات الآلاف وبناء مستقبل أكثر إشراقا لليمنيين.

# ملخص تنفيذي

يشهد اليمن واحدة من أسوأ الأزمات الإنسانية والتنموية في العالم نتيجة لثماني سنوات من الصراع المدمر. وعلى مستوى العالم، فهي من بين البلدان الأكثر عرضة لتغير المناخ، وهي النقطة التي تؤكدها الأضرار والاضطرابات الناجمة عن الكوارث الطبيعية الأخيرة، بما في ذلك الفيضانات والسيول الجارفة. وفي الوقت نفسه، فهي من بين أكثر البلدان التي تعاني من ندرة المياه في العالم. ونظراً لأن تحديات التنمية في اليمن معقدة ومتعددة الأوجه بالفعل، فإن تغير المناخ يعمل بمثابة عامل مضاعف لعدم اليقين مع إمكانية تقييد مستقبل البلاد بشكل خطير. ومن ناحية أخرى، إذا تمكن اليمن من تحقيق تغييرات تحولية، فهناك إمكانية لبناء القدرة على الصمود في مواجهة آثار تغير المناخ مع التقدم أيضاً نحو مستقبل أكثر استدامة وأمناً وازدهارا.

الهدف الأول لهذا التقرير هو فهم أفضل لكيفية ظهور تغير المناخ في اليمن. ولهذا، قمنا بتحليل البيانات التاريخية المرصودة حول درجة الحرارة وهطول الأمطار، وفحصنا على وجه التحديد التقلبات الزمنية والاتجاهات على النطاقات المحلية وشبه الموسمية. استخدمنا النتائج لتوقع الاتجاهات المستقبلية في تغير المناخ حتى عام 2050، باستخدام مجموعة من التقنيات الإحصائية. وأخيراً، قمنا بمقارنة هذه الاتجاهات بإسقاطات النماذج المناخية وفحصنا أوجه عدم اليقين.

**ومن المتوقع أن تستمر درجات الحرارة في الارتفاع في جميع أنحاء اليمن**. وقد ارتفعت درجة الحرارة القريبة من السطح بشكل ملحوظ في جميع المناطق المحلية، أو المناطق ذات البيئة الزراعية، على مدى العقود العديدة الماضية. ولأن الاتجاهات كانت خطية تماماً على مدى السنوات الستين الماضية، هناك ثقة عالية في أن هذا المسار سيستمر بطريقة مماثلة خلال الفترة من عام 2030 إلى عام 2050.

**إن أنماط وتوقعات هطول الأمطار، بناءً على سيناريوهات مسار التركيز النموذجي 4.5 (RCP) و7.0، هي أكثر ضبابية وتتنوع إقليمياً، ولكن من المرجح أن تشهد اليمن سيول وفيضانات أكثر تواتراً وشدة**. ويتزايد هطول الأمطار الملحوظ خلال فصل الصيف على المرتفعات وساحل البحر الأحمر بشكل ملحوظ. ومن المتوقع أن يستمر هذا النمط في المستقبل بشكل مؤكد. ولا يقتصر الأمر على زيادة متوسط هطول الأمطار فحسب، بل إن درجة التباين تتصاعد أيضاً بشكل كبير، مما يؤدي إلى حدوث ظواهر طبيعية أكثر تطرفاً. وقد تجلت هذه الظواهر في شكل سيول وفيضانات كبيرة ومستمرة في كثير من الأحيان وتغير في أنماط هطول الأمطار. لقد انخفضت أمطار الربيع بشكل متواضع، مما أدى إلى تغير في موسمية هطول الأمطار في كلا المنطقتين مما سيؤثر على الأرجح على الإنتاج الزراعي. ولفهم هذه الديناميكيات بشكل أفضل، استخدمنا النمذجة المتكاملة وتحليل السيناريوهات من خلال أداة نمذجة التوقعات المستقبلية الدولية (IFs) لتقييم آثار تغير المناخ على التنمية البشرية. لقد أنشأنا سيناريوهين. يعكس سيناريو تغير المناخ تأثيرات تغير المناخ المحتملة على التنمية البشرية في اليمن كما هو محدد في الأدبيات. يوفر سيناريو "لا مناخ" واقعاً مضاداً للمقارنة من أجل المساعدة في تحديد التأثيرات التي تعزى إلى المناخ على التنمية البشرية. فيما يلي النتائج من تحليل السيناريو.

**من المرجح أن تؤدي آثار تغير المناخ إلى إبطاء النمو الاقتصادي تدريجيا، مع ما يترتب على ذلك من تأثير متفاوت على الفقراء**. لقد وجدنا أن ما مجموعه 93 مليار دولار من الناتج المحلي الإجمالي سيتم فقدانها نتيجة لسيناريو تغير المناخ المحتمل حتى عام 2060، وعندها سيكون الناتج المحلي الإجمالي أقل بنسبة 10 في المائة مما كان عليه في سيناريو عدم تغير المناخ. وسيكون معدل الفقر المدقع أعلى بأكثر من 25 في المائة، حيث سيتم دفع 8.1 مليون شخص إلى الفقر نتيجة لسيناريو تغير المناخ بحلول عام 2060.

**من المرجح أن يؤثر تغير المناخ في اليمن سلباً على صحة السكان وتغذيتهم على المدى الطويل**. وفي سيناريو تغير المناخ، سيعاني 3.8 مليون شخص إضافي من سوء التغذية مقارنة بسيناريو عدم تغيير المناخ. علاوة على ذلك، سيكون تغير المناخ مسؤولاً عن أكثر من 121 ألف حالة وفاة بحلول عام 2060.

أما السيناريو الثالث، وهو بناء القدرة على الصمود، فيهدف إلى محاكاة عالم تساهم فيه الجهود التحولية والجماعية التي يبذلها صناع السياسات والممارسون والجهات المانحة في نظام الدعم والتقدم في اليمن. ويفترض هذا السيناريو تأثيرات سيناريو تغير المناخ كخط أساس ولكنه يتضمن بعد ذلك تدخلات إضافية هادفة لمواجهة التحديات البيئية والإنمائية الأوسع، بما في ذلك التحسينات في الزراعة والبنية التحتية والتعليم والسلام والأمن وتمكين المرأة.

**إن بناء القدرة على الصمود من شأنه أن يعزز النمو الاقتصادي بما يتجاوز سيناريوهات تغير المناخ وعدم تغير المناخ**. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى مكاسب تراكمية تبلغ حوالي 360 مليار دولار مقارنة بسيناريو تغير المناخ بحلول عام 2060، كما سيزيد نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 27 في المائة.

**وحتى في ظل ظروف تغير المناخ، يمكن أن تتحسن حياة أشد الناس فقرا**. من شأن سيناريو بناء القدرة على الصمود أن ينتشل 9.5 مليون يمني من الفقر المدقع و13 مليون يمني من سوء التغذية بحلول عام 2060. كما سينتج عنه تجنب أكثر من 400 ألف حالة وفاة لأسباب تتعلق بتغير المناخ وأسباب أخرى.

ومن خلال سيناريو بناء القدرة على الصمود، يمكن لليمن أن يعوض الأضرار الناجمة عن تغير المناخ. ولكن هذا سوف يتطلب جهداً كبيراً لتحقيق مكاسب في جميع جوانب التنمية. ومن خلال تحديد أقوى مكونات سيناريو بناء القدرة على الصمود، حددنا المجالات الرئيسية لمعالجة نقاط الضعف وتحويل التنمية. وقد أدى ذلك إلى الاستنتاجات والتوصيات التالية.

**سيكون من الأهمية بمكان معالجة العلاقة بين الزراعة، الأمن الغذائي، والأمن المائي للتخفيف من الأضرار الناجمة عن تغير المناخ في اليمن**. ومع القيود الزراعية الحالية وتزايد عدد السكان، سيظل اليمن بحاجة إلى الواردات لتلبية الطلب على الغذاء، ولكن التدخلات المستهدفة لتحسين الزراعة والقدرة على الوصول إلى الغذاء يمكن أن تمنع الأسر من الجوع نتيجة لتغير المناخ.

**سيكون للتحسينات في مجال الأمن تأثير كبير في بناء القدرة على الصمود في مواجهة تغير المناخ**. إن اليمن الذي يتمتع بالصمود الكامل سيكون سلمياً وآمناً. وإلا فإن استمرار الصراع وانعدام الأمن سيستمر في الإضرار بالتنمية ويمنع إنفاق الموارد على بناء القدرة على الصمود.

**سيكون التركيز بشكل خاص على التمكين الاقتصادي والاجتماعي للنساء والفتيات، من بين المجتمعات المهمشة الأخرى، أمراً بالغ الأهمية لبناء القدرة على مواجهة التحديات المستقبلية**. ويجب أن تولي المبادرات اهتماماً خاصاً لرفاهية المرأة، التي هي أكثر عرضة لتأثيرات تغير المناخ وستلعب دورا هاما في إعداد المجتمع لمواجهة التحديات القادمة. ويؤدي تحسين المساواة في النوع الاجتماعي إلى تحقيق مكاسب إنمائية للجميع.

كالعديد من البلدان ذات الدخل المنخفض، فإن مساهمة اليمن في أزمة المناخ قليلة جداً، حيث تمثل أقل من 0.1% من انبعاثات الكربون العالمية، وليس لديها القدرة على وقف تغير المناخ بمفردها. وبالمقابل، فإنها تواجه قدرا كبيرا من عدم اليقين باعتبارها واحدة من أكثر الأماكن عرضة لتغير المناخ في العالم، في حين تتعامل أيضا مع ندرة شديدة في المياه واعتماد كبير على الواردات من أجل الغذاء. إن العمل القوي والتحولي اليوم يمكن أن يساعد في بناء القدرة على الصمود وحماية سكان اليمن من أسوأ العواقب نتيجة هذه التحديات. لدى الحكومة اليمنية قدرات وموارد محدودة للاضطلاع بهذا الطموح الكبير بمفردها؛ وسوف يتطلب الالتزام والدعم الكاملين من صناع السياسات والممارسين وكذلك القطاع الخاص والجهات المانحة والمجتمع الدولي.

العنب اليمني. | ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن.

# مقدمة

يشكل تغير المناخ تحدياً عالمياً ستتأثر به البلدان الأكثر ضعفا بشكل متفاوت. اليمن واحدة من هذه البلدان وكذلك واحدة من البلدان الأقل استعدادًا للتكيف معه (Chen et al. 2023)(تشن وآخرون 2023). ومع اعتماد الكثير من السكان على الزراعة لكسب العيش، فإن الآثار الزراعية لتغير المناخ تؤثر على حياة معظم اليمنيين وسبل عيشهم. وفي الوقت نفسه، فإن الإنتاجية الزراعية منخفضة وتعتمد إلى حد كبير على مياه الأمطار أو الري غير المجدية، وهو التحدي الذي يتفاقم بسبب زيادة إنتاج محصول القات الذي يتطلب استخداما كثيفا للمياه (أبو لحوم وآخرون 2022). ويعتمد اليمن على الواردات في توفير الغالبية العظمى من احتياجاته الغذائية، مما يترك الأسر الفقيرة معرضة بشدة لتقلبات الأسعار العالمية. تسببت الأمطار الغزيرة والفيضانات في السنوات الأخيرة في فقدان حياة العديد من الأشخاص وتدمير الممتلكات والبنية التحتية، حتى بالرغم من أن اليمن لا يزال أحد أكثر البلدان ندرة في المياه في العالم.

بعد ثماني سنوات من الصراع المستمر والشديد، يعاني الاقتصاد اليمني من أزمة مستمرة. ولا يزال الناتج الاقتصادي المقدر في عام 2022 أقل بنسبة تزيد عن 40% عما كان عليه في عام 2014، وانخفض نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بنحو 60% خلال نفس الفترة. ويعيش ما يقرب من 6 من كل 10 يمنيين في فقر مدقع، مما يعني أن قدرة الأسر على التعامل مع الصدمات الاقتصادية أو الزيادات في أسعار المواد الغذائية ضئيلة للغاية. فالبلاد منقسمة بين اقتصادين متنافسين، والقطاع العام مجزأ والحوكمة ضعيفة. لقد تركت هذه الأزمة اليمنيين في وضع محفوف بالمخاطر وغير واضح المعالم، والذي يتفاقم بسبب عدم وضوح الرؤية بشأن تغير المناخ. علاوة على ذلك، قد يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم ندرة الموارد الموجودة ويغذي المزيد من الصراعات وانعدام الأمن.

بدون بناء وتنمية القدرة على التكيف، ستظل المجتمعات المحلية في اليمن تواجه ندرة حادة في المياه، وهشاشة النظم البيئية الساحلية والجبلية، واستمرار تدهور الأراضي الزراعية، وانخفاض إنتاجية مصايد الأسماك والزراعة. ومع معاناة الملايين من النازحين من انعدام الأمن الغذائي الشديد، فإن سبل العيش الريفية المستدامة معرضة للخطر بسبب تغير المناخ.

## الغرض من هذا التقرير والقيود

يوضح هذا التقرير مستقبل تغير المناخ في اليمن ويحدد آفاق بناء القدرة على مواجهة التحديات التي قد تأتي مستقبلاً. نظراً لقدر كبير من الضبابية بشأن مسار كل من تغير المناخ والتنمية في اليمن، لا يهدف هذا التقرير إلى تقديم توقعات مؤكدة. وبدلا من ذلك، فهو يساعد على توفير فهم أكبر للمخاطر الناجمة عن تغير المناخ واستراتيجيات بناء القدرة على التكيف.

يتميز هذا العمل بمنهجيتين تحليليتين رئيسيتين، ولكل منهما محدداتها الخاصة. ولا يزال توافر البيانات يشكل تحدياً كبيراً للتنبؤ بالمناخ. لا توجد بيانات يومية ذات جودة كافية في اليمن فيما يتعلق بارتفاع مستوى سطح البحر الملحوظ وموجات الحرارة (أيام متتالية فوق المستوى الحرج) وحدوث الفيضانات والسيول المفاجئة. تقنيات التركيب الإحصائي المطبقة على هطول الأمطار لمدة 10 أيام ودرجة الحرارة الشهرية القريبة من السطح محدودة بحجم العينة والتحيز المحتمل للحداثة، حيث تشير الظواهر الشديدة المسجلة في السنوات الأخيرة إلى زيادة غير خطية. أظهرت النماذج المناخية صعوبة في حل تباينات هطول الأمطار بشكل كافٍ على التضاريس المعقدة، على الرغم من بذل الجهود لاستخدام نسخ مصغرة من النماذج المناخية لمعالجة هذه التحديات في المنطقة العربية.[1] تتضافر هذه العوامل وغيرها لتخلق قدراً كبيراً من عدم اليقين فيما يتعلق بإسقاط المسارات المستقبلية للتغيرات المتعلقة بمتوسط تغير المناخ والتغيرات في التباينات الشديدة، لا سيما فيما يتعلق بكيفية تطور مسارات انبعاثات الغازات الدفيئة على مدى السنوات العشر إلى الخمس والعشرين القادمة.

ويشكل عدم اليقين هذا أيضاً أحد القيود المهمة في نمذجة آثار تغير المناخ على التنمية الاقتصادية والبشرية. تهدف السيناريوهات الواردة في هذا التقرير إلى رسم خريطة لمستقبل تغير المناخ المحتمل في اليمن، لكن التأثيرات يمكن أن تكون أكثر تطرفاً

1 انظر، على سبيل المثال، المبادرة الإقليمية لتقييم آثار تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية التأثر على القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (RICCAR) على www.riccar.org.

أو أكثر هدوءً. الغرض من هذا العملية ليس التنبؤ بالمستقبل المحدد لتغير المناخ والتنمية البشرية، بل استكشاف المسارات المختلفة التي يمكن من خلالها أن يتأثر تغير المناخ بالإضافة إلى استراتيجيات بناء القدرة على الصمود.

يبدأ التقرير باستكشاف مستقبل تغير المناخ في اليمن من خلال تحليل وإسقاط درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار المرصودة لكل منطقة من خمس مناطق ذات بيئة زراعية. ثم يستعرض الأدبيات المتعلقة بالمسارات التي من المحتمل أن وثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية. وبناءً على هذا العمل، تستخدم الورقة تقنيات النمذجة المتكاملة لتحليل تأثير تغير المناخ على التنمية البشرية قبل التحول إلى التركيز على بناء القدرة على الصمود.

جزيرة سقطرة. | ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن.

إعادة تأهيل البنية التحتية الزراعية ذات النطاق المحدود، تعز اليمن.
| ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن.

# مستقبل المناخ في اليمن

إن تضاريس اليمن معقدة للغاية ومتنوعة، وترتبط بقوة بأنماط هطول الأمطار ودرجات الحرارة. تشرح هذه العوامل التوزيع السكاني التاريخي والحديث، والإنتاجية الزراعية، والفرص الاقتصادية، والنجاح. يقيم غالبية السكان في المرتفعات الجبلية الواقعة في الغرب وفي المدن والموانئ الساحلية. ويوجد سهل ساحلي على طول البحر الأحمر غرباً ويمتد إلى خليج عدن جنوباً ويحده سلسلة جبال كبيرة غرباً. تشمل المناطق الداخلية إلى الشرق هضبة واسعة وجبال حضرموت وجزءً من صحراء الربع الخالي أو "الربع الخالي". يضم الأرخبيل جزيرة سقطرى التي تتميز بتنوعها البيولوجي الحساس والفريد من نوعه.

## الفجوات المعرفية والتحديات في التنبؤ بتغير المناخ في اليمن

هناك العديد من الجوانب الصعبة لتقييم المناخ في اليمن. تعد ندرة البيانات أمراً شائعاً في البلدان ذات السياقات الاجتماعية والسياسية الهشة، لكن اليمن يمثل تحدياً فريداً نظراً لمدة الصراع وحجمه (Mason et al. 2015) (ماسون وآخرون 2015) ولم تعد عمليات الرصد الأرضية القليلة التي كانت موجودة قبل الصراع الأخير متاحة.

لقد كان للظواهر المناخية القاسية عواقب وخيمة، خاصة في السنوات الأخيرة. تحدث الفيضانات والسيول الجارفة على فترات زمنية مختلفة، تتراوح من الفيضانات والسيول المفاجئة الشديدة لمدة قصيرة إلى هطول أمطار متواصلة والتي يمكن أن تستمر من أسابيع إلى أشهر. يمكن أن تكون طبيعة ومواقع الفيضانات مختلفة تماماً بين المناطق المحلية والمحافظات المختلفة. ومع القدرة المتزايدة على توثيق فترات هطول الأمطار الغزيرة، فإن هطول الأمطار الأقل غزارةً من المتوسط يحدث بشكل متكرر، مما يسبب قلقًا متزايدًا بشأن حالات الجفاف.

ومع تزايد التقلبات المناخية الناتجة عن تغير المناخ، سيزداد التأرجح ما بين الفيضانات والجفاف، مما يؤدي إلى صعوبات مركبة مثل نقص الغذاء والمجاعة وتدمير البنية التحتية. إن استمرار الظواهر الطبيعية القاسية يثير القلق بنفس القدر، حيث سيتأخر التعافي وتتقلص القدرة على الصمود بشكل أكبر. ويشكل ارتفاع مستوى سطح البحر مصدر قلق بارز آخر، مما يتسبب في تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة وفقدان الأراضي الزراعية، مع تعرض بعض مناطق الساحل اليمني لمستويات أعلى وأقل نسبيًا من المخاطر الناجمة عن هذه التأثيرات.

وبالرغم من أن الملامح العامة لمناخ اليمن معروفة، إلا أن بعض العناصر غير واضحة، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى عدم توفر البيانات والمدى الزمني للبيانات المتاحة. لا يمكن سد هذه الفجوات التاريخية عن طريق تركيب محطات أرصاد جوية جديدة، ولكن إذا تم جمعها وتنظيفها ومعايرتها بشكل مناسب، فإن البيانات الجديدة ستساعد على توفير فهم متزايد للمناخ التاريخي على مدى العقود المقبلة.

يمثل الافتقار إلى عمليات المراقبة الأرضية صعوبات، خاصة فيما يتعلق بفحص الخصائص عالية الدقة. على سبيل المثال، يتطلب تحليل نوبات الحرارة أو ظواهر الفيضانات والسيول المفاجئة بيانات يومية أو حتى البيانات خلال اليوم الواحد. علاوة على ذلك، تتطلب البيانات المتعلقة بتأثيرات هذه الأحداث تفاصيل مماثلة على النطاق المكاني والزماني، والتي يصعب أيضاً الوصول إليها، إذا كانت متاحة أصلاً. على الرغم من وجود مجموعات البيانات المرصودة يومياً، فيما يتعلق بهطول الأمطار ودرجات الحرارة، فإن تغطية اليمن يجب أن تعتمد بشكل كبير على بيانات الأقمار الصناعية المستشعرة عن بُعد. يتطلب تحليل مناطق حضرية محددة دقة مكانية عالية.

تُستخدم نماذج المناخ العالمية في كثير من الأحيان للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية، عالمياً وإقليمياً، باستخدام سيناريوهات أو مسارات مختلفة للمضي قدماً نحو المستقبل الذي تفرضه زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة. لقد زادت النماذج المناخية العالمية والإقليمية من دقة الحيز المكاني تدريجياً (بتوفير المزيد من المعلومات على نطاقات محلية أكثر) وتعقيد النمذجة (توفير المزيد من التفاصيل عبر فترات زمنية أكثر تواتراً) على مدى الأجيال العديدة الماضية من تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). الدقة المكانية النموذجية للجيل الحالي هي في حدود 1 إلى 2 درجة من خط العرض و1 إلى 2 درجة من خط الطول. على الرغم من توفر نماذج عالية الدقة، بالنسبة للمناطق المشابهة في الحجم لليمن، والتي يبلغ حجمها حوالي 10 درجات من خط الطول و6 درجات من خط العرض، فقد واجهت هذه المناطق صعوبات في تحديد هطول الأمطار على التضاريس المعقدة بشكل خاص، وتحديداً

القيم الأعلى لهطول الأمطار، وهي الأمور الأكثر أهمية التي يجب مراعاتها عند فهم هطول الأمطار الغزيرة التي تؤدي إلى حدوث فيضانات مفاجئة. تُظهر النماذج أيضًا تحيزات إقليمية فيما يتعلق بعلم المناخ والتقلب الزمني والمكاني. ولمحاولة الحد من هذه المخاطر، استخدمت المبادرة الإقليمية لتقييم آثار تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية التأثر الاجتماعي والاقتصادي في المنطقة العربية (RICCAR) تقنيات تصحيح التحيز. وستتم مناقشة أوجه عدم اليقين هذه في سياق ما تمت ملاحظته.

## بيانات المناخ

لقد لوحظت أنماط في هطول الأمطار السنوي وكذلك درجات الحرارة في اليمن. تشير الأدلة إلى أنه من المحتمل أن يكون إجمالي هطول الأمطار السنوي ومتوسط درجات الحرارة خلال السنة قد زاد في العقود الأخيرة. يسعى هذا التقرير إلى تقديم تحليل أكثر تفصيلاً لتقلب المناخ في اليمن واتجاهاته وظواهره المدمرة على المستوى المحلي وعلى فترات زمنية موسمية إلى شبه موسمية. ويمكن استخدام هذه التحليلات لتقييم عمليات محاكاة النماذج المناخية وتوفير خطوط الأساس للتوقعات المناخية. لهذه الأسباب، من المناسب استخدام بيانات هطول الأمطار من مركز مخاطر المناخ بجامعة كاليفورنيا سانتا باربرا (مجموعة المخاطر المناخية لهطول الأمطار بالأشعة تحت الحمراء مع المحطة النسخة الثانية (CHIRPS v2) وبيانات درجة الحرارة من وحدة أبحاث المناخ بجامعة إيست أنجليا (وحدة أبحاث المناخ النسخة 4.07 (CRU v4.07). تعتبر كلتا مجموعتي البيانات مرشحتين بقوة لإدراجهما في التحليلات في مجموعة متنوعة من السياقات على نطاق عالمي. تم تقييم بيانات مجموعة المخاطر المناخية لهطول الأمطار بالأشعة تحت الحمراء مع المحطة على وجه التحديد في مرتفعات اليمن وتبين أنها الأكثر موثوقية من بين مجموعات البيانات التاريخية المرصودة (الفلاحي وآخرون 2020). كما تم فحص بيانات درجات الحرارة القريبة من السطح في اليمن باستخدام الجيل الخامس من إعادة تحليل الغلاف الجوي للمناخ العالمي ERA5. بعد النظر، تم اعتبار CHIRPS v2 وCRU v4.07 الأكثر ملاءمة لمجموعات البيانات التي يمكن الوصول إليها. تسمح بيانات CHIRPS v2 بفحص هطول الأمطار لمدة 10 أيام من عام 1981 حتى يومنا هذا بدقة مكانية عالية جداً. تتمتع بيانات CRU v4.07 بدقة مكانية تبلغ 0.5 درجة من خط العرض و0.5 درجة من خط الطول.

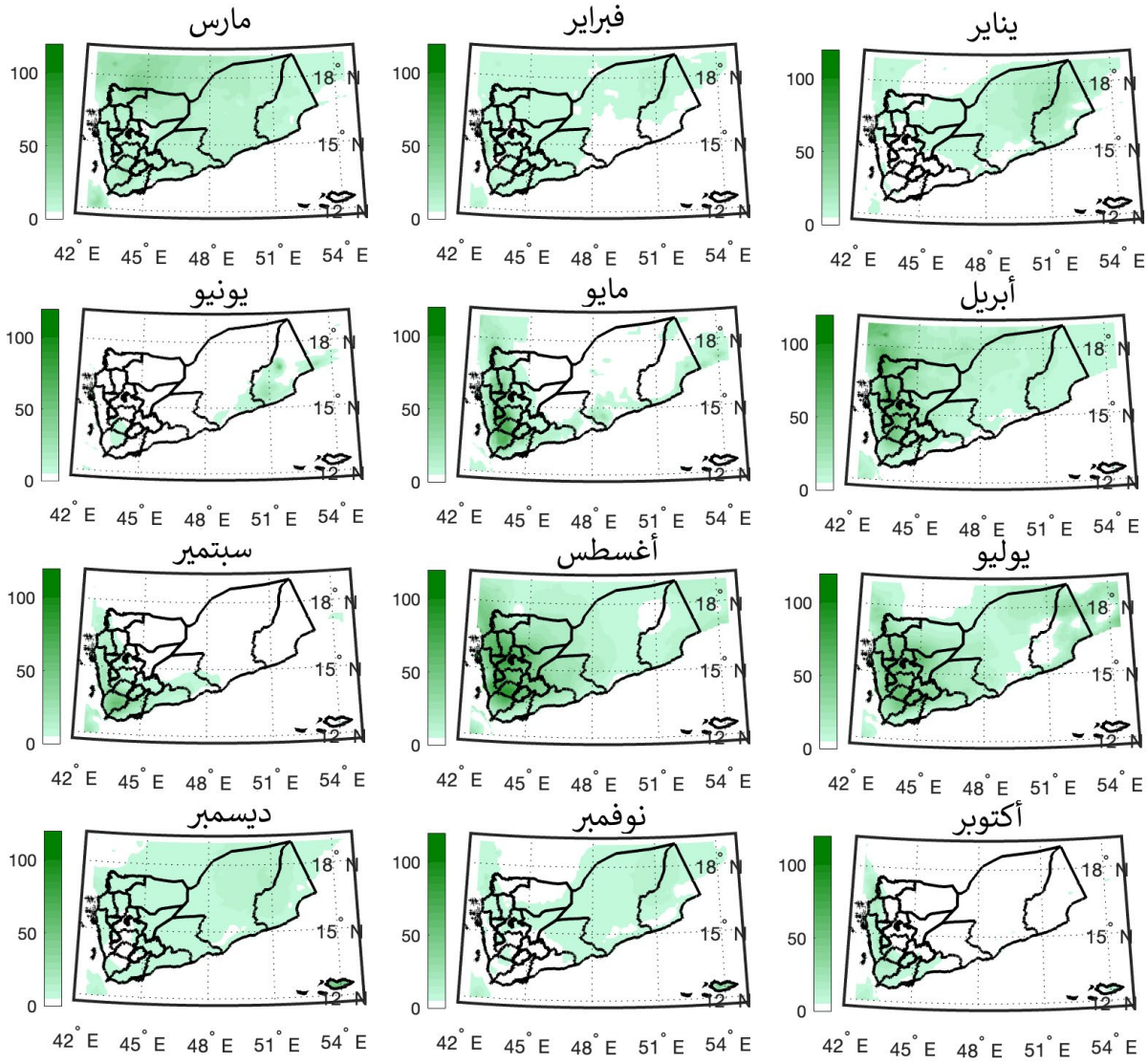
قدمت الأبحاث الحديثة، التي تناولت ظواهر هطول الأمطار الغزيرة المستقبلية باستخدام أحدث النماذج المناخية لمشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة المرحلة السادسة (CMIP6) الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، مساهمة قيمة في معالجة الأسئلة المتعلقة بالتحولات المستقبلية في هطول الأمطار (جادين وليباندا 2023). ومع ذلك، هناك ما يبرر القيام بعمل إضافي، لا سيما لمعالجة مسائل محددة تتعلق بالحالات المستقبلية للتقلبات الموسمية وكثافة وذروة هطول الأمطار. ويعتمد هذا التقرير على الدراسات الأخيرة ويحلل النماذج الأفضل أداءً لتقييم عدم اليقين في التوقعات المستقبلية داخل اليمن. وباستخدام التقنيات الإحصائية، فإنه ينتج مجموعة من المسارات المستقبلية المحتملة لهذه المقاييس ويناقش مجموعة متنوعة من أوجه عدم اليقين.

## نتائج

كخطوة أولى في فهم هطول الأمطار، ينبغي تعريف الدورات الموسمية. يظهر الشكل 1 التطور الموسمي المناخي لهطول الأمطار لكل شهر. وعلى الرغم من هطول أمطار متواضعة خلال أشهر الشتاء في الجهة الشرقية، إلا أن هناك موسمين ممطرين أساسيين: مارس حتى مايو ويوليو حتى أغسطس. عادةً ما يكون شهر يونيو هو الشهر الأكثر جفافاً، حيث يفصل بين فصلي الربيع والصيف الممطرين. ويكثر إجمالي هطول الأمطار السنوي في المرتفعات الغربية وعلى طول السهل الساحلي للبحر الأحمر. مارس وأبريل وأغسطس هي الأشهر التي يحتمل فيها وجود كميات غير صفرية في جميع مواقع اليمن تقريباً. هذه هي الأشهر التي يكون فيها أوسع توزيع لهطول الأمطار. لا توجد أشهر من المرجح أن تشهد فيها جميع المواقع صفراً من الأمطار، على الرغم من أن شهري يونيو وأكتوبر هما الوقتان اللذان من المحتمل أن تشهد فيها أقل المواقع أي هطول للأمطار. ويحدث تساقط الثلوج على ارتفاعات عالية، خاصة في مديرية مجز ومنطقة صعدة شمال اليمن.

الشكل 1: هطول الأمطار المناخية (بالملليمترات) حسب الشهر، متوسط 1981-2022

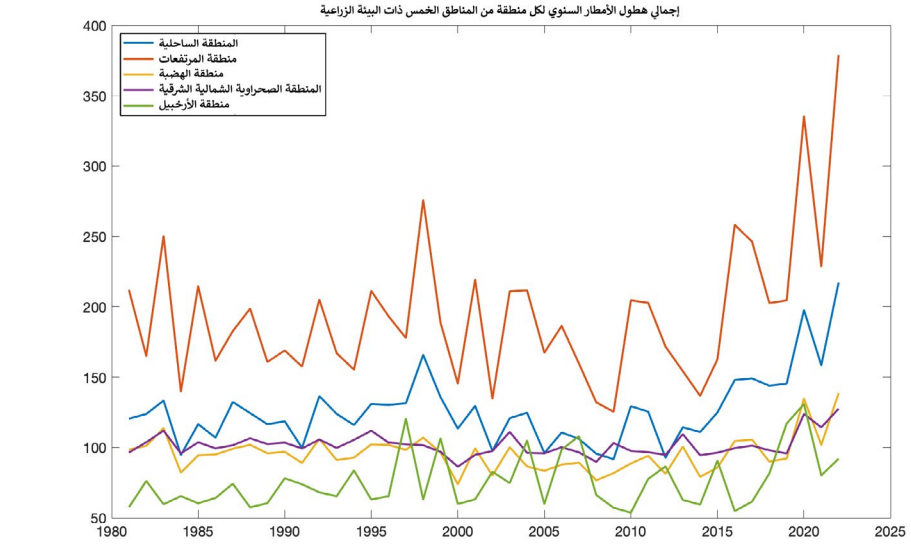
المصدر: منتج بيانات CHIRPSv2.

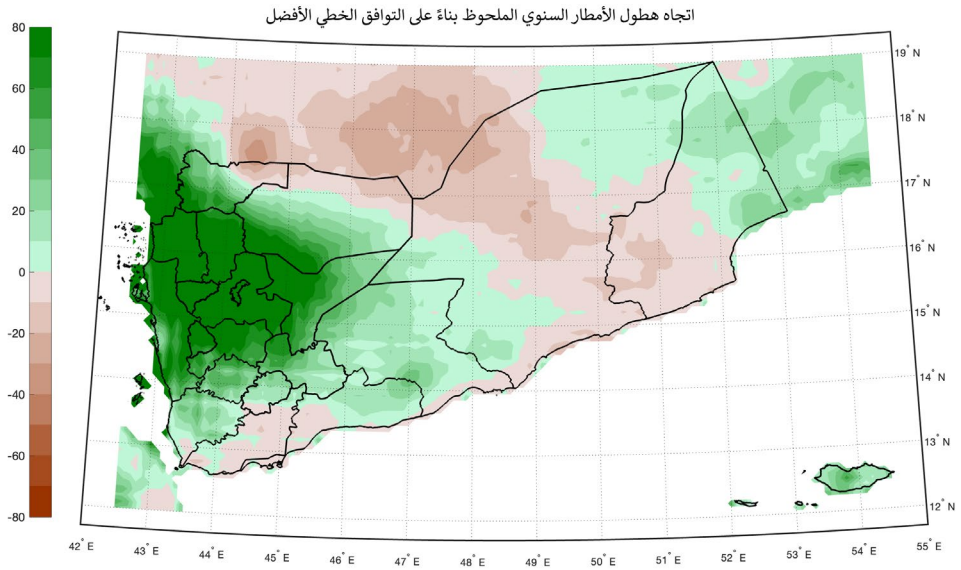


لاستكشاف مستقبل المناخ الإقليمي في اليمن، تم تقسيم البلد إلى خمس مناطق ذات بيئة زراعية محددة مسبقًا: السهل الساحلي الغربي والجنوبي، والمرتفعات الغربية، والهضبة الشرقية، والصحراء الشمالية الشرقية، والأرخبيل. ويبين الشكل 2 الجدول الزمني والأنماط المكانية لإجمالي هطول الأمطار السنوي. شهدت مناطق السهل الساحلي والمرتفعات زيادة ملحوظة في هطول الأمطار منذ عام 2015. وتظهر بعض التقلبات العقدية (في دورات مدتها 10 إلى 20 عامًا) في زيادة هطول الأمطار من عام 1990 إلى عام 1997 ومن عام 2015 إلى الوقت الحاضر. وبالمقارنة، تُظهر المخرجات المناخية في مجال المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار المشرق) زيادة عامة في هطول الأمطار مع ظواهر أكثر شدة وفترات جفاف أطول بين هذه الظواهر. تشير هذه المخرجات إلى زيادة هطول الأمطار في جميع أنحاء اليمن ولكن بقوة أكبر على طول الساحل الغربي.

الشكل 2: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار السنوي لكل منطقة من المناطق الخمس ذات البيئة الزراعية (الشكل الأعلى)؛ اتجاه هطول الأمطار السنوي الملحوظ بناءً على التوافق الخطي الأفضل (الشكل الأسفل)

المصدر: منتج بيانات CHIRPSv2.

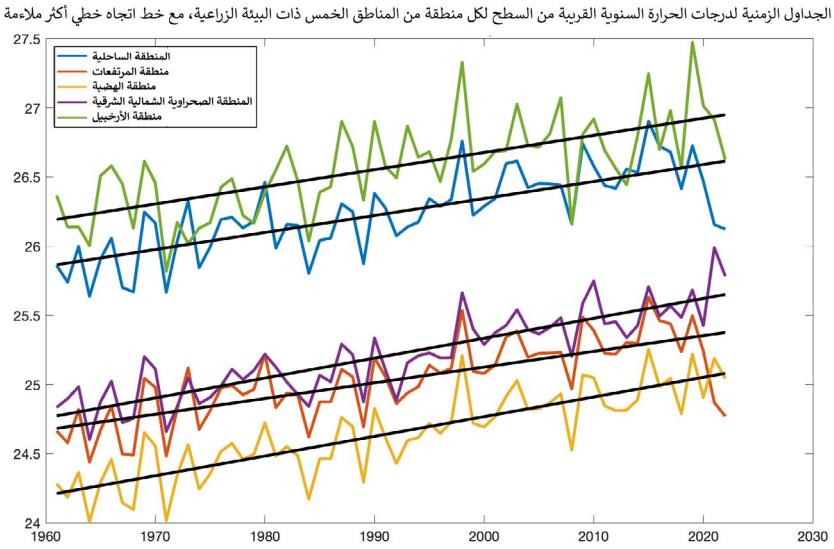


ويبين الشكل 3 الخطوط الزمنية والانماط الخطية لدرجة الحرارة السنوية القريبة من السطح لكل منطقة. إن الانماط الخطية متشابهة تماماً من حيث المقدار، مما يشير إلى احترار وطني واسع النطاق. ويبين الشكل 4 الاتجاه المكاني. حدث الاحترار الأقوى في الغرب، فوق الجبال وساحل البحر الأحمر، وفي الشمال الشرقي. وقد شهد الساحل الجنوبي والمرتفعات تغيراً أقل بكثير، بل وحتى تبريداً طفيفاً منذ عام 1960 (الشكل 2). على الرغم من أن عام 2022 كان عاماً أكثر برودة بكثير مقارنة بالعقد الماضي (في الأرخبيل والصحراء والمرتفعات)، إلا أن هذا ليس غير متوقع ويعزز فكرة حدوث تقلبات حادة في درجات الحرارة من سنة إلى أخرى في كثير من الأحيان. وهذا لا ينفي اتجاه الاحترار بالغ الأهمية والذي يحدث الآن.

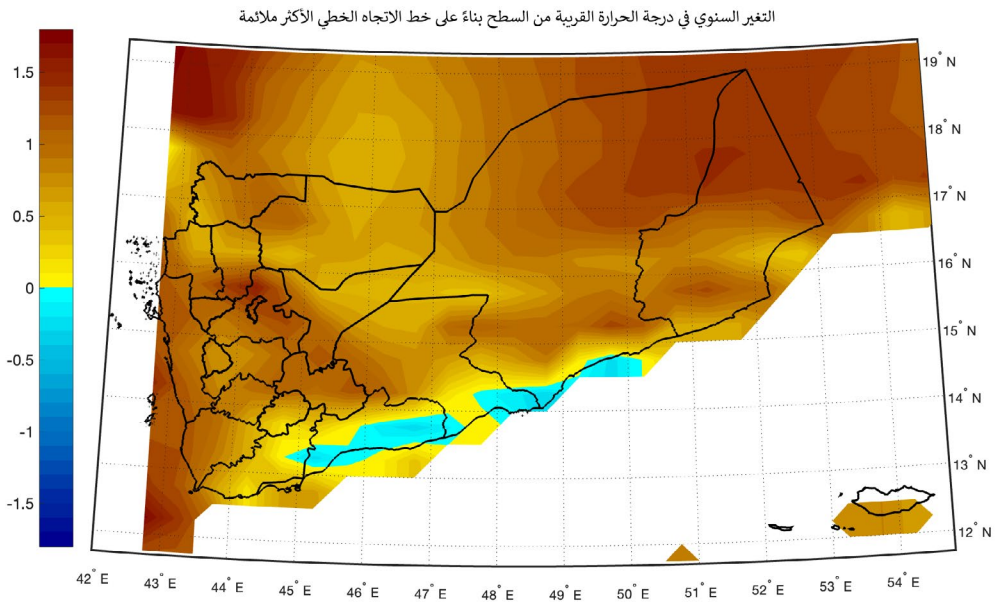
الشكل 3: الجداول الزمنية لدرجات الحرارة السنوية القريبة من السطح لكل منطقة من المناطق الخمس ذات البيئة الزراعية، مع خط اتجاه خطي أكثر ملاءمة

المصدر: منتج بيانات CRU TS v4.07.




الشكل 4: التغير السنوي في درجة الحرارة القريبة من السطح بناءً على خط الاتجاه الخطي الأكثر ملائمة

المصدر: منتج بيانات CRU TS v4.07.



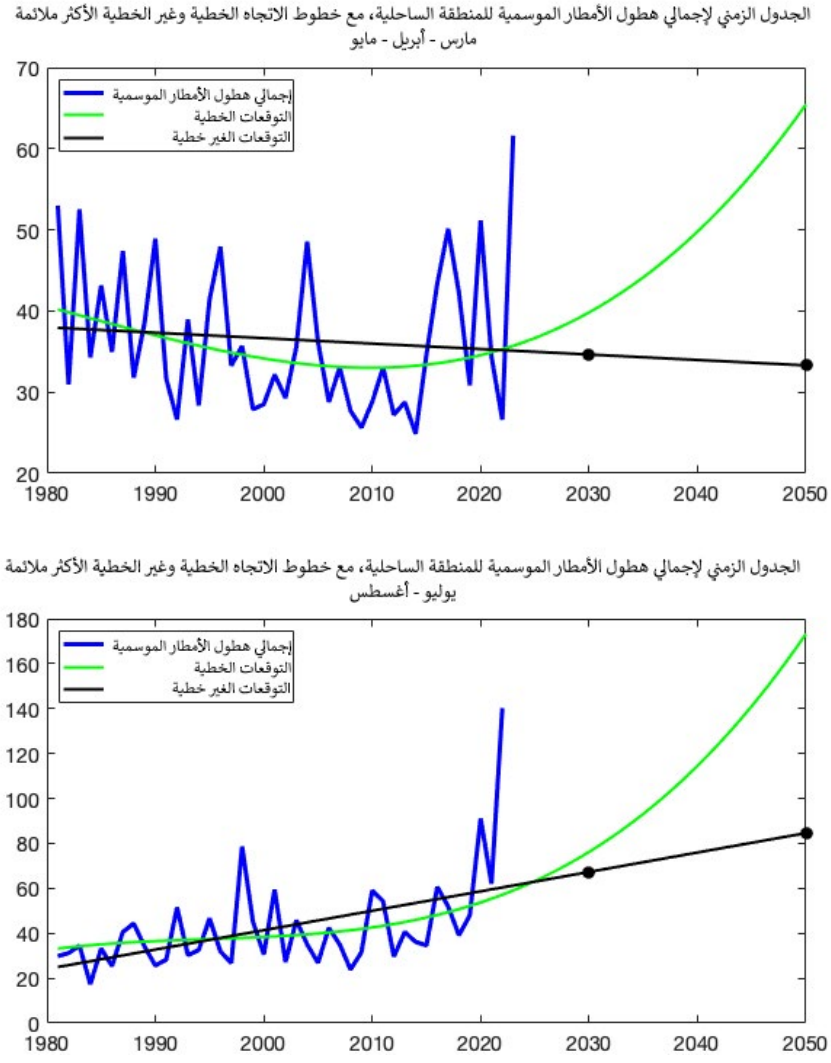
وتستكشف الأقسام التالية هذه الأنماط بمزيد من التفصيل لكل منطقة من المناطق الخمس ذات البيئة الزراعية. تم تحديد الاتجاه الخطي للتغيرات المرصودة على مدار الـ 42 عاماً الماضية (1981 إلى 2022) ثم استخدامه كخط أساس للتوقع للمستقبل. بالنسبة لهطول الأمطار، الذي يكون أكثر تجانساً في المكان وغير خطي في الوقت من درجة حرارة السطح، تم استخدام تحليل الطيف الواحد لتحديد الاتجاهات غير الخطية وإنتاج مجموعة من التوقعات بناءً على إطارين زمنيين مثيرين للاهتمام، 2030 و2050. كما تم فحص احتمال حدوث تغييرات مستقبلية أكثر قوة وغير خطية. وعلى الرغم من وجود قدر كبير من عدم الوضوح، فإن الاتجاه الخطي يمثل توقعات أكثر تحفظاً. تأخذ طرق أخرى بعين الاعتبار التغييرات المستقبلية المحتملة. في الأساس، يمثل الاتجاه الخطي الحدود الدنيا لنطاق الإسقاط ويمثل الاتجاه غير الخطي الحدود العليا. ومن خلال مقارنة أحداث هطول الأمطار لمدة 10 أيام من الفترة 1981-2001 إلى الفترة 2002-2023، يمكننا أن نقيم بشكل أوثق التحول الملحوظ في الحدود القصوى ونتوقع التغيير في المستقبل.

## المنطقة الساحلية

ويبين الشكل 5 الجدول الزمني لهطول الأمطار الموسمية للمنطقة الساحلية، حيث كانت السنوات الأخيرة، وخاصة عامي 2020 و2022، أكثر رطوبة من المعتاد. وكان هطول الأمطار في شهري يوليو وأغسطس 2022 (140 ملم) أعلى بكثير من أي صيف آخر تم رصده خلال الـ 42 عاماً الماضية. يأتي هطول الأمطار في صيف 2020 قبل العام 2022 حيث بلغ 91 ملم. واستنادًا إلى الاتجاه الخطي، زاد إجمالي هطول الأمطار في الصيف (يوليو وأغسطس) من عام 1981 إلى عام 2022 بشكل كبير، من 25 إلى 60 ملم.

الشكل 5: الجدول الزمني لإجمالي هطول الأمطار الموسمية للمنطقة الساحلية، مع خطوط الاتجاه الخطية وغير الخطية الأكثر ملائمة

المصدر: منتج بيانات CHIRPS v2.



وإذا استمرت هذه الزيادة الخطية، فإن إجمالي تراكم الأمطار في الصيف سيصل إلى 67 ملم بحلول عام 2030 و85 ملم بحلول عام 2050. وإذا كانت السنوات القياسية الأخيرة تنذر بزيادة غير خطية في المستقبل، فإن تراكمات الأمطار هذه يمكن أن تكون أعلى بكثير. ومن الممكن أيضاً أن تكون قيماً عالية وأن تعود السنوات القادمة إلى مجموعة من القيم التي تشبه الاتجاه الخطي في العقود التي سبقت عام 2020. وقد صاحب نمط الترطيب الكبير للغاية على مدى السنوات الـ 42 الماضية زيادة قوية في التقلب من سنة إلى أخرى. غالباً ما تتبع السنوات الرطبة جداً سنوات شديدة الجفاف، والعكس صحيح. إن استمرار هذا التوجه من شأنه أن يجعل سنوات هطول الأمطار الغزيرة أكثر توزعاً في المستقبل. اعتماداً على نوع هطول الأمطار والإرادة السياسية لمعالجة مخاطر الفيضانات والسيول الجارفة، يمكن أن يؤدي ذلك إلى حدوث فيضانات أكثر شدة في المناطق التي اعتادت التعرض لها وفي مناطق أخرى تعاني من الفيضانات لأول مرة. لقد كانت أحداث الفيضانات الأخيرة مدمرة، حيث أشار بعض الأشخاص إلى أن هذه كانت المرة الأولى التي يتعرض فيها مجتمع معين لآثار الفيضانات. لقد دمرت الفيضانات والسيول الجارفة البنية التحتية الحيوية وأعاقت القدرة على استعادتها، مما يطرح تحديات مستقبلية كبيرة ويزيد من خطر إلغاء مكاسب التنمية البشرية التي تحققت في السنوات الأخيرة.

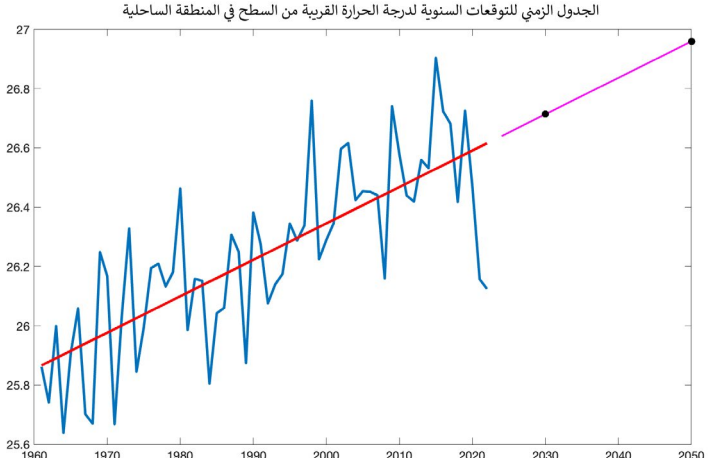
خلال أمطار الربيع، من مارس إلى مايو، كان نمط هطول الأمطار مختلفًا تمامًا عما كان عليه في الصيف، مع انخفاض طفيف. وهذا لا يعني أن كل سنة أو أي سنة معينة ستؤدي إلى هطول أمطار أقل من المتوسط. على سبيل المثال، وصلت أمطار الربيع في عام 2023 إلى مستوى قياسي بلغ حوالي 61 ملم، وهو أعلى بكثير من متوسط السنوات الـ 42 الماضية (36.5 ملم). وقد زاد التقلب من سنة إلى أخرى خلال فصل الربيع على مدى السنوات الـ 42 الماضية، على الرغم من أنه أقل من موسم الصيف. جاءت فيضانات ربيع 2023 في أعقاب موجة جفاف في موسم ربيع 2022 (26.6 ملم) وهطول أمطار قياسي في صيف 2022. وهذه التقلبات الكبيرة واستمرار مثل هذه الظواهر المتطرفة الكبيرة من موسم إلى موسم ومن سنة إلى أخرى تعيق بشكل كبير القدرة على الصمود والتنمية - ومن المتوقع أن تزداد وتيرتها وشدتها في المستقبل.

أوضحت دراسة حديثة تقارن 11 نموذجًا مناخيًا مختلفًا لمنطقتين في اليمن (المرتفعات الغربية وساحل البحر الأحمر/سهل تهامة) مدى تعقيد التنبؤ بهطول الأمطار في المستقبل داخل اليمن (جادين وليباندا 2023). وباستخدام ثلاثة مقاييس لفحص هطول الأمطار الغزيرة، وجدت الدراسة توقعاً لزيادة كثافة هطول الأمطار وتواترها في المرتفعات وبدرجة أقل في ساحل البحر الأحمر ومنطقة سهل تهامة. علاوة على ذلك، فحتى النماذج الأفضل أداءً كانت مرتبطة بشكل ضعيف بالبيانات المرجعية ولم تكن دائمًا متفقة على اتجاهات هطول الأمطار (في الماضي أو المستقبل). تميل المجموعات النموذجية إلى المبالغة في تقدير هطول الأمطار المناخية على هذه المنطقة الساحلية. وكانت الاختلافات الكبيرة واضحة أيضًا فيما يتعلق بالاتجاهات المكانية. أظهر التحليل الإضافي في هذه الدراسة أن أياً من هذه النماذج لا يُظهر الزيادة الحادة الأخيرة في هطول الأمطار (2015-2022). وتؤكد هذه النتائج أن هناك قدراً كبيراً من الضبابية في التوقعات المناخية المستقبلية، حتى مع أفضل النماذج أداءً.

كما هو الحال مع المناطق الأخرى (الشكل 3)، ارتفعت درجة الحرارة القريبة من السطح المرصودة في المنطقة الساحلية بشكل مطرد وكبير منذ عام 1960، بمقدار 0.75 درجة مئوية، أو بمعدل 0.125 درجة مئوية لكل عقد (الشكل 6). ويتوقع أن ترتفع درجات الحرارة إلى 26.7 درجة مئوية بحلول عام 2030 و27 درجة مئوية بحلول عام 2050. وتتوقع بيانات المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار المشرق) بشكل عام تغييرات غير خطية في المستقبل، مع زيادات من خط الأساس للفترة 1995-2014 البالغ 0.65 درجة مئوية بحلول عام 2040 و1.43 درجة مئوية بحلول عام 2060، بناءً على سيناريو مسارات التركيز النموذجية RCP-8.5.

الشكل 6: الجدول الزمني لدرجة الحرارة السنوية القريبة من السطح للمنطقة الساحلية، مع الاتجاه الخطي والإسقاطات

المصدر: منتج بيانات وحدة البحوث المناخية CRU TS v4.07.



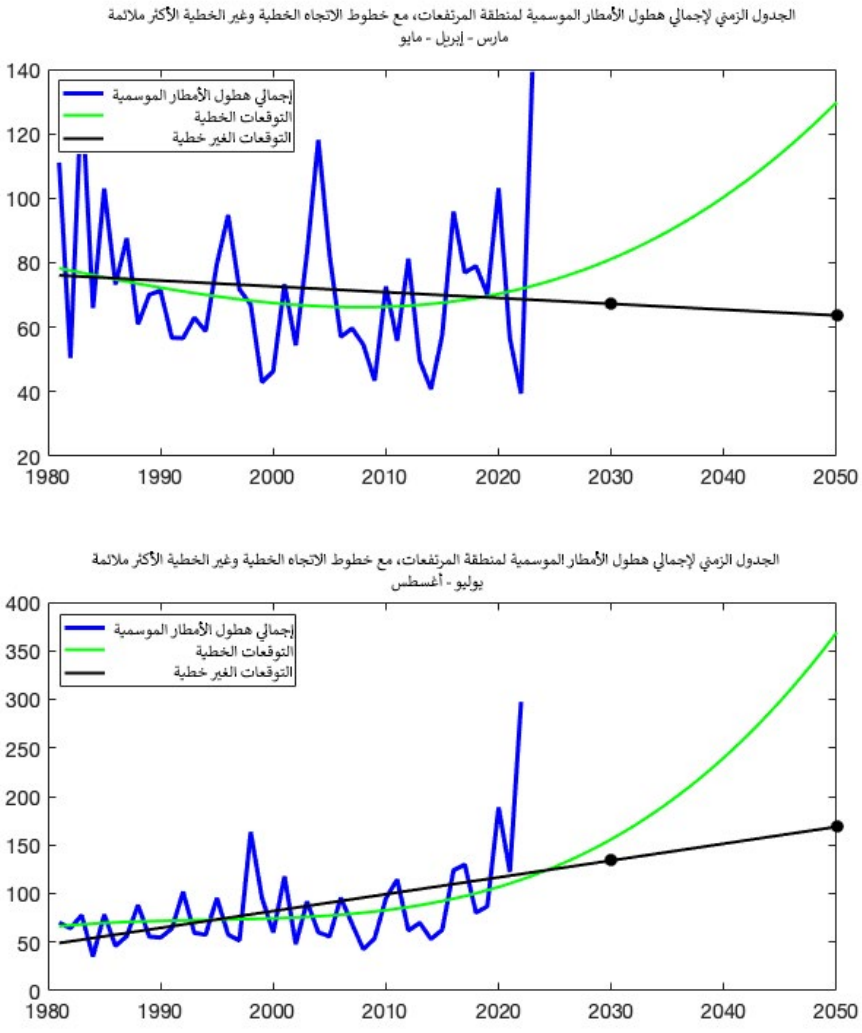
وعلى الرغم من أن العامين الماضيين كانا أكثر برودة بكثير من الأعوام العشرة السابقة، فمن المتوقع أن يستمر الاتجاه التصاعدي بدرجة عالية من الدقة. ويرتبط ارتفاع درجات الحرارة ارتباطًا وثيقًا بموجات الحر الصيفية الأكثر تكرارًا وشدة، والتي كانت مصدر قلق ملحوظ للصحة العامة، لا سيما في المدن الساحلية الحضرية مثل الحديدة وعدن والمكلا. وكل منها يعتبر من الموانئ البارزة للتجارة في اليمن، حيث وتمر معظم المساعدات الإنسانية عبر الحديدة. خلال الصراع، كانت عدن بمثابة العاصمة المؤقتة.

## منطقة المرتفعات

وتتلقى منطقة المرتفعات، التي تضم ستًا من المدن التسع الأكثر اكتظاظاً بالسكان في اليمن، حوالي ضعف كمية الأمطار التي تتساقط على المنطقة الساحلية. وكما هو الحال في المنطقة الساحلية، كان الاتجاه في هطول الأمطار في الربيع (مارس وأبريل ومايو) عبارة عن انخفاض خطي متواضع (الشكل 7)، ولكن مع تسجيل مستوى قياسي من الأمطار في ربيع 2023. ومع ذلك، خلال فصل الصيف (يوليو وأغسطس)، كان هناك اتجاه إيجابي واضح وهام لهطول الأمطار منذ عام 1981. وإذا كانت الأمطار القياسية الأخيرة في عامي 2020 و2022 مؤشرا، فقد تظهر إشارة غير خطية.

الشكل 7: الجدول الزمني لإجمالي هطول الأمطار الموسمية لمنطقة المرتفعات، مع خطوط الاتجاه الخطية وغير الخطية الأكثر ملائمة

المصدر: منتج بيانات CHIRPS v2.



غمرت أمطار صيف 2022، التي وصلت إلى ما يقرب من 300 ملم، المنطقة بفيضانات وسيول مستمرة، لا سيما تلك الناجمة عن فترات هطول أمطار غزيرة ومفاجئة في مناطق محلية. وحتى لو كانت السنوات الأخيرة تمثل قيماً إحصائية استثنائية، فإن الاتجاه الخطي يظهر أن هطول الأمطار في الصيف قد زاد بشكل كبير من 49 ملم إلى 120 ملم على مدى السنوات الـ 42 الماضية. وينبغي اعتبار هذا الاتجاه قويا، وهو ما يمثل تحولا كبيرا في موسمية هطول الأمطار في منطقة زراعية حيوية. في الثمانينيات، كان إجمالي هطول الأمطار خلال فصل الربيع مماثلاً لهطول الأمطار خلال فصل الصيف. في السنوات الأخيرة، كانت الأمطار أكثر وفرة خلال فصل الصيف. ويتوقع الاتجاه الخطي زيادة إلى 134 ملم بحلول عام 2030 و168 ملم بحلول عام 2050. وإذا أشارت السنوات الأخيرة إلى ظهور اتجاه غير خطي، فقد تصبح ظواهر الفيضانات المتكررة والشديدة بشكل متزايد هي الوضع الطبيعي الجديد في هذه المنطقة الجبلية، مما يؤثر سلبًا على جزء كبير من سكان اليمن، وخاصة الأشخاص الأكثر ضعفا.

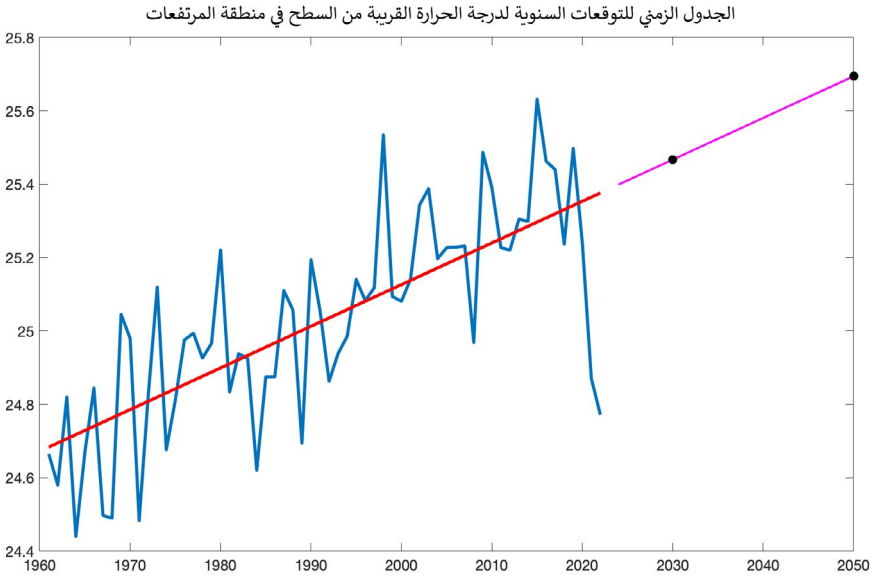
وجد جادين وليباندا (2023) أنه من المتوقع أن تشهد المرتفعات الغربية زيادات إضافية في كل من تواتر هطول الأمطار وكثافته، أكثر من المناطق الأخرى.

وباستخدام السيناريوهات النموذجية، أظهرت الدراسة أدلة مؤيدة على الشكل المتغير لتوزيع هطول الأمطار نحو الظواهر الأكثر غزارة التي تمت ملاحظتها بالفعل. ومع ذلك، كما هو الحال مع المنطقة الساحلية، هناك خلاف كبير حتى بين هذه النماذج الأفضل أداءً، مما يشير إلى قدر كبير من عدم الوضوح. وتؤكد توقعات المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية المستقبلية (ريكار المشرق) الزيادات الملحوظة في هطول الأمطار الغزيرة في الصيف في حوض صنعاء.

وكان الاتجاه السنوي الملحوظ لدرجات الحرارة القريبة من السطح في المرتفعات (الشكل 8) مماثلاً لاتجاه المنطقة الساحلية. وكانت الزيادة من عام 1961 إلى عام 2022 حوالي 0.7 درجة مئوية أو بمعدل 0.11 درجة مئوية لكل عقد. ومن خلال استقراء هذا النمط الخطي مستقبلاً، من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة إلى 25.5 درجة مئوية بحلول عام 2030 و25.7 درجة مئوية بحلول عام 2050. ومن المتوقع أن يتجاوز متوسط درجات الحرارة في الصيف (يونيو إلى أغسطس) 30.1 درجة مئوية بحلول عام 2050، بدرجة عالية من الدقة.

الشكل 8: الجدول الزمني لتوقعات درجة الحرارة السنوية القريبة من السطح لمنطقة المرتفعات، مع الاتجاه الخطي

المصدر: منتج بيانات وحدة البحوث المناخية CRU TS v4.07.



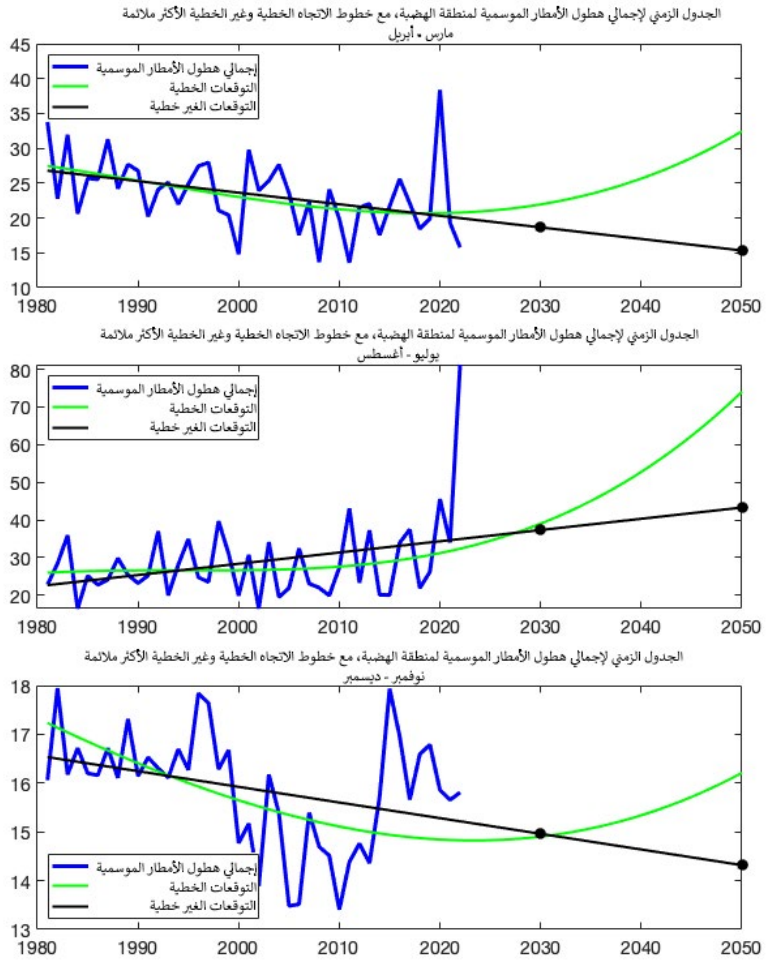
## منطقة الهضبة

خلال مواسم هطول الأمطار الثلاثة في منطقة الهضبة الوسطى (من مارس إلى أبريل، ومن يوليو إلى أغسطس، ومن نوفمبر إلى ديسمبر، الشكل 9)، يعد الصيف هو الموسم الوحيد الذي يظهر نمطاً ايجابياً كبيراً منذ عام 1981. ويعكس فصلا الربيع والشتاء انخفاضًا في معدلات هطول الأمطار الموسمية.

تميز صيفا 2020 و2022 بالرطوبة بشكل غير عادي. شهد موسم الربيع انخفاضًا خطيًا متواضعًا في هطول الأمطار على مدار الـ 42 عامًا الماضية. ومن غير المتوقع أن تتغير مجاميع هطول الأمطار الموسمية بشكل كبير في العقود المقبلة بناءً على الملاحظات على مدى العقود الأربعة الماضية.

الشكل 9: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار الموسمية لمنطقة الهضبة، مع خطوط الاتجاه الخطية وغير الخطية الأكثر ملائمة

المصدر: منتج بيانات CHIRPS v2.

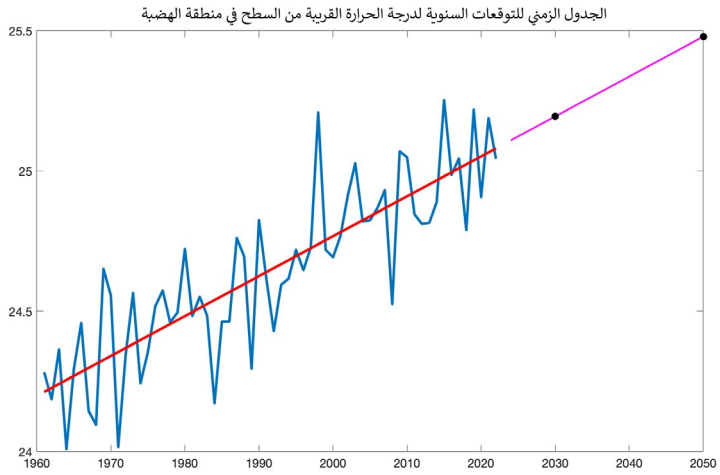



شهدت الهضبة، إلى جانب الصحراء الشمالية الشرقية، أكبر ارتفاع في درجات الحرارة السنوية القريبة من السطح (الشكل 10) بين المناطق الخمس ذات البيئة الزراعية، حوالي 0.87 درجة مئوية منذ عام 1961.

وكانت الزيادة خطية، كما هو الحال مع المناطق الأخرى ومن المتوقع أن تصل إلى 25.2 درجة مئوية بحلول عام 2030 و25.5 درجة مئوية بحلول عام 2050.

الشكل 10: الجدول الزمني لتوقعات درجة الحرارة السنوية القريبة من السطح لمنطقة الهضبة، مع الاتجاه الخطي

المصدر: منتج بيانات وحدة البحوث المناخية CRU TS v4.07.

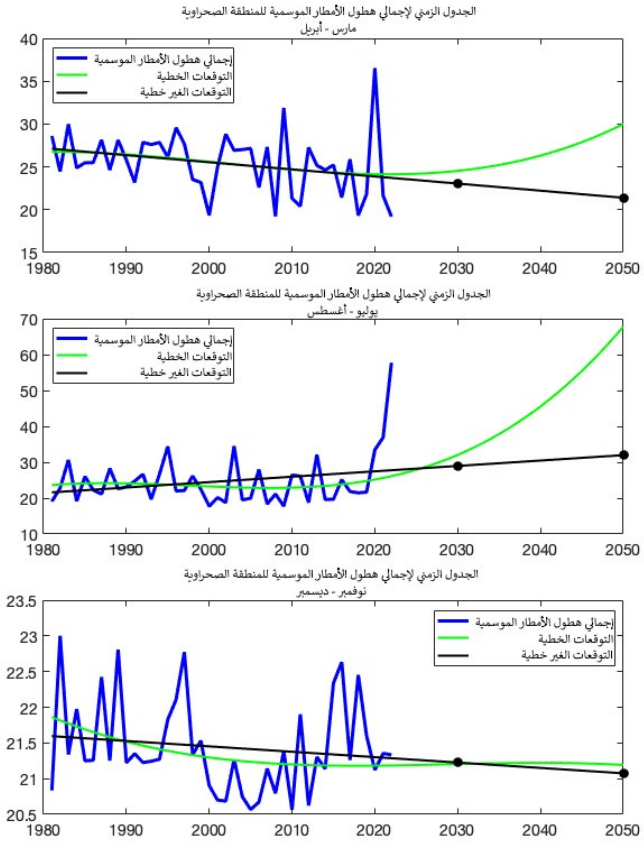



## المنطقة الصحراوية الشمالية الشرقية

كما تشهد الصحراء الشمالية الشرقية أيضًا ثلاثة فصول يكون فيها هطول الأمطار بمستويات متواضعة جدًا: من مارس إلى أبريل، ومن يوليو إلى أغسطس، ومن نوفمبر إلى ديسمبر (الشكل 11). كان صيف 2022 ممطرًا بشكل استثنائي. وقد شهد فصلا الربيع والشتاء انخفاضاً متواضعاً للغاية، ولكنه ثابت في هطول الأمطار منذ عام 1981. ومن المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الصحراء الشمالية الشرقية إلى 25.8 درجة مئوية بحلول عام 2030 و26.1 درجة مئوية بحلول عام 2050 (الشكل 12).

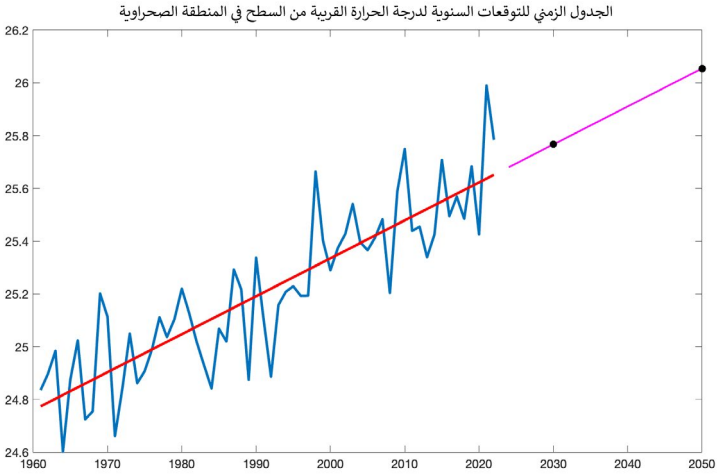
الشكل 11: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار الموسمية للمنطقة الصحراوية، مع خطوط الاتجاه الخطية وغير الخطية الأكثر ملائمة

المصدر: منتج بيانات CHIRPS v2.



الشكل 12: الجدول الزمني لتوقعات درجة الحرارة السنوية القريبة من السطح للمنطقة الصحراوية، مع الاتجاه الخطي

المصدر: منتج بيانات وحدة البحوث المناخية CRU TS v4.07.

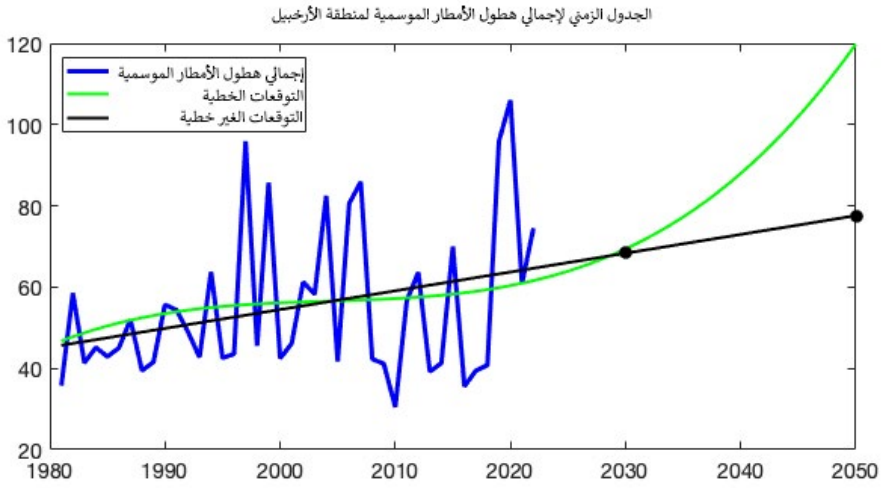



## منطقة الأرخبيل

يوجد في أرخبيل سقطرى موسم ممطر واحد، من نوفمبر إلى ديسمبر (الشكل 13). كان هناك اتجاه خطي إيجابي كبير في هطول الأمطار منذ عام 1981. وقد زادت التقلبات من سنة إلى أخرى خلال العقود الأخيرة، وشهدت الجزيرة هطول أمطار قياسي في سنوات متتالية في عامي 2019 و2020. وكان الأرخبيل جافًا تمامًا من عام 2008 إلى عام 2018، قبل أن يتحول الى رطب للغاية. ومن المتوقع أن تصل الزيادة المستمرة في هطول الأمطار الموسمية إلى ما يقرب من 80 ملم بحلول عام 2050.

الشكل 13: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار الموسمية لمنطقة الأرخبيل، مع خطوط الاتجاه الخطية وغير الخطية الأكثر ملائمة

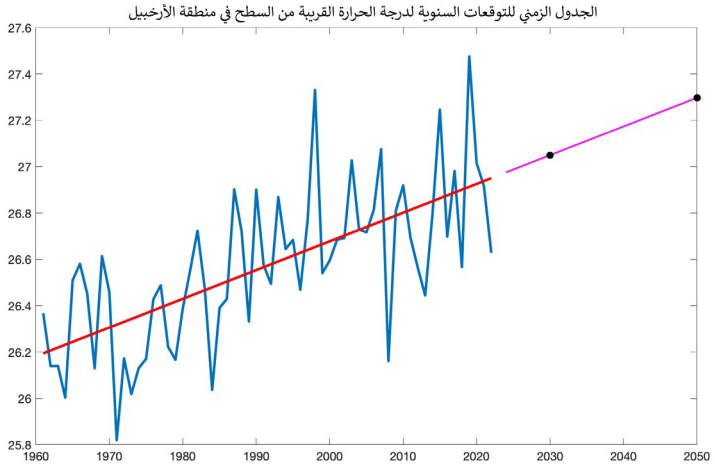
المصدر: منتج بيانات CHIRPS v2.



ارتفعت درجة الحرارة السنوية القريبة من السطح في الأرخبيل (الشكل 14) بشكل ملحوظ، بطريقة خطية كما هو الحال في المناطق الأخرى. ومن المتوقع أن يصل متوسط درجات الحرارة إلى 27.3 درجة مئوية بحلول عام 2050.

الشكل 14: الجدول الزمني لتوقعات درجة الحرارة السنوية القريبة من السطح لمنطقة الأرخبيل، مع الاتجاه الخطي

المصدر: منتج بيانات CRU TS v4.07.




## ملخص

على الرغم من الشكوك الهائلة المرتبطة بالمناخ في اليمن، يمكن استخلاص عدد من السمات المهمة من هذه التحليلات. وينبغي فهم النقاط التالية على أنها معروضة على خلفية طبقات مختلفة من عدم الوضوح؛ وينبغي إجراء مناقشات موضوعية مع علماء المناخ قبل دمج النتائج في السياسات وصنع القرار لضمان الاستخدام المناسب.

أولاً، إحدى النتائج الرئيسية لهذه التحليلات هي أن درجة الحرارة القريبة من السطح المرصودة قد ارتفعت بشكل كبير في جميع المناطق المحلية أو المناطق ذات البيئة الزراعية. ونظرًا لأن الانماط كانت خطية تمامًا على مدار الستين عامًا الماضية، فهناك ثقة كبيرة في أن هذا المسار سيستمر بطريقة مماثلة حتى عام 2050. وعلى الرغم من أن المناطق المحلية مثل السهل الساحلي الجنوبي شهدت تغيرًا أقل بكثير (الشكل 4)، فإن هذا لا يعكس ما يحدث في بقية أنحاء البلاد. باختصار، هناك تدرجات في الاحترار، حيث تكون أدنى مستوياتها عند الساحل الجنوبي ومستويات قريبة من التساوي في أماكن أخرى.

ثانياً، تظهر البيانات أن أنماط هطول الأمطار تتغير في جميع أنحاء اليمن. على سبيل المثال، يتزايد هطول الأمطار الملحوظ خلال فصل الصيف في المرتفعات وساحل البحر الأحمر بشكل ملحوظ. ومن المتوقع أن يستمر هذا الاتجاه في المستقبل بدقة عالية. لا يقتصر الأمر على زيادة متوسط هطول الأمطار فحسب، بل إن التباين يرتفع أيضًا بشكل كبير، مما يؤدي إلى حدوث ظواهر طبيعية أقسى في مستويات هطول الأمطار العالية والمنخفضة على مدار فترات زمنية مختلفة. لقد تجلت هذه الظواهر الشديدة في شكل ظواهر سيول وفيضانات كبيرة ومستمرة في كثير من الأحيان. وقد تناقصت أمطار الربيع بشكل متواضع، مما أدى إلى تغير في موسمية هطول الأمطار في المنطقتين، وهو ما من شأنه أن يؤثر على الأرجح على الإنتاج الزراعي.

يقدم جادين وليباندا (2023) فحصًا ناقداً وقيمًا لأداء النماذج المناخية الحديثة الحالية من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة - المرحلة 6 (CMIP6) في حين أنه ليس من المستغرب أن النماذج المناخية غير قادرة على حل التضاريس المعقدة لليمن بشكل كامل فيما يتعلق بمحاكاة وتوقعات هطول الأمطار، فمن المفيد للغاية التأكد من وجود هذه الشكوك. وعلى الرغم من هذه الشكوك، كشف الباحثون أيضًا عن أدلة نموذجية تدعم الزيادات الملحوظة في تقلب هطول الأمطار، من حيث تزايد الشدة والتكرار في التوقعات المستقبلية. تعتبر هذه التنبؤات الخاصة بهطول الأمطار الغزيرة في المستقبل في مخرجات النموذج واقعية بناءً على الملاحظات، خاصة إذا كانت السنوات الأخيرة مؤشرًا قويًا.

وفيما يتعلق بنطاق عدم الوضوح في التوقعات المستقبلية، فإن هذا العمل يحدد خط الأساس لما يمكن توقعه بشكل معقول من الاتجاهات المستقبلية على المستوى المحلي ودون الموسمي. إنه يسمح باحتمال واضح بأن هطول الأمطار في غرب اليمن قد بدأ في الزيادة بطريقة غير خطية. هناك حاجة إلى مزيد من الأبحاث لتقييم ما إذا كانت التغيرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار ستحدث ومدى حدوثها، بالإضافة إلى الجوانب الرئيسية للتوقيت والحجم والظواهر القاسية. ومع ذلك، فإن التحليلات هنا تشكل أساسًا قويًا لمختلف البيانات المذكورة أعلاه لتوجيه السياسة.

تحسين قدرة المزارعين على الصمود وتعزز الممارسلت الزراعيةمن أجل انتاج الغذاء وتربية الثروة الحيوانية، تعز، اليمن.
| ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن

# تغير المناخ والتنمية البشرية

من المرجح أن يكون لتغير المناخ آثار بعيدة المدى على جميع جوانب التنمية البشرية من خلال آثاره على ندرة الغذاء والمياه، والاضطرابات الاقتصادية، والهجرة، والنزوح. وفي حين أن تغير المناخ سيؤثر على جميع السكان، فإنه سيسبب الضرر الأكبر للفئات الأكثر ضعفا، بما في ذلك الفقراء والنساء والأطفال والسكان المهمشين. تناقش الأقسام التالية الأدبيات المتعلقة ببعض تأثيرات تغير المناخ المباشرة وغير المباشرة على التنمية البشرية.

## آثار تغير المناخ على التنمية الاقتصادية والبشرية

من المتوقع أن يؤثر تغير المناخ على البلدان والاقتصادات وسكانها بطرق لا تعد ولا تحصى. أحد الأساليب لقياس آثار تغير المناخ على الاقتصادات هو استخدام دالات الضرر، التي تقدر العلاقة بين عوامل المناخ المتغيرة والناتج الاقتصادي. وهذا النهج مفيد لتحديد رقم للأضرار الناجمة عن تغير المناخ. ومع ذلك، فهو ينطوي على العديد من القيود، بما في ذلك عدم القدرة على تمثيل بعض التأثيرات، والميل إلى التخفيف من التأثيرات المحتملة الناجمة عن الظواهر القاسية أو التقلبات المتزايدة، والمعايرة المستندة إلى الدراسات الأساسية التي غالبًا ما تركز بشكل فردي على قطاعات أو مناطق (كثير منها من أوروبا وأمريكا الشمالية) وقد عفا عليها الزمن (دياز ومور 2017). ورغم أن هذا النهج مفيد في تقدير الضرر على مستوى واسع، فإنه لا يستطيع أن يقول الكثير عن الكيفية التي من المتوقع أن تتكبد بها البلدان أو المناطق المختلفة هذا الضرر، وبالتالي كيف يمكنها بناء القدرة على الصمود في مواجهة تأثيرات تغير المناخ.

استناداً إلى البيانات والأدبيات، يحدد هذا التقرير عدداً من المسارات التي يمكن من خلالها أن يغير تغير المناخ بشكل كبير مسارات التنمية البشرية في اليمن.

### الزراعة والنظم الغذائية

سيؤثر ارتفاع درجات الحرارة على غلة المحاصيل في جميع أنحاء العالم. وفي حين أن ارتفاع درجات الحرارة إلى جانب التسميد بالكربون قد يؤدي إلى زيادات أولية في الغلة في المناطق الأكثر اعتدالا، فمن المتوقع أن تنخفض الغلة في المناطق الأكثر استوائية والتي تعاني من نقص المياه (فيرمولين وآخرون 2012) (Vermeulen et al. 2012) من المرجح أن يؤثر ارتفاع درجات الحرارة البحرية على الإنتاجية البحرية بشكل مختلف حسب المنطقة، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج في البعض وتقليله في البعض الآخر(فيرمولين وآخرون 2012، واتس وآخرون 2021) (Vermeulen et al. 2012, Watts et al. 2021)، بينما يتسبب أيضًا في تحول مخزون الأسماك عبر المناطق(بالاسيوس-أبرانتيس وآخرون 2022) (Palacios-Abrantes et al. 2022).

قد تؤدي الظواهر القاسية، مثل الفيضانات والسيول وحرائق الغابات والعواصف، إلى تدمير المحاصيل وإتلافها، مما يؤدي إلى انخفاض الغلة وتقليل الإمدادات الغذائية (باسيتي وآخرون 2017، رحمان ودي 2020) (Pacetti et al. 2017, Rahman and Di 2020). ويمكن أن تؤدي دورات الجفاف والفيضانات المستمرة إلى تفاقم جريان المياه وتآكل التربة، مما يعيق إنتاج المحاصيل الى ما بعد المدى القريب. علاوة على ذلك، قد يكون لهذه الأحداث تأثيرات عبر سلسلة الإمدادات الغذائية، بما في ذلك من خلال خسائر ما بعد الحصاد والأضرار التي لحقت بالبنية التحتية لتخزين الأغذية وتوزيعها (فيرمولين وآخرون 2012) (Vermeulen et al. 2012). أثرت الفيضانات والسيول في اليمن على الإنتاج الزراعي من خلال خسائر في الأراضي الزراعية والماشية بالإضافة إلى تدمير أنظمة الري وغيرها من البنية التحتية الرئيسية (دي كونينج وآخرون 2023) (de Coning et al. 2023). وقد أدى ذلك إلى خسائر في الدخل الزراعي بالإضافة إلى زيادة الجوع بين الأسر الزراعية لسنوات بعد حدوث فيضان (بريسنجر وآخرون 2012، بريسنجر وفيرنر 2013) (Breisinger et al. 2012, Breisinger and Verner 2013)

تختلف آثار تغير المناخ على غلات المحاصيل. وفي حين أن بعض المحاصيل أكثر تحملاً للحرارة والجفاف، فإن محاصيل أخرى، مثل الدخن، قد تشهد انخفاضًا في إنتاجيتها بسبب ارتفاع درجات الحرارة (لويس وآخرون 2018) (Lewis et al. 2018). يعتمد جزء كبير من الزراعة في اليمن على الأمطار، مما يجعلها عرضة بشكل خاص للتغيرات والتقلبات في هطول الأمطار. وجد البنك الدولي (2010) عدم يقين بشأن الكيفية التي من المحتمل أن يؤثر بها ارتفاع درجة الحرارة على إنتاج

المحاصيل في اليمن، مع آثار تتراوح بين انخفاض الإنتاج بنسبة 27 في المائة بحلول نهاية القرن إلى زيادة بنسبة 6 في المائة. ومع ذلك، فمن المرجح أن يكون لاستنزاف احتياطيات المياه الجوفية تأثير أكبر على الزراعة، بغض النظر عن سيناريو تغير المناخ، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاج بنسبة تصل إلى 40 في المائة (البنك الدولي 2010) (The World Bank 2010).

تعتبر تربية الماشية، وخاصة تربية الحيوانات المجترة الصغيرة، مصدر دخل مهم للعديد من الأسر الريفية في اليمن. ووجدت دراسة استقصائية حديثة للأسر الضعيفة في جميع أنحاء البلاد (منظمة الأغذية والزراعة 2021) (FAO 2021) أن ما يقرب من 70 في المائة من المشاركين شاركوا في تربية الماشية، وكان بيع المنتجات الحيوانية هو المصدر الرئيسي الأول أو الثاني للدخل لنحو 25 في المائة. ويمكن أن يؤثر تغير المناخ واستمرار التدهور البيئي على أراضي الرعي ويهدد تربية الماشية، في حين أن ارتفاع درجات الحرارة يمكن أن يؤدي إلى تفاقم عبء المرض (البنك الدولي 2010) (The World Bank 2010). يمكن أن تؤدي الفيضانات والكوارث الطبيعية الأخرى إلى خسائر مباشرة في الماشية.

لن تتأثر الأسر اليمنية بالتأثيرات الزراعية المحلية فحسب، بل ستتأثر أيضًا بالتغيرات العالمية في الزراعة بسبب تغير المناخ. ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى ارتفاع أسعار المواد الغذائية (نيلسون وآخرون 2010) (Nelson et al. 2010)، مما قد يؤدي إلى بعض الفوائد على المدى القصير للأسر الزراعية (بريسنجر وفيرنر 2013) (Breisinger and Verner 2013). ومع ذلك، يعتمد اليمن بشكل كبير على الواردات الغذائية. تشكل الواردات 70 بالمائة من الغذاء من حيث الحجم وأكثر من 80 بالمائة من السعرات الحرارية التي يستهلكها اليمنيون (المنظمة الدولية للهجرة وآخرون 2023) (Breisinger and Verner 2013). ونتيجة لذلك، فإن الأسر الفقيرة معرضة بشكل خاص لارتفاع أسعار المواد الغذائية العالمية وكذلك الصدمات التي تتعرض لها السوق العالمية، مما قد يؤدي إلى تزايد الفقر والجوع(بريسنجر وفيرنر 2013، هيرتيل وآخرون 2010) (Breisinger and Verner 2013, Hertel et al. 2010).

## صحة الإنسان

من المرجح أن يكون لارتفاع درجة الحرارة آثار مباشرة على الصحة من خلال زيادة الوفيات والامراض الناجمة عن الإجهاد الحراري وضربة الشمس وأمراض القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي(جرين وآخرون 2019، واتس وآخرون 2021) (Green et al. 2019, Watts et al. 2021)، بما في ذلك في المناطق التي اعتادت عليها وتلك التي لم تعتاد عليها لدرجات الحرارة المرتفعة (حجات وكوساتكي 2010) (Hajat and Kosatky 2010). يعتبر كبار السن (أكثر من 65 عامًا)، والأشخاص ذوي الإعاقة والظروف الموجودة مسبقًا، والأشخاص الذين يعملون في الهواء الطلق معرضين للخطر بشكل خاص (حجات وكوساتكي 2010، واتس وآخرون 2021) (Hajat and Kosatky 2010, Watts et al. 2021). ومع توقع ارتفاع درجات الحرارة في المنطقة العربية نتيجة لتغير المناخ (الإسكوا 2017) (ESCWA 2017)، فإن اليمن معرض لخطر رؤية المزيد من الأيام الحارة وظروف الحرارة الشديدة (البنك الدولي 2021) (The World Bank 2021). وفي سياق محدودية الحصول على الكهرباء والاعتماد الكبير على العمل الزراعي، يكون السكان معرضين بشكل خاص للآثار الصحية الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة.

ويرتبط الاحترار أيضًا بزيادة المخاطر واتساع المناطق التي تنتشر فيها الأمراض المنقولة (روكلوف ودوبرو 2020، واتس وآخرون 2021)(Rocklöv and Dubrow 2020, Watts et al. 2021) ، في حين يعتمد تأثير تغير أنماط هطول الأمطار على السياق المحلي. يمكن أن تؤدي زيادة هطول الأمطار إلى توسيع مواقع تكاثر البعوض، كما هو الحال مع استخدام جمع المياه أثناء الجفاف(روكلوف ودوبرو 2020) (Rocklöv and Dubrow 2020). ويرتبط ارتفاع مستوى سطح البحر بمخاوف بشأن نوعية المياه وإمداداتها، وناقلات الأمراض، والفيضانات، وتسرب المياه المالحة، ويمكن أن يؤدي إلى آثار صحية لا تعد ولا تحصى (واتس وآخرون 2021) (Watts et al. 2021)، بما في ذلك زيادة الأمراض المنقولة بالمياه مثل الكوليرا وأمراض الإسهال (رباني وآخرون) (Rabbani et al. 2010). وقد شهد اليمن بالفعل تفشي وباء الكوليرا بشكل حاد في السنوات الأخيرة، بسبب الصراع وما يرتبط به من انهيار البنية التحتية(فيدرسبيل وعلي 2018) (Federspiel and Ali 2018) ، وارتبط بفترات هطول الأمطار الغزيرة (كاماتشو وآخرون 2018) (Camacho et al. 2018).

يمكن أن تؤدي الظواهر القاسية مثل العواصف والفيضانات إلى الوفاة والإصابة وقد تتفاقم بسبب هبوب العواصف في المناطق الساحلية(لويد وآخرون 2016) (Lloyd et al. 2016). وقد تؤدي أيضًا إلى تفاقم التحديات الصحية الحالية. على سبيل المثال، قد تؤدي حرائق الغابات إلى تفاقم أعراض الجهاز التنفسي، وقد تؤدي تلك الظواهر إلى تعطيل تقديم الخدمات الصحية عبر النظام (واتس وآخرون 2021) (Watts et al. 2021). يمكن أن تؤدي العواصف الترابية في اليمن،

المرتبطة بالعوامل البيئية المرتبطة بتغير المناخ، إلى نتائج صحية ضارة، بما في ذلك آثار على الجهاز التنفسي (غالب وآخرون 2021). (Ghalib et al. 2021)

من بين جميع الكوارث الطبيعية، أدت الفيضانات والسيول المفاجئة إلى أكبر خسارة في الأرواح وأثرت على صحة الإنسان في اليمن تاريخياً (دماج 2014، ناصر 2009) (Dammag 2014, Nasser 2009). في السنوات الأخيرة، تسببت الفيضانات في مقتل مئات اليمنيين وأثرت على مئات الآلاف، بما في ذلك العديد من النازحين بالفعل أو الذين أصبحوا عرضة للخطر بسبب النزاع (الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر 2021، مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية 2020) (IFRC 2021, OCHA 2020). كما أدت الفيضانات والسيول إلى تعطيل الأنشطة الإنسانية والوصول إلى الغذاء والخدمات من خلال تدمير وإغلاق الطرق (الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر 2021) (IFRC 2021). وقد أدت الخسائر في الإنتاج الزراعي والدخل إلى زيادة الجوع (بريسنجر وآخرون 2012، بريسنجر وفيرنر 2013) (Breisinger et al. 2012, Breisinger and Verner 2013). وتشمل الكوارث الأخرى التي تؤثر على حياة البشر، وتسبب إصابات ومضاعفات صحية، وتهدد الاقتصاد ورفاهية الإنسان، بما فيها الجفاف والزلازل وأمواج التسونامي والانهيارات الأرضية والانفجارات البركانية (دماج 2014، ناصر 2009). (Dammag 2014, Nasser 2009)

## البنية التحتية والطاقة

ومن المرجح أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى إجهاد البنية التحتية الحيوية مثل الشبكات الكهربائية. ويشكل الطقس الحار وموجات الحرارة ضغطًا أكبر على البنية التحتية للكهرباء وتؤثر أيضًا على تشغيلها (بانتيلي ومانكاريلا 2015) (Panteli and Mancarella 2015). ويمكن أن يؤدي ذلك إلى انقطاع التيار الكهربائي وزيادة الأسعار وارتفاع تكاليف تخزين المواد الغذائية بسبب الحاجة إلى تكييف الهواء والتبريد (فيرمولين وآخرون 2012) (Vermeulen et al. 2012). تعد الظواهر المناخية الشديدة، مثل الفيضانات والعواصف، سببًا رئيسيًا للاضطرابات الكهربائية، بما في ذلك انقطاع التيار الكهربائي، في حين أن أصول الطاقة الساحلية مهددة بشكل خاص بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر (بانتيلي ومانكاريلا 2015) (Panteli and Mancarella 2015). ومن المتوقع أيضًا أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة الطلب على الطاقة. قد يكون تأثير تغير المناخ على قطاع الطاقة حادًا بشكل خاص في اليمن، حيث سيؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة الطلب على الكهرباء بسبب زيادة الاحتياجات للتبريد(مركز المناخ التابع للصليب الأحمر والهلال الأحمر 2021) (RCCC 2021) وقد تسبب نقص الوقود الأخير بسبب الصراع في أضرار جسيمة. ويؤدي تغير المناخ إلى تعريض إنتاج الوقود والبنية التحتية للنقل للخطر.

تعود الغالبية العظمى من الخسائر الاقتصادية الناجمة عن الكوارث الطبيعية في اليمن إلى الفيضانات والسيول (الإسكوا 2017) (ESCWA 2017)، التي دمرت الطرق والبنية التحتية الحيوية للمياه والكهرباء. إن إمكانية الوصول إلى الكهرباء منخفضة بالفعل، كما أن نقص الطاقة وتوزيع الأحمال يسبب ضررًا كبيرًا بالاقتصاد والحياة البشرية (الوصابي وآخرون 2022) (Al-Wesabi et al. 2022). علاوة على ذلك، فإن ما يقرب من نصف من لديهم كهرباء غير متصلين بالشبكة العامة ويعتمدون بدلاً من ذلك على مصادر الطاقة مثل مولدات الديزل أو الألواح الشمسية (الوصابي وآخرون 2022) (Al-Wesabi et al. 2022). هناك إمكانات كبيرة للطاقة المتجددة في البلاد، وخاصة من مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية (الكبسي وآخرون٢٠٢٠، الوصابي وآخرون ٢٠٢٢، باكودان ٢٠٠٨) (Alkipsy et al. 2020, Al-Wesabi et al. 2022, Pacudan 2008). ولكن بينما نما استخدام الطاقة الشمسية بشكل كبير في السنوات الأخيرة من أجل مواجهة دمار شبكة الكهرباء، إلا أن هذه المشاريع بشكل عام صغيرة ومحدودة القدرات (عقلان ولاكنر 2021) (Aklan and Lackner 2021).

ويرتبط انعدام أمن الطاقة ارتباطًا وثيقًا بانعدام أمن السكن، حيث قد لا تتمكن الأسر الفقيرة من تحمل التكاليف المتزايدة للتدفئة والتبريد في درجات الحرارة القصوى(بيزغريبيلنا وآخرون 2021، جيسيل وآخرون 2019) (Bezgrebelna et al. 2021, Jessel et al. 2019) يمكن للظواهر القاسية أن تدفع الناس إلى الخروج من منازلهم والانتقال إلى مخيمات غير رسمية، حيث سيظلون أكثر عرضة للخطر وأكثر عرضة لتأثيرات تغير المناخ (بيزغريبيلنا وآخرون 2021، سفيردليك 2011) (Bezgrebelna et al. 2021, Sverdlik 2011) ، وقد أدى الصراع بالفعل إلى نزوح ما يقدر بنحو 4.5 مليون شخص داخليًا، ويعيش الكثير منهم خارج مخيمات النزوح الرسمية ولا يمكنهم الوصول إلى الخدمات الأساسية (مركز رصد النزوح الدولي 2023) (IDMC

2023). وتسببت الفيضانات الشديدة في نزوح 170 ألف شخص في عام 2022؛ وكان العديد منها عبارة عن عمليات نزوح ثانوية للأشخاص الذين أجبروا بالفعل على النزوح بسبب النزاع (مركز رصد النزوح الدولي 2023) (IDMC 2023).

## اجهاد المياه وندرتها

ومن المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم شحة المياه والإجهاد الحالي. وقد يؤدي ذلك إلى انخفاض حاد في موارد المياه لنسبة إضافية تبلغ 15 في المائة من سكان العالم وزيادة بنسبة 40 في المائة في عدد السكان الذين يعانون من ندرة مطلقة في المياه (شوي وآخرون 2014) (Schewe et al. 2014). وتشهد العديد من البلدان النامية بالفعل ضغوطًا كبيرة على موارد المياه بسبب النمو السكاني والاقتصادي وحده، والتي لن تتفاقم إلا في العديد من الأماكن بسبب آثار تغير المناخ (شلوسر وآخرون 2014) (Schlosser et al. 2014).

تعد اليمن واحدة من أكثر البلدان التي تعاني من الإجهاد المائي في العالم، وتتراجع موارد المياه الجوفية بسرعة(فايربراس 2015، ويس 2015) (Firebrace 2015, Weiss 2015). وتقدر موارد المياه العذبة المتجددة بـ 86 مترًا مكعبًا للفرد، أي أقل من خمس عتبة الـ 500 متر مكعب لندرة المياه المطلقة (جادين 2023) (Gadain 2023). ستكون ندرة المياه في المستقبل مدفوعة إلى حد كبير بزيادة الطلب بسبب النمو السكاني، وتزايد الطلب على المياه للفرد، والتكنولوجيا التي تسمح بالاستخراج لأغراض الري بما يتجاوز مستويات إعادة التغذية، وارتفاع درجات الحرارة وزيادة التقلب في أنماط هطول الأمطار بسبب تغير المناخ (عقلان ولاكنر 2021) (Aklan and Lackner 2021). يستهلك قطاع الزراعة الغالبية العظمى من المياه المتاحة في اليمن، وتشير التقديرات إلى أن حوالي نصف هذه المياه يتم إهدارها نتيجة لأنظمة الري غير الفعالة(بايج وآخرون 2019) (Baig et al. 2019). وقد أدت النزاعات حول موارد المياه الشحيحة إلى أعمال عنف في الماضي، وهو خطر يمكن أن يتفاقم مع تفاقم المشكلة(مسح الأسلحة الصغيرة 2010) (Small Arms Survey 2010) إن ندرة المياه في اليمن ليست ناجمة عن تغير المناخ، ولكن يمكن أن تتفاقم بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة التباين في هطول الأمطار، وزيادة تواتر وشدة حالات الجفاف.

## عدم المساواة والفقر

لقد ارتبط تغير المناخ بزيادة عدم المساواة على مستوى العالم(كينج وهارينجتون 2018) (King and Harrington 2018)، وعبر البلدان(أحمد وآخرون 2009، ديفينباو وبورك 2019، مندلسون وآخرون 2006) (Ahmed et al. 2009, Diffenbaugh and Burke 2019, Mendelsohn et al. 2006) وكذلك داخل البلدان(هاليغات وروزنبرج 2017، باجليالونجا وآخرون 2022)(Hallegatte and Rozenberg 2017, Paglialunga et al. 2022). وسيؤدي ارتفاع أسعار الغذاء العالمية إلى إجهاد ميزانيات الأسر الفقيرة، مما يدفع المزيد من الناس إلى الفقر ويوقع من يعيشون فيه بالفعل في فخ (هاليغات وروزنبرج 2017، هيرتل وآخرون 2010) (Hallegatte and Rozenberg 2017, Hertel et al. 2010). ومن خلال التأثيرات على الإنتاجية الزراعية والأسواق، قد يؤدي تغير المناخ إلى تقليل دخل العديد من الأسر الزراعية والريفية الضعيفة (هيرتل وآخرون 2010) (Hertel et al. 2010). يمكن أن يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى إضعاف إنتاجية العمل بالنسبة للعمال في القطاعات عالية الكثافة مثل الزراعة (أورلوف وآخرون 2020) (Orlov et al. 2020)، في حين أن الآثار الصحية مثل التقزم والملاريا وأمراض الإسهال تزيد من الضغط على الميزانيات وتؤدي إلى فقدان أيام العمل والدخل (هاليغاتي وروزنبرج 2017) (Hallegatte and Rozenberg 2017). تتسبب الكوارث الطبيعية في أضرار أكبر في البلدان التي تعاني من مستويات عالية من عدم المساواة (كابيلي وآخرون 2021) (Cappelli et al. 2021)). وتؤدي إلى تأثيرات متفاوتة على السكان الفقراء والضعفاء. علاوة على ذلك، فإن فقدان الأصول والدخل بسبب الصدمة يمكن أن يدفع الأفراد إلى حلقة مفرغة من الخسارة والضعف (هيلتبيرج وآخرون 2015). (Heltberg et al. 2015)

ويمثل الغذاء حصة كبيرة من الاستهلاك بالنسبة لمعظم الأسر اليمنية، وقد أدى ارتفاع أسعار المواد الغذائية تاريخياً إلى تباطؤ النمو الاقتصادي وساهم في ارتفاع مستويات الفقر(بريسنجر وآخرون 2010) (Breisinger et al. 2010). وعلى مدى السنوات الثماني الماضية، أدى الصراع إلى دفع المزيد من الأسر إلى الفقر (أرزقي وآخرون 2018؛ موير، بوهل وآخرون 2019) (Arezki et al. 2018; Moyer, Bohl et al. 2019). الغالبية العظمى من الأسر اليمنية هي مشتري صافي للغذاء(بريسنجر وآخرون 2010) (Breisinger et al. 2010)، ويعيش معظم الفقراء في المناطق الريفية. ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى ضغوط أكبر على الأسر الأكثر فقرا وارتفاع معدلات الفقر وعدم المساواة في الدخل.

## المساواة من منظور النوع الاجتماعي

ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة ترسيخ عدم المساواة القائمة من منظور النوع الاجتماعي. وقد أدت الظواهر الجوية المتطرفة إلى تدهور الصحة ونتائج الوفيات بين النساء والفتيات (فروتيرو وآخرون 2023، ها وآخرون 2017، كوهن وماكورميك 2017، نيومايير وبلومبر 2007) (Fruttero et al. 2023, Ha et al. 2017, Kuehn and McCormick 2017, Neumayer and Plümper 2007). وللتغلب على الحاجة إلى العمالة الزراعية وبسبب الضغوط الاقتصادية، تكون الفتيات أكثر عرضة للتسرب من المدارس وتنسحب النساء من القوى العاملة (فروتيرو وآخرون 2023) (Fruttero et al. 2023). ومع انخفاض الأجور ومحدودية الوصول إلى الأصول والفرص الاقتصادية، أصبحت النساء أقل قدرة على بناء القدرة على الصمود لتحمل الصدمات والتعافي منها.

قد تؤدي الكوارث الطبيعية إلى تعطيل الوصول إلى الخدمات الأساسية وتتطلب من الأسر قضاء المزيد من الوقت في العمل المنزلي غير مدفوع الأجر، وهو عبء يقع بشكل متفاوت على عاتق النساء والفتيات(فيرانت وآخرون 2014، فروتيرو وآخرون 2023) (Ferrant et al. 2014, Fruttero et al. 2023). وقد يتأثر الأشخاص الذين يعيشون في أسر فقيرة أو ريفية أيضًا بالندرة المتزايدة للمياه (ريجاسا وآخرون 2010، منظمة الصحة العالمية 2014) (Regassa et al. 2010, WHO 2014) لأنهم غالبًا ما يعتمدون على الطبيعة للحصول على الغذاء والماء والوقود.

## الهجرة والنزوح

يمكن أن يؤدي تغير المناخ إلى تحركات سكانية مع ابتعاد الناس عن المناطق المتضررة نتيجة لتدهور الأراضي والجفاف والفيضانات والحرائق (بوروز وكيني 2016) (Burrows and Kinney 2016). وبحسب أحد التقديرات، يمكن أن يؤدي تغير المناخ إلى الهجرة الداخلية لأكثر من 200 مليون شخص في ست مناطق حول العالم (كليمنت وآخرون 2021) (Clement et al. 2021). يمكن أن تحدث الهجرة والنزوح بسبب تغير المناخ بسبب الأحداث البطيئة الظهور، مثل تغير أنماط هطول الأمطار وارتفاع مستوى سطح البحر، والظواهر المفاجئة، مثل العواصف والفيضانات.

لقد أدى الصراع بالفعل إلى نزوح أعداد كبيرة من الأشخاص في اليمن، مما أثر على أكثر من 4.5 مليون شخص. وقد أدت الكوارث الطبيعية إلى نزوح ما يقرب من 700,000 شخص داخليًا منذ عام 2008، وكان ما يقرب من 85 بالمائة منهم بسبب السيول والفيضانات

حتى قبل النزاع، كانت المرأة مهمشة في اليمن. وهي من بين أسوأ حالات عدم المساواة من منظور النوع الاجتماعيفي العالم، حيث تحتل المرتبة الأخيرة في مؤشر عدم المساواة من منظور النوع الاجتماعي لعام 2023 الصادر عن برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. تتمتع المرأة في اليمن بقدرة محدودة على الوصول إلى الموارد وغالباً ما تكون سلطتها محدودة في اتخاذ القرار في الأسرة، وخاصة النساء بدون دخل(ACAPS 2023) ويعتبر معدل مشاركة الإناث في القوى العاملة من بين أدنى المعدلات في العالم حيث يبلغ 6%. إن عبء الرعاية الذي تتحمله المرأة مرتفع (غريزمان 2016) (Gressmann 2016). وتضطر العديد من النساء مع أطفالهن إلى السفر مسافات طويلة للحصول على المياه، مما يعرضهن لمخاطر جسدية ويتعارض مع قدرتهن على الالتحاق بالمدرسة أو كسب الدخل (زابارا 2018)(Zabara 2018).

ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم التحديات التي تواجهها النساء والفتيات. وقد تؤدي زيادة ندرة المياه إلى مزيد من التنقل لجلب المياه (لقمان والسقاف 2022) (Luqman and Al-Sakkaf 2022). تعد النساء والأطفال أكثر عرضة للطقس المتطرف والمخاطر الطبيعية، مثل الغرق في السيول (لقمان والسقاف 2022) (Luqman and Al-Sakkaf 2022)، ولديهم موارد أقل للتغلب على التحديات.

(مركز رصد النزوح الداخلي 2023) (IDMC 2023). وعلى الرغم من تباطؤ عمليات النزوح المرتبطة بالصراع مؤخرًا، إلا أن عمليات النزوح المرتبطة بالمناخ زادت بنسبة 93 بالمائة في عام 2022 مقارنة بالعام السابق (مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية 2022) (OCHA 2022). يمكن لتغير المناخ في اليمن أن يحفز المزيد من الهجرة الداخلية والنزوح سواء من الآثار البطيئة الظهور أو من الكوارث الطبيعية، ويمكن أن يؤدي حتى إلى النزوح الثانوي للسكان النازحين بالفعل.

التدخلات الزراعية تعزز قدرة المزارعين على الصمود أمام تغيرات المناخ وتحسن معدل انتاج الغذاء. حجة. اليمن. | ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن

# آثار تغير المناخ على التنمية البشرية في اليمن

يستخدم هذا التقرير مزيجًا من تحليل المناخ، الموصوف أعلاه، والنمذجة المتكاملة وتحليل السيناريوهات باستخدام نموذج التوقعات المستقبلية الدولية لتقدير وتوقع آثار مسارات تأثير تغير المناخ المختلفة على مؤشرات التنمية البشرية في اليمن.

## التوقعات المستقبلية الدولية

نموذج التوقعات المستقبلية الدولية هو أداة عالمية متكاملة لنمذجة التقييم تتنبأ بأنظمة التنمية البشرية والاقتصادية المرتبطة ديناميكيًا حتى عام 2100. ويحاكي النموذج التفاعلات داخل وعبر 188 دولة و12 نظامًا أساسيًا: الزراعة، والتركيبة السكانية، والاقتصاد، والتعليم، والطاقة، والبيئة، التمويل، والحكم، والصحة، والبنية التحتية، والسياسة الدولية، والتكنولوجيا. تم استخدام التوقعات المستقبلية الدولية لاستكشاف آثار تغير المناخ على الفقر على مستوى العالم باستخدام نهج دالة الضرر إلى جانب تحليل السيناريوهات الإضافي. وقد ساعد ذلك على فهم آثار الصراع المستمر على التنمية ومسارات التعافي المحتملة بشكل أفضل (هانا وآخرون 2021؛ موير، بوهل وآخرون، 2019؛ موير، هانا وآخرون، 2019) (Hanna et al. 2021; Moyer, Bohl et al., 2019; Moyer, Hanna et al., 2019). يمكن العثور على مزيد من المعلومات حول نموذج التوقعات المستقبلية الدولية في هيوز (2019) (Hughes 2019).

## السيناريوهات

تم تصميم عدة سيناريوهات لهذا التقرير لمعرفة طرق مختلفة لقياس آثار تغير المناخ إلى جانب المسارات المختلفة التي من المحتمل أن يؤثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية. تم تلخيص السيناريوهات في الجدول 1.

تهدف السيناريوهات التي تم إعدادها لهذا المشروع إلى وضع نموذج للمسارات الأكثر صلة التي من المتوقع أن يؤثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية في اليمن.

الجدول 1: ملخص لسيناريوهات التنمية البشرية المستخدمة في هذا التقرير

| اسم السيناريو | الوصف |
|---|---|
| لا تغير مناخي | يحاكي سيناريو "لا تغير مناخي" عالمًا لا يحدث فيه تغير مناخي، مما يؤدي إلى إيقاف الروابط في النموذج. |
| تغير مناخي | يصمم هذا السيناريو التأثيرات العالمية والمحلية المتوقعة لتغير المناخ باستخدام المسارات المتاحة في نموذج التوقعات المستقبلية الدولية، بما في ذلك ارتفاع درجة الحرارة المحيطة، وزيادة موجات الحرارة وزيادة ندرة المياه، من خلال نمذجة التأثيرات على النتائج الصحية، وإنتاجية العمل، والإجهاد المائي، والزراعة الإنتاجية، بما في ذلك التأثيرات على مصايد الأسماك. كما أنها تضع نماذج لبعض الآثار المتوقعة من الفيضانات، بما في ذلك انخفاض إمكانية الوصول إلى الغذاء والأضرار التي لحقت بالبنية التحتية. |
| بناء القدرة على الصمود | يجسد هذا السيناريو تأثيرات حزمة متكاملة من التحسينات التنموية التي تهدف إلى بناء القدرة على الصمود والتخفيف من آثار تغير المناخ على الفئات الأكثر ضعفا. يتضمن هذا السيناريو تأثيرات سيناريو تغير المناخ. |

يعد سيناريو "لا تغير مناخي" بمثابة سيناريو مخالف للواقع للمساعدة في قياس آثار تغير المناخ على مستقبل التنمية في اليمن.

يتضمن سيناريو تغير المناخ عددًا من التدخلات التي تهدف إلى وضع نماذج للمسارات المختلفة التي من المتوقع أن يؤثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية في اليمن. وتشمل هذه:

- التغيرات العالمية في إنتاجية المحاصيل بما يتماشى مع توقعات تغير المناخ
- انخفاض الإنتاج الزراعي من خلال انخفاض الإنتاج الزراعي والسمكي
- ارتفاع معدلات الوفيات بسبب الإجهاد الحراري
- انخفاض إنتاجية العمل الناتج عن ارتفاع درجات الحرارة
- الدمار وتباطؤ نمو البنية التحتية للطرق والمياه والصرف الصحي بسبب زيادة الفيضانات
- تزايد التفاوت في توزيع الدخل والسعرات الحرارية بما يتوافق مع الأدبيات

ليس المقصود من سيناريو تغير المناخ أن يمثل سيناريو "أسوأ الحالات" أو أن يتنبأ بما سيبدو عليه اليمن في المستقبل. وهو مصمم لمساعدة أصحاب المصلحة على فهم المسارات المتفاعلة المختلفة التي من المحتمل أن يؤثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية.

وأخيرًا، يحاكي سيناريو بناء القدرة على الصمود تدخل حزمة متكاملة من السياسات التي تهدف إلى التخفيف من آثار تغير المناخ على التنمية البشرية وإنشاء يمن أكثر مرونة. تم تحديد التدخلات من خلال الأدبيات وتقييم السياق الحالي للبلاد، والتي هي طموحة (تتجاوز مسار التنمية المتوقع) ولكنها قابلة للتحقيق حتى في ظل القيود الاقتصادية والحكومية الشديدة. وتشمل هذه التدخلات:

- تحسين إنتاجية المحاصيل وتوسيع الأراضي الصالحة للزراعة
- تحسينات في توزيع الدخل والسعرات الحرارية
- تعافي النظام التعليمي بشكل أسرع من الأضرار التي لحقت به بالفعل بسبب الصراع
- توسيع نطاق الوصول إلى المياه والصرف الصحي المدارة بشكل آمن، مع بذل جهد مستهدف لتحسين الوصول إلى أولئك الذين هم في وضع أسوأ
- تسريع إنتاج الطاقة المتجددة
- توسيع نطاق الحصول على الكهرباء
- توسيع شبكة الطرق
- زيادة تحويلات الرعاية الاجتماعية (التحويلات النقدية) للأسر الفقيرة
- تحسين الأمن من خلال تقليل احتمالية وحجم الصراع
- زيادة فعالية الحكومة، كما تم قياسها من خلال مؤشرات الحوكمة العالمية الصادرة عن البنك الدولي
- ارتفاع نسبة مشاركة النساء في القوى العاملة

مثلما لا يُقصد من سيناريو تغير المناخ أن يمثل أسوأ أو أفضل حالة لتغير المناخ، فإن سيناريو بناء القدرة على الصمود ليس المقصود منه محاكاة الحد الأعلى للتحسن في البلاد. وبدلاً من ذلك، ينبغي أن يساعد صناع السياسات والممارسين والجهات المانحة على فهم أفضل لكيفية مساعدة الجمع بين استراتيجيات السياسات في التخفيف من الأضرار الناجمة عن تغير المناخ وتحسين الحياة وسبل العيش في اليمن على المدى الطويل.

مزيد من التفاصيل حول تدخلات السيناريوهات المحددة وحجمها والأدلة الداعمة لها موجودة في الملحق 1. ويبين القسم التالي النتائج من السيناريوهات الثلاثة وتتبعها مناقشة أوسع.

# النتائج

## آثار تغير المناخ

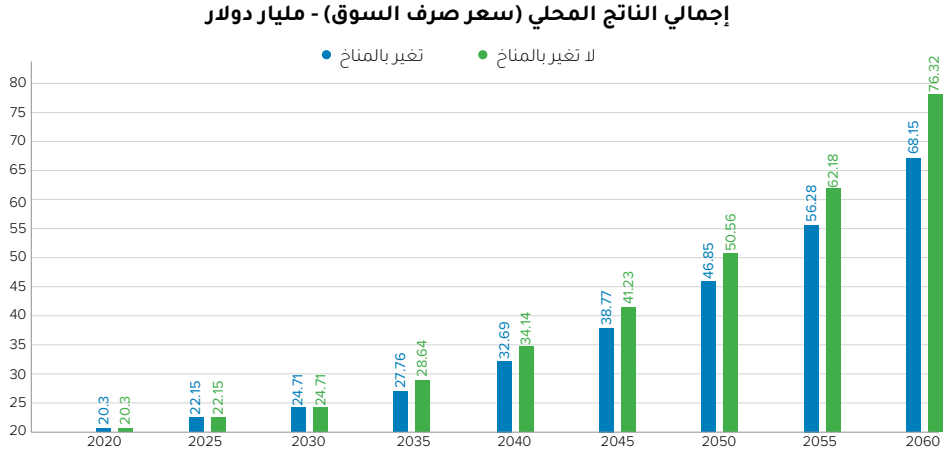
تتيح مقارنة سيناريو تغير المناخ مع سيناريو عدم تغير المناخ فهمًا أفضل للآثار المتوقعة لتغير المناخ في اليمن على المدى الطويل.

سيؤدي تغير المناخ إلى انخفاض النمو الاقتصادي مقارنة بعدم تغير المناخ تدريجياً مع مرور الوقت. وبحلول عام 2060، سيكون الناتج المحلي الإجمالي في عالم يعاني من تغير المناخ أقل بنسبة 10% منه في

عالم لا يعاني منه. ومن حيث نصيب الفرد، فإن تغير المناخ من شأنه أن يقلل نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بأكثر من 200 دولار أو ما يقرب من 8 في المائة. ورغم أن هذه الانخفاضات في النمو الإجمالي ليست كارثية، فإنها مع مرور الوقت من شأنها أن تؤدي إلى خسارة كبيرة في الإنتاج والفرص. وبحلول عام 2060، ستتم خسارة أكثر من 98 مليار دولار من الناتج المحلي الإجمالي التراكمي بسبب تغير المناخ (الشكل 15).

### الشكل 15: الناتج المحلي الإجمالي بأسعار الصرف في السوق في اليمن

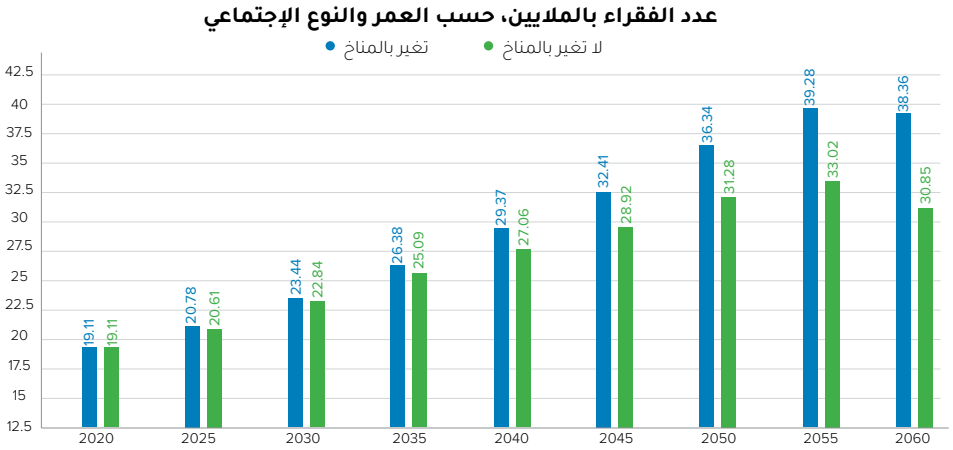
المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.




وسيكون الضرر الناجم عن تغير المناخ أشد وطأة على الفئات السكانية الفقيرة والضعيفة بالفعل التي تفتقر إلى القدرة على التكيف للتعامل مع ارتفاع الأسعار والكوارث الطبيعية والمضاعفات الصحية الإضافية. لقد دفع الصراع بالفعل الملايين من اليمنيين إلى الفقر، وحتى في سيناريو "لا تغير مناخي"، من المتوقع أن تنخفض معدلات الفقر تدريجياً، مما يترك ما يقرب من نصف السكان (49 بالمائة) يعيشون على أقل من 2.15 دولار في اليوم بحلول عام 2060. ويضع تغير المناخ أعباء إضافية على الأسر الضعيفة ويؤدي إلى ركود معدل الفقر تقريبا، ليصل إلى 60 في المائة بحلول عام 2060. ومن المتوقع أن ينمو عدد الفقراء في كلا السيناريوهين بسبب النمو السكاني. ومع ذلك، فإن تغير المناخ سيؤدي إلى عيش 7.5 مليون يمني إضافي في الفقر بحلول عام 2060 (الشكل 16).

### الشكل 16: الأشخاص الذين يعيشون في فقر مدقع في اليمن، عتبة 1.90 دولار في اليوم، بالملايين

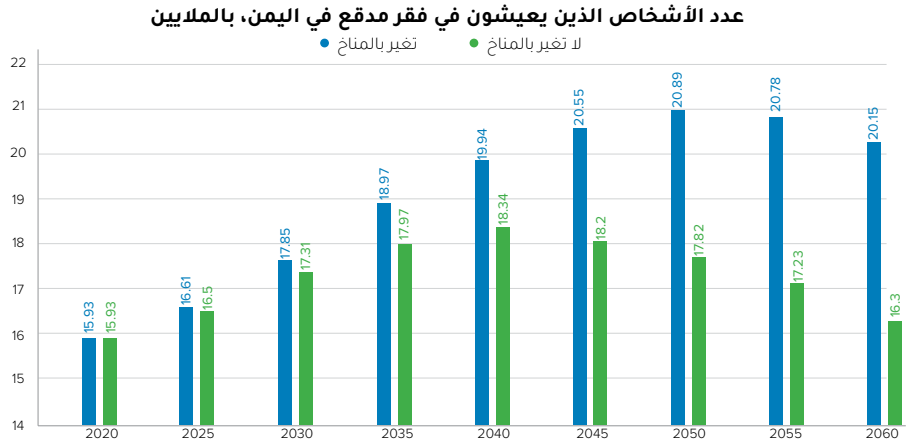
المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.




ومن خلال الإجهاد المائي، والتأثيرات على البنية التحتية وانخفاض إمكانية الوصول إلى الغذاء، سيكون لسيناريو تغير المناخ آثار على الجوع بين السكان. ومع تزايد عدم المساواة في الحصول على الغذاء وتقييد الدخل والنمو السكاني السريع، فمن المتوقع أن يزداد سوء التغذية في العقود المقبلة، حتى بعد توقعات "لا تغير مناخي". وبحلول عام 2060، سيؤدي تغير المناخ إلى إصابة أكثر من 3.8 مليون شخص إضافي بسوء التغذية (الشكل 17).

الشكل 17: عدد السكان الذين يعانون من سوء التغذية في اليمن، بالملايين

المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.




ومن خلال الآثار الصحية المباشرة للإجهاد الحراري، فضلا عن الآثار غير المباشرة للإجهاد المائي والفقر وسوء التغذية، قد يؤدي تغير المناخ إلى ارتفاع معدلات الوفيات. وبحلول عام 2060، سيكون مسؤولاً عن 131 ألف حالة وفاة زائدة أو حالة وفاة لم تكن لتحدث في سيناريو "لا تغير مناخي". ومن شأن تغير المناخ أن يؤدي أيضاً إلى إبطاء انخفاض معدل وفيات الرضع، مما يؤدي إلى ارتفاع معدل وفيات الرضع مرتين عما كان عليه في ظل سيناريو لا تغير مناخي. وسيكون معدل وفيات الأطفال دون سن الخامسة أعلى بمقدار 2.2 مرة.

## بناء الصمود

سيؤثر تغير المناخ على التنمية والحياة في اليمن بعدة طرق، بعضها معروف جيدا والكثير منها غير مؤكد. تنتج اليمن عددًا قليلاً جدًا من انبعاثات الكربون ولا تساهم إلا بالحد الأدنى في مشكلة تغير المناخ العالمية، لذلك لا يوجد مجال كبير لإبطاء العملية على مستوى الدولة. ومع ذلك، فمن الممكن التكيف وبناء القدرة على التكيف مع التحديات المحتملة والمرجحة التي سيفرضها تغير المناخ. يتضمن سيناريو بناء القدرة على الصمود عددًا من التدخلات المحددة في الأدبيات ومن خلال التحليلات التي يمكن أن تمكن اليمن من التكيف والتطور حتى مع تغير المناخ. لا يهدف هذا السيناريو إلى محاكاة أكبر إمكانات التنمية في اليمن، ولكنه يتضمن مجموعة معقولة من التدخلات التي توفر حماية معتدلة ضد آثار تغير المناخ.

الجدول 2: النتائج عبر المؤشرات الرئيسية لجميع السيناريوهات في الأعوام 2022 و2030 و2045 و2060

المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.

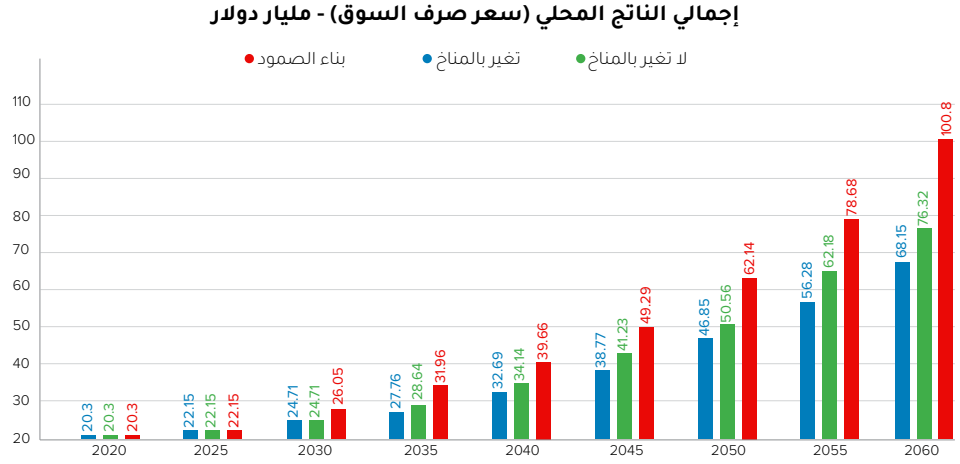
| | السيناريو | 2022 | 2030 | 2045 | 2060 |
|---|---|---|---|---|---|
| **الناتج المحلي الإجمالي، أسعار الصرف في السوق** (مليارات الدولارات) | لا تغير مناخي | 20.4 | 24.7 | 41.2 | 76.3 |
| | تغير مناخي | 20.4 | 24.2 | 38.8 | 68.2 |
| | بناء القدرة على الصمود | 20.4 | 26.1 | 49.3 | 100.8 |
| **الناتج المحلي الإجمالي للفرد عند تعادل القوة الشرائية** (آلاف الدولارات) | لا تغير مناخي | 1.67 | 1.77 | 2.16 | 3.0 |
| | تغير مناخي | 1.67 | 1.74 | 2.04 | 2.78 |
| | بناء القدرة على الصمود | 1.67 | 1.83 | 2.4 | 3.69 |
| **معدل الفقر المدقع** (النسبة المئوية، عند عتبة 1.90 دولارًا يومياً) | لا تغير مناخي | 61 | 58 | 55 | 49 |
| | تغير مناخي | 61 | 59 | 62 | 61 |
| | بناء القدرة على الصمود | 61 | 57 | 50 | 38 |
| **عدد الفقراء المدقعين** (بالملايين، عند عتبة 1.90 دولار يوميًا) | لا تغير مناخي | 20.2 | 22.8 | 28.9 | 30.9 |
| | تغير مناخي | 20.2 | 23.4 | 32.4 | 38.4 |
| | بناء القدرة على الصمود | 20.2 | 22.7 | 25.6 | 23.3 |

| | السيناريو | 2022 | 2030 | 2045 | 2060 |
|---|---|---|---|---|---|
| **السكان الذين يعانون من سوء التغذية** (نسبة مئوية) | لا تغير مناخي | 48.5 | 43.9 | 34.9 | 25.9 |
| | تغير مناخي | 48.5 | 45.3 | 39.3 | 31.8 |
| | بناء القدرة على الصمود | 48.5 | 35 | 19.1 | 10.8 |
| **السكان الذين يعانون من سوء التغذية** (بالملايين) | لا تغير مناخي | 16.2 | 17.3 | 18.0 | 16.3 |
| | تغير مناخي | 16.2 | 17.9 | 20.6 | 20.2 |
| | بناء القدرة على الصمود | 16.2 | 13.8 | 9.9 | 6.6 |
| **معدل وفيات الأطفال دون سن الخامسة** (الوفيات لكل 1,000 مولود حي) | لا تغير مناخي | 47.9 | 41.6 | 29.9 | 19.8 |
| | تغير مناخي | 47.9 | 42.8 | 31.8 | 22.1 |
| | بناء القدرة على الصمود | 47.9 | 39.1 | 24.1 | 14.8 |

وفي بناء القدرة على الصمود، سوف يتسارع نمو الناتج المحلي الإجمالي بشكل يتجاوز بكثير كلا السيناريوهين الآخرين، مما يؤدي إلى مكاسب تراكمية قدرها 400 مليار دولار مقارنة بسيناريو تغير المناخ بحلول عام 2060. وسيكون نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي أكبر بمقدار الثلث (الشكل 18).

الشكل 18: الناتج المحلي الإجمالي بأسعار الصرف في السوق في اليمن

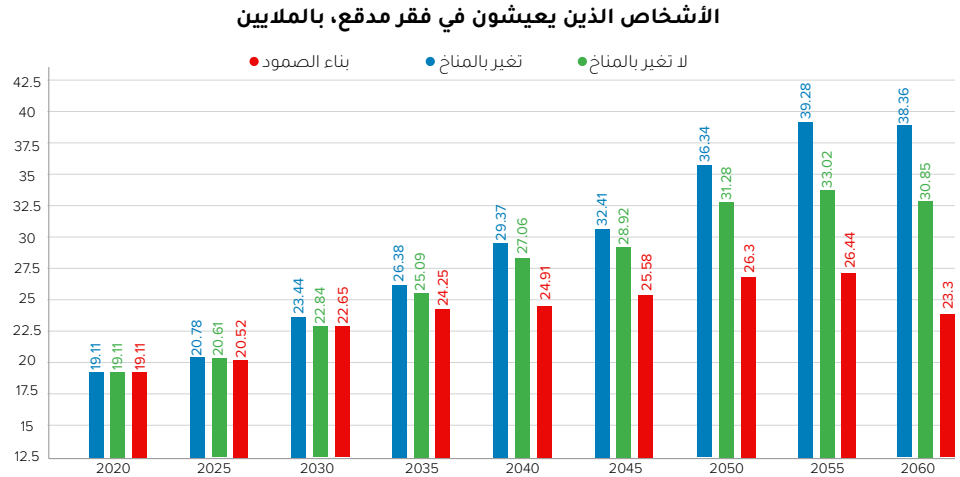
المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.




ويمكن القضاء على الفقر المدقع من خلال بذل جهود متضافرة لدعم الفقراء والفئات السكانية الضعيفة والتخفيف من آثار عدم المساواة الناجمة عن تغير المناخ. ومن المتوقع أن ينخفض معدل الأشخاص الذين يعيشون في فقر مدقع بأكثر من 20 نقطة مئوية من أعلى مستوى له في السنوات الأخيرة والذي تجاوز 60 في المائة. وسيستمر إجمالي عدد الفقراء في النمو جنبًا إلى جنب مع عدد السكان، ولكن بشكل أبطأ بكثير، حيث سيخرج 15 مليون شخص من الفقر المدقع بحلول عام 2060 مقارنة بسيناريو تغير المناخ (الشكل 19).

الشكل 19: الأشخاص الذين يعيشون في فقر مدقع بالملايين، اليمن

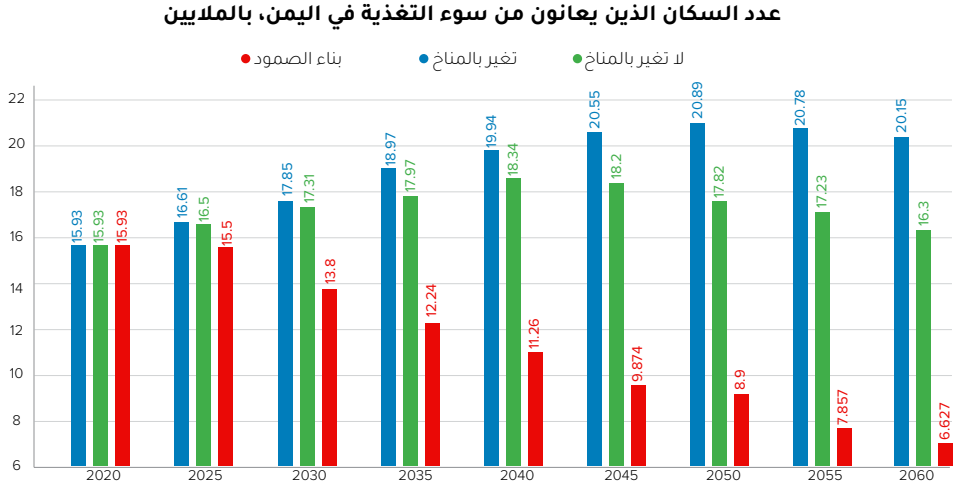
المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.



ومن خلال الجهود المبذولة لتحسين المساواة في الحصول على السعرات الحرارية، سيؤدي سيناريو بناء القدرة على الصمود إلى انخفاض كبير في عدد الأشخاص الذين يعانون من سوء التغذية، والذي من المتوقع أن يرتفع في كل من سيناريو تغير المناخ وعدم تغير المناخ نتيجة للنمو السكاني. ومن خلال سيناريو بناء القدرة على الصمود، سيتم انتشال أكثر من 13 مليون شخص من الجوع مقارنة بالتوقعات في ظل تغير المناخ (الشكل 20).

## الشكل 20: عدد السكان الذين يعانون من سوء التغذية في اليمن، بالملايين

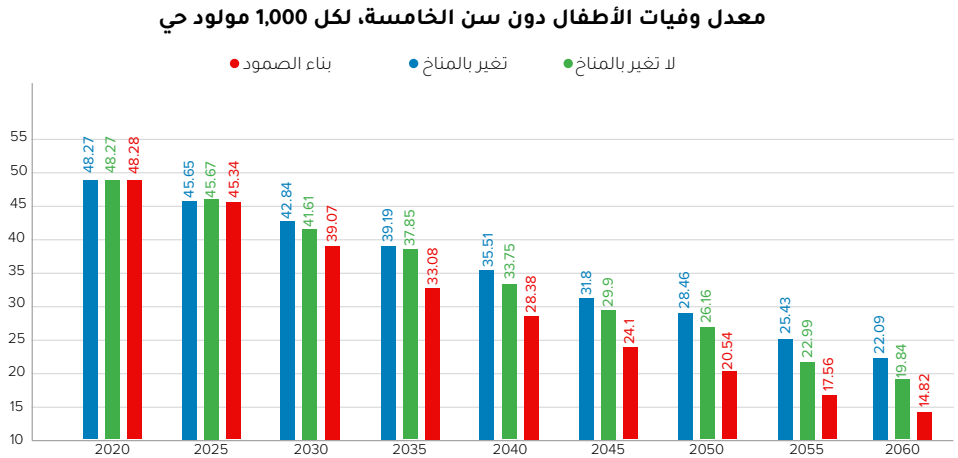
المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.




ومن شأن سيناريو بناء القدرة على الصمود أن يؤدي إلى تحسين النتائج الصحية بين السكان. بشكل عام، ستشهد الوفيات أقل بمقدار 437,000 حالة وفاة مقارنة بسيناريو تغير المناخ حتى عام 2060، وهو أكثر من تعويض التأثير المتوقع لتغير المناخ الموصوف أعلاه. وسيكون للتحسينات في مجال الصحة والبنية التحتية تأثير كبير بشكل خاص على معدل الوفيات بين الفئات العمرية الأصغر سنا، مما سيخفض معدل وفيات الرضع بنسبة 38 في المائة أقل من المعدل المتوقع بحلول عام 2060. وستنخفض وفيات الأطفال دون سن الخامسة بنحو الثلث (الشكل 21).

## الشكل 21: معدل وفيات الأطفال دون سن الخامسة لكل 1000 مولود حي، اليمن

المصدر: التوقعات المستقبلية الدولية 8.02.



برامج النقد مقابل العمل تساهم في حماية الأراضي الزراعية من الكوارث، سقطرة، اليمن. | ملكية الصورة: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي في اليمن

# الاستنتاجات والتوصيات

في حين أن الكثير بشأن تغير المناخ وآثاره على اليمن لا يزال غير مؤكد إلى حد كبير، فإن هذا العمل يضع خط الأساس لما يمكن توقعه بشكل معقول من الاتجاهات المستقبلية على المستوى المحلي وشبه الموسمي، ويسمح باحتمال واضح بأن هطول الأمطار في غرب اليمن قد بدأ بالزيادة بطريقة غير خطية. من المتوقع أن تشهد اليمن ارتفاعًا في درجات الحرارة ومن المرجح أن تشهد زيادة أو على الأقل استمرارًا في تواتر وحجم الظواهر الشديدة كالفيضانات.

للتنبؤات المناخية آثار مختلفة بالنسبة لكل منطقة، على الرغم من أن بعض الأحداث والنتائج ستحدث في معظم المناطق إن لم يكن كلها. ومن المتوقع حدوث سيول أكثر تواتراً وشدةً واستمراراً في منطقة المرتفعات، مما يؤدي إلى عدد من النتائج الخطيرة. وقد حدثت بالفعل خسائر في الأرواح البشرية بسبب السيول المفاجئة والفيضانات، حيث انفجرت السدود وغمرت المياه الشوارع وتضررت المنازل والممتلكات. وتغمر السيول الحقول وتلحق أضرارا بالمحاصيل ومنشآت الري والبنية التحتية الأخرى وتمنع جهود إصلاحها. ويتسبب الضرر الذي لحق بالملاجئ في مخيمات النازحين داخلياً بمزيد من النزوح البشري. لقد تعطلت سبل العيش بشدة، مما ترك الكثيرين دون إمكانية الوصول إلى المأوى والمياه النظيفة ومرافق الصرف الصحي والنظافة الصحية. وسيستمر تفشي الأمراض البكتيرية مثل الكوليرا في مصاحبة الظروف شديدة الرطوبة. أصبح توزيع الغذاء الإنساني والتدخلات الأخرى أكثر صعوبة مع الفيضانات والسيول وفقدان البنية التحتية الحيوية. وكثيراً ما تُتلاشى المكاسب الإنمائية المتواضعة التي تحققت.

وفي شرق اليمن، يتسبب ارتفاع درجات الحرارة وظروف الجفاف في حدوث ظواهر ترابية لها عواقب صحية، مثل تهيج العينين والأنف والحنجرة لكل من البشر والماشية. على طول سواحل البحر الأحمر وخليج عدن، شوهد الجراد الصحراوي، وساعد على تواجده استمرار وتزايد هطول الأمطار. وتعتمد سبل عيش سكان المناطق الساحلية بقوة على صيد الأسماك والموارد البحرية الأخرى، وسوف يؤدي استمرار ارتفاع مستوى سطح البحر إلى خلق المزيد من التحديات، بما في ذلك زيادة مخاطر الفيضانات الساحلية وتسرب المياه المالحة. وأدى ارتفاع درجات الحرارة على طول الساحل إلى ارتفاع معدل حدوث موجات الحر، مما أثر على الصحة.

على المستوى الوطني، من المرجح أن تؤدي هذه التأثيرات إلى إبطاء النمو الاقتصادي وتؤدي إلى ضياع الفرص. كما سيؤدي تغير المناخ إلى تفاقم فجوة التفاوت، مما يدفع المزيد من الناس إلى الفقر وسوء التغذية مقارنة بما قد تكون عليه الحال لولا ذلك، ويؤدي إلى وفاة 131 ألف شخص. وفي حين أنه لا يوجد الكثير مما يمكن لليمن أن يفعله لمواجهة تغير المناخ بمفرده، إلا أنه لا يزال هناك الكثير من الفرص لبناء القدرة على الصمود ومنع أسوأ الأضرار المحتملة.

ويقدم سيناريو بناء القدرة على الصمود نظرة إلى عالم يستطيع فيه اليمن التعافي من أزماته الحالية والاستعداد بشكل أفضل للمخاطر التي يشكلها تغير المناخ. وهذا انتعاش يقوده اليمنيون ويستفيد من الموارد المتجددة الغنية في البلاد إلى جانب سكانها، بما في ذلك النساء على وجه الخصوص. والأهم من ذلك، أنه أيضًا تعافي يجب دعمه من خلال حكومة عاملة وفعالة بالإضافة إلى الدعم الدولي. ويتجاوز إجمالي مكاسب الناتج الاقتصادي من هذا السيناريو 400 مليار دولار، مع انتشال 15 مليون يمني من الفقر و13 مليون من الجوع، وإنقاذ حياة 437 ألف شخص.

بناءً على هذا التقرير، نوصي بالأولويات التالية لبناء القدرة على التكيف مع تغير المناخ في اليمن.

1. **إعطاء الأولوية للأمن الغذائي وإمكانية الوصول إلى الفقراء.** يعد الأمن الغذائي، وسيظل، أحد أكبر المخاطر الناجمة عن تغير المناخ. يعتمد اليمن بشكل كبير على الواردات الغذائية، وحتى في ظل السيناريو المتفائل، سيستمر في القيام بذلك في المستقبل المنظور. وهذا يجعلها عرضة لارتفاع أسعار الغذاء العالمية، وهي نقطة الضعف التي تفاقمت بسبب محدودية الوصول إلى النقد الأجنبي. ومن المرجح أن يكون لتغير المناخ آثار سلبية على الإنتاج الزراعي، بما في ذلك إنتاج مصايد الأسماك، الذي تعتمد عليه العديد من الأسر الفقيرة والساحلية من أجل البقاء. وبالإضافة إلى ذلك، فإن ممارسات الإنتاج الحالية، بما في ذلك التركيز الكبير على القات، تستهلك كميات كبيرة من المياه وترتبط بتدهور الأراضي، مما يعرض مستقبل الزراعة والأمن المائي للخطر. وينبغي أن تشمل التدخلات السياسية تدابير لتحسين الإنتاجية الزراعية بطريقة مستدامة، مثل أنظمة الري الأكثر كفاءة؛ وزيادة إنتاج الغذاء مع التركيز على المحاصيل المقاومة للمناخ؛ معالجة ارتفاع أسعار المواد الغذائية وضمان حصول الأسر الفقيرة على الغذاء.

2. **التأكيد على الأمن المائي والاستثمار فيه.** سوف يعاني اليمن من ضغوط مائية خطيرة حتى بدون تغير المناخ، الأمر الذي يهدد بتفاقم المشكلة وتعقيدها. يتضمن سيناريو تغير المناخ آثار زيادة الإجهاد المائي على المحاصيل ومحدودية الوصول إلى المياه، ولكنه قد يقلل من شأن الآثار المحتملة للجفاف. ويتطلب بناء القدرة على الصمود في مواجهة هذا التحدي أن تكون جميع التدابير السياسية مراعية للمياه، وخاصة الاعتبارات المتعلقة بالزراعة والتنمية. يعد توسيع نطاق الوصول إلى المياه النظيفة أمرًا بالغ الأهمية أيضًا لتحسين صحة الطفل ومنع تفشي الأمراض.

3. **مواصلة الجهود للتوصل إلى نهاية سلمية للصراع وتحسين الوضع الأمني.** إن آثار تغير المناخ تتضاءل مقارنة بآثار سنوات الصراع المدمر(هانا وآخرون 2021؛ موير، بوهل وآخرون 2019) (Hanna et al. 2021; Moyer, Bohl et al. 2019). يفترض سيناريو تغير المناخ مستوى منخفضًا من الصراع المستمر. إن المزيد من التصعيد سيكون مدمراً للتنمية البشرية، في حين أن إنهاء الصراع وتحسين الأمن وفعالية الحكومة، بما في ذلك تعزيز أنظمة الحكم عبر مختلف المستويات، يمكن أن يؤدي إلى تحسينات كبيرة في رفاهية الإنسان. إذا أراد اليمن أن يتغلب على المستقبل الغامض لتغير المناخ، فإن الأمن والحوكمة أمران حاسمان لبناء الرخاء والقدرة على الصمود.

4. **الاستثمار في تمكين المرأة من أجل الوصول إلى الفئات الأكثر ضعفاً وتسريع النمو بين السكان.** يعتمد المستقبل الأفضل في اليمن على التنمية التي تراعي النوع الاجتماعي ودور المرأة في بنائه. والنساء معرضات بالفعل للخطر بشكل خاص ويتعرضن للمعاناة بشكل متفاوت من الآثار المحتملة لتغير المناخ على الصحة والجوع والفقر. إن حماية وتوجيه السياسات لمساعدة النساء والفتيات على وجه التحديد سيكون أمرا حيويا للتخفيف من الأضرار المجتمعية الناجمة عن تغير المناخ. وفي الوقت نفسه، يمثل التمكين الاقتصادي والاجتماعي للمرأة فرصة كبيرة لبناء السلام والقدرة على الصمود والازدهار.

5. **دعوة المجتمع الدولي لدعم اليمن.** ستكون هناك حاجة إلى موارد مالية كبيرة لبناء القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ في اليمن. فهي تشهد بالفعل واحدة من أسوأ الأزمات الإنسانية والتنموية في العالم، في حين أنها واحدة من البلدان الأكثر عرضة لتغير المناخ، وهي مشكلة عالمية تسببها أغنى البلدان. وفي مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ في عام 2022، وافقت الدول على توفير التمويل للخسائر والأضرار التي لحقت بالبلدان الضعيفة. وسيكون هذا الالتزام وغيره من الالتزامات حاسماً لإنقاذ الأرواح وتخفيف المعاناة الناجمة عن تغير المناخ في اليمن. وفي الوقت نفسه، سيكون من الضروري تحسين القدرات للوصول إلى التمويل المناخي وتعبئته داخل البلاد.

تواجه التنمية في اليمن العديد من التحديات المعقدة، بما في ذلك الصراع المستمر، وأنظمة الحكم المنقسمة والمتنافسة، والضغط الشديد على المياه، وانخفاض الإنتاجية الزراعية. وسوف يؤدي تغير المناخ إلى زيادة تعقيد الطريق إلى التعافي، رغم أن قدراً كبيراً من عدم وضوح الرؤية لا يزال قائماً بشأن كيفية القيام بذلك على وجه التحديد. وفي حين أن تغير المناخ سوف يسبب تحديات إضافية، فإن الإجراءات التحولية والدفعة المتكاملة للتنمية يمكن أن تعوض الأضرار وتضع اليمن على الطريق نحو مستقبل أكثر إيجابية.

# المراجع


أبو لحوم، ن.، أ. الملحم، إس تي جبريميكائيل وآخرون. 2022. "اليمن: استخدام البيانات الجغرافية المكانية والنمذجة لإظهار الأثر الاقتصادي للصراع." البنك الدولي الأصوات العربية، 6 سبتمبر/أيلول.
https://blogs.worldbank.org/arabvoices/yemen-using-geospatial-data-and-modeling-show- Economy-impact-conflict.

أكابس. 2023. ديناميات النوع الاجتماعي وأدواره واحتياجاته في اليمن. أكابس.
https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20230411_acaps_thematic_report_yemen_gender_dynamics_roles_and_needs.pdf.

أحمد، اس أي، T. Wg N. S. Diffenbaugh. هيرتل. 2009. "تقلبات المناخ تزيد من قابلية التعرض للفقر في البلدان النامية." رسائل البحوث البيئية 4(3): 034004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/3/034004.

عقلان، ام. ام. ، وايتش لاكنر. 2021. الري بالطاقة الشمسية في اليمن: الفرص والتحديات والسياسات. موجز السياسات رقم 22، إعادة النظر في اقتصاد اليمن. مركز صنعاء للدراسات الاستراتيجية.

الفلاحي، أ. ه.، ن. صديق، يو. سبانك وآخرون. 2020. "تقييم أداء العديد من منتجات هطول الأمطار الشبكية على منطقة المرتفعات في اليمن لإدارة الموارد المائية." الاستشعار عن بعد 12(18): 2984.
https://doi.org/10.3390/rs12182984.

الكبسي، إي آي أيتش راجو وايتش كومار. 2020. "مراجعة لتحديات قطاع الطاقة وآفاق استخدام الطاقة المتجددة في اليمن." المجلة العالمية للإدارة وأبحاث الأعمال 7-1.
https://doi.org/10.34257/GJMBRAVOL20IS8PG1.

أليسون، إي إتش، إيه إل بيري، إم سي. بادجيك وآخرون. 2009. "ضعف الاقتصادات الوطنية أمام تأثيرات تغير المناخ على مصايد الأسماك." الأسماك ومصايد الأسماك 10(2): 196-173.
https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x.

الوصابي، آي، اف، زيجيان، سي. اف.، بوساه وآخرون 2022. "مراجعة لوضع الطاقة الحالي في اليمن والتحديات والاستراتيجيات وآفاق استخدام أنظمة الطاقة المتجددة." بحوث العلوم البيئية والتلوث 29(36): 53907-53933. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21369-6.

ارزقي، آر.، ال متقي، أي بارون، آر واي فان واي أي خرب وآخرون 2018. اقتصاد جديد في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. المرصد الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، أكتوبر/تشرين الأول. واشنطن العاصمة: البنك الدولي. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1367-2.

ارزقي، آر.، ال متقي، أي بارون، آر واي فان، واي يندريبيوقو وآخرون 2018. التحول الاقتصادي. المرصد الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، إبريل/نيسان. واشنطن العاصمة: البنك الدولي.

بيج، ام بي.، أي ام قريشي، جي اس ستراكوادين وآخرون 2019. "تحقيق الأمن الغذائي من خلال الزراعة المستدامة في الجمهورية اليمنية: الآثار المترتبة على الإرشاد الريفي." في تغير المناخ والأمن الغذائي وإدارة الموارد الطبيعية: دراسات حالة إقليمية من ثلاث قارات، M. Behnassi، O. Pollmann and H. Gupta، eds.، pp. 19-60. سبرينغر الدولية للنشر. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97091-2_2.

Bezgrebelna، M.، K. McKenzie، S. Wells et al. 2021. "تغير المناخ، والطقس، وعدم استقرار الإسكان، والتشرد: مراجعة منهجية للمراجعات." المجلة الدولية للبحوث البيئية والصحة العامة 18(11)، المادة 11.
https://doi.org/10.3390/ijerph18115812.

بريسنجر، سي، م.-هـ. كوليون، اكس. دياو وآخرون. 2010. آثار الأزمة العالمية الثلاثية على النمو والفقر في اليمن. ورقة مناقشة 00955. المعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية.

Breisinger، C.، O. Ecker، R. Thiele وآخرون 2012 تأثير فيضان حضرموت الخاطف عام 2008 في اليمن على الأداء الاقتصادي والتغذية: تحليل محاكاة. ورقة عمل كيل رقم 1758. كيل: معهد كيل للاقتصاد العالمي. https://www.econstor.eu/handle/10419/55865.

بريسينجر، سي، ود. فيرنر، محرران. 2013. اقتصاديات تغير المناخ في العالم العربي: دراسات حالة من الجمهورية العربية السورية وتونس والجمهورية اليمنية. واشنطن العاصمة: البنك الدولي. https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9846-3.

بريسلر، آر دي، إف سي مور، كيه رينرت وآخرون. 2021. "تقديرات وظائف أضرار الوفيات المرتبطة بدرجات الحرارة على مستوى الدولة." التقارير العلمية 11(1)، المادة 5.1-99156-021-41598-s10.1038/doi.org/https.

بوروز، ك.، و بي إل كيني. 2016. "استكشاف العلاقة بين تغير المناخ والهجرة والصراع." المجلة الدولية للبحوث البيئية والصحة العامة 13(4)، المادة 4.10.3390/ijerph13040443/doi.org/https.

كاماتشو، أ.، م. بوهينيا، ر. اليوسفي وآخرون. 2018. "وباء الكوليرا في اليمن، 2016-2018: تحليل بيانات المراقبة". لانسيت الصحة العالمية 6 (6): e680 - e690. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30230-4.

كابيلي، ف.، ف. كوستانتيني، ود. كونسولي. 2021. "فخ الكوارث "الطبيعية" وعدم المساواة الناجمة عن تغير المناخ." التغير البيئي العالمي 70: 102329. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102329.

تشن، ا .C.، نوبل، ل. هيلمان وآخرون. 2023. التقرير الفني لمؤشر الدولة لمبادرة التكيف العالمية بجامعة نوتردام. جامعة نوتردام. https://gain.nd.edu/assets/522870/nd_gain_countryindextechreport_2023_01.pdf.

كليمنت، ف، ك. ك. ريجود، أ. دي شربينين وآخرون. 2021. Groundswell الجزء الثاني: العمل على الهجرة الداخلية بسبب المناخ. واشنطن العاصمة: البنك الدولي. http://hdl.handle.net/10986/36248.

دماج، إتش إف 2014. التقرير القطري لليمن. المركز الآسيوي للحد من الكوارث. https://www.adrc.asia/countryreport/YEM/2014/FY2014A_YEM_CR.pdf.

دي كونينج، سي. إتش.، إف. كرامبي، إم. كويفود وآخرون. 2023. صحيفة حقائق حول المناخ والسلام والأمن: اليمن. المعهد النرويجي للشؤون الدولية. https://www.nupi.no/en/news/climate-peace-and-security-fact-sheet-yemen.

دياز، د.، وإف مور. 2017. قياس المخاطر الاقتصادية لتغير المناخ. تغير المناخ الطبيعي 7 (11): 782-774. https://doi.org/10.1038/nclimate3411.

ديفنباو، إن إس، وم. بيرك. 2019. "الاحتباس الحراري أدى إلى زيادة عدم المساواة الاقتصادية العالمية." وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة الأمريكية 116(20): 9813-9808.

الإسكوا (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا). 2017. تقرير تقييم تغير المناخ العربي. E/الإسكوا/SDPD/2017/ريكار/تقرير. بيروت: لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا. https://www.unescwa.org/sites/default/files/pubs/pdf/riccar-main-report-2017-english_0.pdf.

الفاو (منظمة الأغذية والزراعة). 2021. اليمن: الصدمات وسبل العيش الزراعية والأمن الغذائي. تقرير المراقبة. روما: منظمة الأغذية والزراعة. https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-shocks-agriculture-livelihoods-and-food-security-monitoring-report-december-2021.

فيدرسبيل، ف.، وم. علي. 2018. "تفشي وباء الكوليرا في اليمن: الدروس المستفادة والطريق إلى الأمام." بي إم سي للصحة العامة 18(1):https://doi.org/10.1186/s12889-018-6227-6.1338.

فيرانت، جي، إل إم بيساندو، وك. نواكا. 2014. أعمال الرعاية غير مدفوعة الأجر: الحلقة المفقودة في تحليل الفجوات بين الجنسين في نتائج العمل. باريس: مركز التنمية لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

فايربراس، ج. 2015. "المياه الحضرية في اليمن: تحديات هائلة وحلول عملية ودروس للمستقبل من حالة تعز." في إعادة بناء اليمن: التحديات السياسية والاقتصادية والاجتماعية، ن. بريهوني وس. السرحان، محرران، ص 123- 148. مطبعة جيرلاخ.

فروتيرو، أ.، د. حليم، سي. بروكوليني وآخرون. 2023. التأثيرات الجنسانية لتغير المناخ: أدلة من الصدمات المناخية. واشنطن العاصمة: البنك الدولي. https://doi.org/10.1596/1813-9450-10442.

جادين، ه. 2023. التغيير في اليمن: تحسين الإدارة المتكاملة للموارد المائية لتحقيق الأمن الغذائي. روما: منظمة الأغذية والزراعة.
https://yemen.un.org/sites/default/files/2023-03/Water%20Day%20Opinion%20by%20FAO%20Rep.pdf.

جادين، ه، وب. ليباندا. 2023. "نماذج CMIP6 تحاكي هطول أمطار غزيرة في المستقبل على المرتفعات مقارنة بالمناطق الزراعية الأخرى في اليمن". نمذجة أنظمة الأرض والبيئة. https://doi.org/10.1007/s40808-023-01811-5.

غالب، و.م.، أ.م. منصور، وإس.سي. بونابا. 2021. "العوامل البيئية المؤثرة على جغرافية اليمن مما يؤدي إلى العواصف الترابية والرملية - دراسة حالة." مجلة الجغرافيا البيئية 14(1-2)، المادة 1-2.
https://doi.org/10.2478/jengeo-2021-0003.

غرين، ل.H.، بيلي، L. شوارتز وآخرون. 2019. "تأثير الحرارة على الوفيات والمراضة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل: مراجعة للأدلة الوبائية واعتبارات للبحث المستقبلي." البحوث البيئية 171: 91-80.
https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.010.

غريسمان، دبليو. 2016. من الألف إلى الياء: تحليل النوع الاجتماعي والصراع في اليمن. أوكسفام.
https://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/from-the-ground-up-gender-and-conflict-analogy-in-yemen-620112.

ها، س.، د. ليو، واي. تشو وآخرون. 2017. "درجة الحرارة المحيطة وولادة جنين ميت: دراسة أترابية بأثر رجعي متعددة المراكز." وجهات نظر الصحة البيئية 125(6): 067011. https://doi.org/10.1289/EHP945.

حاجات، س.، وت. كوساتكي. 2010. "الوفيات المرتبطة بالحرارة: مراجعة واستكشاف عدم التجانس." مجلة علم الأوبئة وصحة المجتمع 64(9): 753. https://doi.org/10.1136/jech.2009.087999.

هاليغاتي، S.، ول. روزنبرغ. 2017. "تغير المناخ من خلال عدسة الفقر." تغير المناخ الطبيعي 7(4): 256-250.
https://doi.org/10.1038/nclimate3253.

هانا، تي، دي كيه بوهل، جي دي موير. 2021. تقييم أثر الحرب في اليمن: مسارات التعافي. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. https://www.undp.org/publications/assessing-impact-war-yemen-pathways-recovery.

هافليك، H .،P. فالين، M. غوستي وآخرون. 2015. آثار تغير المناخ والتخفيف من آثاره في العالم النامي: تقييم متكامل لقطاعي الزراعة والغابات. ورقة علمية SSRN 2688375.
https://papers.ssrn.com/abstract=2688375.

هيلتبيرج، آر، إيه إم أوفييدو، وإف تالوكدار. 2015. "ماذا تخبرنا المسوحات الأسرية حقًا عن المخاطر والصدمات وإدارة المخاطر في العالم النامي؟" مجلة دراسات التنمية 51(3): 225-209.
https://doi.org/10.1080/00220388.2014.959934.

هيرتيل، تي دبليو، إم بي بيرك، ودي بي لوبيل. 2010. "آثار الفقر الناجمة عن التغيرات في إنتاجية المحاصيل الناجمة عن المناخ بحلول عام 2030." التغير البيئي العالمي 20(4): 585-577.
https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.001.

هيوز، بي بي 2019. التوقعات المستقبلية الدولية: بناء النماذج العالمية واستخدامها. الطبعة الأولى. الصحافة الأكاديمية.

IDMC (المركز الدولي لرصد النزوح). 2023. قاعدة البيانات العالمية 2023: النزوح الداخلي والأمن الغذائي. مركز رصد النزوح الداخلي. https://www.internal-displacement.org/sites/default/files/publications/documents/IDMC_GRID_2023_Global_Report_on_Internal_Displacement_LR.pdf.

وكالة الطاقة الدولية. 2020. اليمن. وكالة الطاقة الدولية. https://www.iea.org/countries/yemen.

الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر. 2021. اليمن: التقرير النهائي للفيضانات، عملية DREF رقم MDRYE009. الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر.
https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-floods-final-report-dref-operation-n-mdrye009.

———. 2023. اليمن: فيضانات صنعاء. الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر.
https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-sanaa-floods-dref-ndeg-mdrye011-final-report.

المنظمة الدولية للهجرة (المنظمة الدولية للهجرة)، منظمة الأغذية والزراعة (منظمة الأغذية والزراعة)، برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي) وآخرون. 2023. القدرة على تحمل تكاليف الغذاء في اليمن الذي مزقته الصراعات في ضوء الحرب الأوكرانية. المنظمة الدولية للهجرة.
https://reliefweb.int/report/yemen/food-affordability-conflict-torn-yemen-light-ukraine-war-2023.

IPCC (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ). 2023. التقرير التجميعي لتقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (AR6).
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf.

جيسيل، س.، س. سوير، ود. هيرناندير. 2019. "الطاقة والفقر والصحة في تغير المناخ: مراجعة شاملة للأدبيات الناشئة." الحدود في الصحة العامة 7. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2019.00357.

كوهن، L.، وSg. ماكورميك. 2017. "التعرض للحرارة وصحة الأم في مواجهة تغير المناخ." المجلة الدولية للبحوث البيئية والصحة العامة 14(8)، المادة 8. https://doi.org/10.3390/ijerph14080853.

لويس، ب.، م. أ. منعم، أ. إمبيجليا. 2018. آثار تغير المناخ على نظم الزراعة وسبل العيش في الشرق الأدنى وشمال أفريقيا. روما: منظمة الأغذية والزراعة.

لويد، S .R .S .J .، كوفاتس، Z. شلبي وآخرون. 2016. "نمذجة تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر المرتبط بتغير المناخ والتنمية الاجتماعية والاقتصادية على وفيات العواصف المستقبلية." التغير المناخي 134(3): 455-441.
https://doi.org/10.1007/s10584-015-1376-4.

لقمان، م.، و ن. السقاف. 2022. النوع الاجتماعي والمناخ والأمن في اليمن: الروابط وسبل المضي قدمًا. جنيف: مركز جنيف لحوكمة القطاع الأمني.

ماسون، A .، J .S. كروكيفيتش، P. سيكاتو وآخرون. 2015. الوصول إلى البيانات والمعلومات المناخية واستخدامها في الدول الهشة التي تفتقر إلى البيانات. https://doi.org/10.7916/d8-hhw0-p846.

مندلسون، ر.، أ. دينار، ول. ويليامز. 2006. التأثير التوزيعي لتغير المناخ على البلدان الغنية والفقيرة. اقتصاديات البيئة والتنمية 11(2): 159-178. https://doi.org/10.1017/S1355770X05002755.

موير، جي دي، دي كيه بوهل، تي هانا وآخرون. 2019. تقييم أثر الحرب على التنمية في اليمن. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومركز فريدريك س. باردي للمستقبل الدولي. http://www.arabstates.undp.org/content/rbas/en/home/library/crisis-response0/assessing-the-impact-of-war-on-development-in-yemen-.html.

موير، جي دي، تي هانا، دي كيه بوهل وآخرون. 2019. تقييم أثر الحرب في اليمن في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

ناصر، أ.أ. 2009. الجمهورية اليمنية ملف الدولة. المركز الآسيوي للحد من الكوارث. https://www.adrc.asia/countryreport/YEM/yemen2009.pdf.

نلسون، جي. سي.، روزجرانت، ام. دبليو، أي. بالازو وآخرون 2010. الأمن الغذائي والزراعة وتغير المناخ حتى عام 2050: السيناريوهات والنتائج وخيارات السياسات. المعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية. https://doi.org/10.2499/9780896291867.

نيومايير، إي، وت. بلومبر. 2007. "الطبيعة الجنسانية للكوارث الطبيعية: تأثير الأحداث الكارثية على الفجوة بين الجنسين في متوسط العمر المتوقع، 1981-2002." حوليات رابطة الجغرافيين الأمريكيين 97(3): 551-566. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x.

أوتشا (مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية). 2020. اليمن: تحديث الفيضانات المفاجئة رقم. 4. اعتبارًا من 11 أغسطس. مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية. https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-flash-floods-flash-update-no-4-11-august-2020-enar.

2022. ـــ نظرة عامة على الاحتياجات الإنسانية في اليمن 2023. مكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية. https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-humanitarian-needs-overview-2023-december-2022-enar.

أورلوف، أ.، ج. سيلمان، ك. أونان وآخرون. 2020. "التكاليف الاقتصادية للتخفيضات الناجمة عن الحرارة في إنتاجية العمال بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري." التغير البيئي العالمي 63: 102087. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102087.

باسيتي، تي، إي. كابورال، إم سي رولي. 2017. "الفيضانات والأمن الغذائي: طريقة لتقدير تأثير الفيضانات على توافر المحاصيل." التقدم في الموارد المائية 110: 494-504. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.06.019.

باكودان، ر. 2008. استراتيجية وخطة عمل الطاقة المتجددة. تم إنتاجه لصالح وزارة الكهرباء والطاقة في الحكومة اليمنية. لامير الدولية.

باجليالونجا، إي، أ. كوفيري، أ. زانفي. 2022. "تغير المناخ وعدم المساواة داخل البلد: جديد الأدلة من منظور عالمي." التنمية العالمية 159: 106030. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106030.

بالاسيوس أبرانتيس، جيه، تي إل فروليشر، جي ريغوندو وآخرون. 2022. "توقيت وحجم التحولات التي يحركها المناخ في الأرصدة السمكية العابرة للحدود تشكل تحديا لإدارتها." بيولوجيا التغير العالمي 28(7): 2312-2326. https://doi.org/10.1111/gcb.16058.

بانتيلي، M.، وPg. مانكاريلا. 2015. "تأثير الطقس المتطرف وتغير المناخ على مرونة أنظمة الطاقة: التأثيرات واستراتيجيات التخفيف المحتملة." بحوث أنظمة الطاقة الكهربائية 127: 259-270. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.06.012.

برايس، ر. 2022. مخاطر تغير المناخ والفرص في اليمن. معهد دراسات التنمية. https://doi.org/10.19088/K4D.2022.096.

رباني، ج.، أ. عبد الرحمن، ون. إسلام. 2010. "تغير المناخ وارتفاع مستوى سطح البحر: القضايا والتحديات التي تواجه المجتمعات الساحلية في منطقة المحيط الهندي." في المناطق الساحلية وتغير المناخ، D. Michel and A. Pandya، eds.، pp. 17-30. مركز ستيمسون. https://www.jstor.org/stable/resrep10902.8.

رحمن، ام اس.، وإل دي. 2020. "مراجعة منهجية لدراسات الحالة لتقييم خسائر محاصيل الفيضانات القائمة على الاستشعار عن بعد." الزراعة 10(4)، المادة 4. 131 https://doi.org/10.3390/agriculture10040131.

RCCC (مركز المناخ للصليب الأحمر والهلال الأحمر). 2021. "اليمن: صحيفة حقائق المناخ على مستوى الدولة". مركز المناخ التابع للصليب الأحمر والهلال الأحمر. https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-ICRC-Country-profiles-Yemen.pdf.

ريجاسا، إس، جي جيفي، جي إي كاستيلو. 2010. المطر لم يعد يأتي في وقته بعد الآن: الفقر والضعف وتقلب المناخ في إثيوبيا. منظمة أوكسفام الدولية. https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/112339/rr-rain-doesn't-come-time-anymore-poverty-climate-ethiopia-010410-en.pdf;jsessionid=1EB15635157F87C18933EE81D75C6D59?sequence= 1.

روكلوف، ل.، Rg. دوبرو. 2020. "تغير المناخ: تحدٍ دائم للوقاية من الأمراض المنقولة بالنواقل ومكافحتها." علم المناعة الطبيعية 21(5)، المادة 5. y-0648-020-41590-s10.1038/https://doi.org/.

شيوي، ل.، J. هينك، D. جيرتن وآخرون. 2014. "التقييم المتعدد النماذج لندرة المياه في ظل تغير المناخ." وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم 111(9): 3250-3245. https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110.

شلوسر، C. A.، K. Strzepek، X. Gao وآخرون. 2014. "مستقبل الإجهاد المائي العالمي: تقييم متكامل." مستقبل الأرض 2(8): 341-361. https://doi.org/10.1002/2014EF000238.

مسح الأسلحة الصغيرة. 2010. تحت الضغط: العنف الاجتماعي على الأرض والمياه في اليمن. موجز إصدار تقييم العنف المسلح في اليمن 2. مسح الأسلحة الصغيرة. http://www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/G-Issue-briefs/SAS-Yemen-AVA-IB2-ENG.pdf.

سفيردليك، أ. 2011. "اعتلال الصحة والفقر: مراجعة الأدبيات المتعلقة بالصحة في المستوطنات غير الرسمية." البيئة والتحضر 23(1): 155-123. https://doi.org/10.1177/0956247811398604.

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي). 2023. "مؤشر عدم المساواة بين الجنسين". نيويورك: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي. https://hdr.undp.org/data-center/thematic-composite-indices/gender-inequality-index.

اليونيسيف (منظمة الأمم المتحدة للطفولة). 2018. إذا لم يكن في المدرسة: المسارات التي يعبرها الأطفال في اليمن. صندوق الأمم المتحدة للطفولة. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/IF%20NOT%20IN%20SCHOOL_March2018_English.pdf.

فان دير غون، ج.ا.م. 2009. "تغير المناخ وطبقات المياه الجوفية الغرينية في المناطق القاحلة: أمثلة من اليمن." في التكيف مع تغير المناخ في قطاع المياه، 159-176. F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik et al., eds. روتليدج.

فيرميولين، إس جيه، بي إم كامبل وجي إس آي. انجرام. 2012. "تغير المناخ والنظم الغذائية." المراجعة السنوية للبيئة والموارد 37(1): 195-222. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608.

واتس، ان.، ام. أمان، ان. أرنيل وآخرون. 2021. "تقرير مجلة لانسيت للعد التنازلي بشأن الصحة وتغير المناخ لعام 2020: الاستجابة للأزمات المتقاربة. مجلة لانسيت 397(10269): 129-170. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290- X.y.

فايس، إم. آي. 2015. "العاصفة الكاملة: أسباب وعواقب ندرة المياه الشديدة والانهيار المؤسسي والصراع في اليمن." المياه الدولية 40(2): 251-272. https://doi.org/10.1080/02508060.2015.1004898.

البنك الدولي. 2010. تقييم آثار تغير المناخ وتقلبه على قطاعي المياه والزراعة وانعكاسات السياسات. تقرير رقم. 54196. واشنطن العاصمة: البنك الدولي. https://documents1.worldbank.org/curated/en/979121468153566240/pdf/541960ESW0Gray1OFFICIAL0USE0ONLY191.pdf.

———. 2021. "اليمن: خطر الحرارة." بوابة البنك الدولي للمعرفة المتعلقة بتغير المناخ. https://climateknowledgeportal.worldbank.org.

منظمة الصحة العالمية. 2014. النوع الاجتماعي وتغير المناخ والصحة. منظمة الصحة العالمية. https://apps.who.int/iris/handle/10665/144781.

زبارة، ب. 2018. "تعزيز دور المرأة في إدارة المياه في اليمن." نبذة 09. مركز البحوث التطبيقية بالشراكة مع المشرق.

# الملحق 1: الافتراضات التفصيليةلسيناريوهات التوقعات المستقبليةالدولية

يقدم هذا الملحق معلومات مفصلة حول التدخلات المستخدمة في نموذج الإطار المرحلي لكل من السيناريوهات الثلاثة التي تم تقييمها لهذا التقرير: لا تغير مناخ وتغير المناخ وبناء القدرة على الصمود.

## لا تغير مناخي

يتضمن سيناريو "لا تغير مناخي" عدة تدخلات تهدف إلى قطع الروابط الأمامية بين المتغيرات المرتبطة بتغير المناخ ومتغيرات التنمية الاقتصادية والبشرية. ويتضمن أيضًا العديد من التدخلات التي تهدف إلى تعديل خط الأساس في النموذج ليعكس البيانات والمعلومات المعروفة حول سياق اليمن (الجدول A.1.1)

### الجدول A.1.1: التدخلات التفصيلية لسيناريو انعدام المناخ

ملحوظة: يسرد عمود تشغيل التوقعات المستقبلية للمناخ االمعامل المحدد المستخدم في نموذج التوقعات المستقبلية للمناخ وكيفية تعديل ذلك المعامل لكل تدخل.

| تدخل | وصف عام | دعم الأدبيات | تفعيل التوقعات المستقبلية للمناخ |
|---|---|---|---|
| تعديلات خط الأساس: تم إجراء التدخلات التالية لضبط نموذج الإطار المتكامل ليعكس بشكل أفضل الوضع التنموي الحالي في اليمن بناءً على البيانات والأدبيات الموجودة. يتم تضمينها كخط الأساس لجميع السيناريوهات. | | | |
| زيادة عدم المساواة في الدخل | تمت زيادة معامل جيني بنسبة 20 بالمائة والحفاظ عليه حتى عام 2100. | في النسخة الحالية من الإطار المتكامل، يؤدي هذا التدخل إلى مستوى من الفقر مماثل لذلك الذي تم عرضه في العمل السابق الذي يبحث في تأثير الصراع على اليمن(موير، بوهل وآخرون 2019) (Moyer, Bohl et al. 2019)، والذي تم دعمه من خلال دراستين للمحاكاة الدقيقة (أرزقي، متقي ، بارون، فان، حرب وآخرون 2018؛ أرزقي، متقي، بارون، فان، كيندربيوغو وآخرون 2018). (Arezki, Mottaghi, Barone, Fan, Harb et al. 2018; Arezki, Mottaghi, Barone, Fan, Kiendrebeogo et al. 2018) | تمت تهيئة ginidomm عند 1.2 وتم تثبيته في الأفق. |
| معامل الاختلاف في السعرات الحرارية | يتم زيادة معامل التباين في السعرات الحرارية بنسبة 20 بالمائة والحفاظ عليه حتى عام 2100. | ويعكس معامل حدود التباين معامل جيني، مما يعكس عدم المساواة في الحصول على الغذاء. | تمت تهيئة clpccvm عند 1.2 واستمر في الأفق. |

| تدخل | وصف عام | دعم الأدبيات | تفعيل التوقعات المستقبلية للمناخ |
|---|---|---|---|
| التخفيضات في جميع أنحاء نظام التعليم | يتم تقليل المتغيرات التعليمية، بما في ذلك معدلات القبول والتخرج والانتقال عبر المرحلتين الأساسية والثانوية. | أدى الصراع في اليمن إلى انخفاض فرص الوصول إلى التعليم (موير، بوهل وآخرون 2019؛ اليونيسف Moyer, Bohl et al. 2019; UNICEF 2018). يقوم هذا التدخل بتعديل المسار الحالي ليعكس هذا التحدي في وقت مبكر من الأفق الزمني. | تم تغيير المعلمات التالية إلى 0.75 خلال سنوات الصراع الحالية قبل أن يتم إعادتها ببطء إلى 1 بنهاية الأفق: edpriintnm, edprisurm, edseclowrgram, edseclowrtranm, edsecupprgram, edsecupprtranm. |
| انخفاض في الوصول إلى الكهرباء | انخفض الوصول إلى الكهرباء ل 43 بالمائة من السكان. | وفقًا لأحدث البيانات الصادرة عن وكالة الطاقة الدولية(IEA 2020)، في عام 2019، كان 43 بالمائة فقط من اليمنيين يحصلون على الكهرباء. | يتم تعيين infraelecaccm للمجموع عند 0.55 ويتم الحفاظ عليه طوال الأفق. |
| لا تغيرات مناخية: تم عمل السيناريوهات التالية حصريًا في سيناريو لا مناخ من أجل محاكاة عالم واقعي خالٍ من تغير المناخ. | | | |
| تم إيقاف التأثيرات المستقبلية لتغير المناخ | يتم استخدام عدد من المعلمات لإسكات تأثير تغير المناخ على الزراعة والاقتصاد في نموذج التوقعات المستقبلية الدولية. | غير موجود | يتم ضبط envco2fert على 0 envylchgmg خلال الأفق، مما يؤدي إلى إيقاف التأثيرات على غلات المحاصيل. تم ضبط climeconimpsw و climeconimpperctrysw على 1 عبر الأفق بينما تم ضبط climeconimpsq على 0. |

## تغير المناخ

يتضمن سيناريو تغير المناخ تدخلات تهدف إلى محاكاة المسارات التي من المحتمل أن يؤثر تغير المناخ من خلالها على التنمية البشرية في اليمن وفقًا للبيانات والأدبيات (الجدول A.1.2). تتم هذه التدخلات بالإضافة إلى التدخلات الأساسية المدرجة في الجدول A.1.1.

### الجدول A.1.2: التدخلات التفصيلية لسيناريو تغير المناخ

ملحوظة: يسرد عمود تشغيل التوقعات المستقبلية الدولية المعلمة المحددة المستخدمة في نموذج التوقعات المستقبلية الدولية وكيفية تعديل تلك المعلمة لكل تدخل.

| التدخل | الوصف العام | الأدبيات المساندة | تفعيل التوقعات المستقبلية الدولية |
|---|---|---|---|
| سلسلة درجات الحرارة وهطول الأمطار | يتم فرض التوقعات على مستوى الدولة لدرجة الحرارة وهطول الأمطار في سيناريو مسارات التركيز النموذجية 6.0 بشكل خارجي. | يتم أخذ السلسلة الخاصة بتغير درجة الحرارة وهطول الأمطار المتوقعة من توقعات CMIP5. | إذا تم ضبط نوع النموذج الجنسي على 1 عبر الأفق، فهذا يشير إلى أنه ينبغي أخذ السلسلة الخارجية كقيم مطلقة. إذا تم ضبط هوية النموذج الجنسي على 163، فسيتم تحديد السلسلة الخارجية المناسبة. |

| التدخل | الوصف العام | الأدبيات المساندة | تفعيل التوقعات المستقبلية الدولية |
|---|---|---|---|
| زيادة معدل الوفيات بسبب الإجهاد الحراري | وترتفع معدلات الوفيات والمراضة بسبب أمراض القلب والأوعية الدموية وأمراض الجهاز التنفسي بسبب آثار الإجهاد الحراري، بحيث ترتفع معدلات الوفيات الإجمالية بنسبة 4 في المائة بحلول عام 2100. | بريسلر وآخرون. (2021) يقدر الزيادات الصافية في معدلات الوفيات الناجمة عن الوفيات المرتبطة بدرجات الحرارة في العالم مسارات التركيز النموذجية 4.5 و مسارات التركيز النموذجية 8.5 لعدد من البلدان (باستثناء اليمن). ووفقا لأرقامهم، ارتفعت معدلات الوفيات في الدول المجاورة (إثيوبيا وعمان والمملكة العربية السعودية) من 2 إلى 7 في المائة بحلول نهاية القرن عبر السيناريوهين. | هلمورتم hlmortm للأمراض القلبية الوعائية والجهاز التنفسي وغيرها من الأمراض غير المعدية، جميعها محرفة إلى 1.2 بحلول عام 2100. |
| انخفاض الإنتاجية | ستنخفض إنتاجية العمل بنسبة 7% بحلول عام 2100 لتعكس توقعات بانخفاضها بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وخاصة بالنسبة للقطاعات الخارجية وعالية الكثافة، مثل الزراعة. | أورلوف وآخرون. (2020) يتنبأ بانخفاض إنتاجية العمال على المستوى الإقليمي وحسب كثافة العمل. يتم استخدام تقديرات خسائر الإنتاجية من غرب آسيا في سيناريو مسارات التركيز النموذجية 8.5 ويتم تخفيضها بنسبة 30 في المائة في سيناريو تغير المناخ الأكثر معقولية. ويفترض أن مستويات الكثافة التالية: مرتفعة (الزراعة)، ومعتدلة (الطاقة والمواد والتصنيع والخدمات) ومنخفضة (تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) لإنشاء متوسط مرجح لتقدير خسارة الإنتاجية المتوقعة لليمن بنسبة 6.7 في المائة. وإذا تم تصنيف الخدمات على أنها منخفضة الكثافة، فإن الخسارة المتوقعة في الإنتاجية تبلغ 5.85 في المائة. يتم تصنيفها على أنها معتدلة بسبب انخفاض معدلات الوصول إلى الكهرباء والتبريد في اليمن. | وابتداء من عام 2023، سيتم الاضافة mfpadd إلى 0.002- بحلول عام 2100، بحيث تكون الخسارة في إنتاجية العمل بحلول عام 2100 أقل بقليل من 7%، مقارنة بسيناريو لا تغير مناخي. |
| زيادة الإجهاد المائي | ويتم تقليل المياه القابلة للاستغلال والمتجددة بنسبة 30 في المائة، مما له آثار إضافية على المحاصيل الزراعية. | ومن المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى تقليل توافر المياه الجوفية العذبة. يمكن أن يؤدي تأثير تغير المناخ إلى تسريع المعدل الملحوظ لاستخراج المياه الجوفية بنسبة تصل إلى 15 بالمائة (فان دير غون 2009) (van der Gun 2009). | Beginning in 2023, watresexploitrenewm is interpolated to 0.7 over 10 years. watertoyieldswitch is set to 1. |
| توزيع الدخل | ويتزايد التفاوت في الدخل، وفقا لقياس مؤشر جيني، والذي يزيد بنحو 25 في المائة فوق خط الأساس لسياسة لا تغير مناخي | تشير الأدبيات إلى أن تغير المناخ من المرجح أن يؤدي إلى زيادة عدم المساواة في الدخل. ويحدد باجليالونجا (2022) العلاقة التي ترتبط فيها زيادة بنسبة 1 في المائة في درجة الحرارة بزيادة قدرها 0.5 نقطة مئوية في معامل جيني على مقياس مكون من 100 نقطة. | يزداد ginidomm من خط الأساس 1.2 إلى 1.5 على مدار 30 عامًا. ويؤدي هذا إلى تغيير في جيني يعكس المرونة المحددة في باجليالونجا 2022. |
| توزيع السعرات الحرارية | يصبح الوصول إلى الغذاء أقل مساواة. | ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة عدم المساواة في الحصول على الغذاء نتيجة للتغيرات في الإنتاج الزراعي المحلي وأسعار المواد الغذائية العالمية (هافليك وآخرون 2015). (Havlík et al. 2015) | يزداد clpccvm من خط الأساس 1.2 إلى 1.4 على مدار 25 عامًا. |

| التدخل | الوصف العام | الأدبيات المساندة | تفعيل التوقعات المستقبلية الدولية |
|---|---|---|---|
| البنية التحتية والطرق | يتباطأ توسع شبكة الطرق بسبب أحداث الفيضانات المنتظمة والكوارث الأخرى. | ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى أحداث مناخية أكثر تكرارا وشدة، مثل الفيضانات. أدت الفيضانات في اليمن في السنوات الأخيرة إلى إلحاق أضرار جسيمة بالبنية التحتية للطرق (الاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر 2023). (IFRC 2023) | infraroadm falls to 0.8 over 50 years.<br>تنخفض infraroadm إلى 0.8 على مدى 50 عامًا. |
| البنية التحتية والصرف الصحي | يتباطأ التوسع في الوصول إلى خدمات الصرف الصحي المدارة بشكل آمن بسبب أحداث الفيضانات المنتظمة والكوارث الأخرى. | ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى أحداث مناخية أكثر تكرارا وشدة، مثل الفيضانات، التي تلحق الضرر بالبنية التحتية القائمة وتمنع توسيع الاتصالات الجديدة، في حين تؤدي أيضا إلى نزوح السكان. | تنخفض sanithhm نسبة الصحة لفئة "الإدارة الآمنة" إلى 0.9 على مدى 25 عامًا. |
| البنية التحتية، المياه | يتباطأ التوسع في الوصول إلى المياه بشكل آمن بسبب أحداث الفيضانات المنتظمة والكوارث الأخرى. | ومن المرجح أن يؤدي تغير المناخ إلى أحداث مناخية أكثر تكرارا وشدة، مثل الفيضانات، التي تلحق الضرر بالبنية التحتية القائمة وتمنع توسيع التوصيلات الجديدة، في حين تؤدي أيضا إلى نزوح السكان. | تنخفض نسبة waterhhm المياه لفئة "الإدارة الآمنة" إلى 0.9 على مدى 25 عامًا. |
| انخفاض الإنتاج الزراعي | انخفاض إنتاجية المحاصيل والأراضي الزراعية. | من المرجح أن يؤدي تغير المناخ في اليمن إلى انخفاض الإنتاج الزراعي بسبب ارتفاع درجات الحرارة في بعض المناطق وزيادة الطقس المتطرف (لويس وآخرون 2018، البنك الدولي 2010) (Lewis et al. 2018, The World Bank 2010). | انخفض ldcropmg ylm إلى 0.8 على مدار 25 عامًا. |
| انخفاض الإنتاج السمكي | انخفاض الإنتاجية السمكية من صيد الأسماك ومصائد الأسماك. | يؤدي ارتفاع درجة حرارة المحيطات وتحمضها إلى انخفاض صيد الأسماك وتغيير الأرصدة السمكية (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ 2023) (IPCC 2023). يعد اليمن أحد أكثر الاقتصادات عرضة لآثار تغير المناخ المحتملة على مصايد الأسماك (أليسون وآخرون 2009). (Allison et al. 2009) | fishcatchm reduced to 0.7 over 30 years.<br>انخفض معدل fishcatchm صيد الأسماك إلى 0.7 خلال 30 عامًا. |

## بناء القدرة على الصمود

ويفترض سيناريو بناء القدرة على الصمود نفس مستوى تغير المناخ مثل سيناريو تغير المناخ، وبالتالي يتضمن جميع هذه التدخلات كقاعدة. يسرد الجدول A.1.3 التدخلات الإضافية.

### الجدول A.1.3: التدخلات التفصيلية لسيناريو بناء القدرة على الصمود، والتي تم وضعها على سيناريو تغير المناخ

ملحوظة: يسرد عمود تفعيل التوقعات المستقبلية الدولية المعلمة المحددة المستخدمة في نموذج التوقعات المستقبلية الدولية وكيفية تعديل تلك المعلمة لكل تدخل.

| التدخل | وصف عام | تفعيل التوقعات المستقبلية الدولية |
|---|---|---|
| التحسينات الزراعية | تحسينات في إنتاجية المحاصيل وتوسيع الأراضي الصالحة للزراعة المستخدمة للزراعة، إلى جانب تحسينات في إنتاج الأسماك. | يتم زيادة ylm إلى 1.3 على مدار 10 سنوات بينما يتم زيادة ldcropm إلى 3. ويتم زيادة fishcatchm صيد الأسماك إلى 3 خلال نفس الفترة. |
| معامل الاختلاف في السعرات الحرارية | يتم تقليل معامل الاختلاف في السعرات الحرارية، وهو مقياس لعدم المساواة في توزيع السعرات الحرارية. | clpccvm، الذي تمت تهيئته عند 1.2 ليعكس تغير المناخ، يتم إرجاعه إلى 1 على مدار 20 عامًا. |
| التحسينات عبر نظام التعليم | يتحسن نظام التعليم بسرعة أكبر بعد الأضرار التي لحقت به بسبب الصراع. | تتم تهيئة المعلمات التالية عند 0.75 وإعادتها إلى 1 على مدار 10 سنوات: edpriintnm، edprisurm، edseclowrgram، edseclowrtranm، edsecupprgram، edsecupprtranm. |
| تحسين الوصول إلى المياه الصالحة للشرب | ويتم توسيع نطاق الوصول إلى موارد المياه المدارة بشكل آمن، في حين يتم تقليل نسبة السكان الذين يعيشون على المياه السطحية. | يتم زيادة waterhhm للمياه التي يتم إدارتها بأمان إلى 1.2 على مدى 10 سنوات، في حين يتم تقليل waterhhm للمياه السطحية إلى 0.8 خلال نفس الفترة. |
| تحسين الوصول إلى الصرف الصحي | يتم توسيع نطاق الوصول إلى خدمات الصرف الصحي المدارة بأمان، في حين يتم تقليل نسبة السكان الذين يستخدمون التغوط في العراء. | يتم زيادة sanithhm للمياه المدارة بأمان إلى 1.2 على مدى 10 سنوات، في حين يتم تخفيض sanithhm للمياه السطحية إلى 0.8 خلال نفس الفترة. |
| توسعة شبكة الطرق | يتم توسيع شبكة الطرق. | يتم زيادة infraroadm إلى 1.2 على مدى 10 سنوات |
| زيادة إنتاج الطاقة المتجددة | تعزيز توليد الطاقة المتجددة من مصادر الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية. | enpm لفئة OthRenew، والتي تشمل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية محرفة إلى 2 على مدى 10 سنوات. |
| التوسع في الوصول إلى الكهرباء | يتوسع الوصول إلى الكهرباء بين السكان. | تمت زيادة Infraelecaccm من موضعه الأصلي البالغ 0.55 إلى 1 على مدى 10 سنوات. |
| تحسين الأمن | يتحسن الوضع الأمني ويتراجع الصراع إذا قيس باحتمالية الصراع وحجمه. | تم تخفيض sfintlwaradd، وهو مقياس لاحتمالية الحرب الداخلية في سنة التنبؤ، إلى 2-، في حين تم تخفيض sfintlwarmagm، الذي يقيس حجم الحرب، إلى 0.8، وكلاهما على مدى 10 سنوات. |
| التحويلات النقدية للأسر الفقيرة | تتزايد التحويلات النقدية ويتم توجيهها نحو الأسر الفقيرة. | تمت زيادة govhhtrnwelm إلى 1.4 على مدى 20 عامًا، موجهًا نحو الأسر غير الماهرة. |
| تحسين فعالية الحكومة | تتحسن فعالية الحكومة، وفقاً لمؤشرات الحكم العالمية الصادرة عن البنك الدولي. | يتم زيادة goveffectm تأثير الحكومة إلى 1.5 على مدى 10 سنوات. |
| مشاركة الإناث في القوى العاملة | مشاركة المرأة في القوى العاملة تنمو. | يتم زيادة labparm للإناث إلى 1.5 خلال 10 سنوات. |

# الملحق 2: مقارنات النمذجة المناخية

كثيرًا ما تُستخدم نماذج المناخ العالمية للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية، عالميًا وإقليميًا، باستخدام سيناريوهات أو مسارات مختلفة للمضي قدمًا نحو المستقبل بسبب الزيادات في انبعاثات غازات الدفيئة. لقد زادت نماذج المناخ العالمية والإقليمية تدريجياً من الدقة المكانية وتعقيد النمذجة على مدى الأجيال العديدة الماضية من تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. الدقة المكانية النموذجية للجيل الحالي هي في حدود 1 إلى 2 درجة من خط العرض و1 إلى 2 درجة من خط الطول. على الرغم من توفر نماذج عالية الدقة لمناطق مماثلة في الحجم لليمن، والتي يبلغ حجمها حوالي 10 درجات من خط الطول و 6 درجات من خط العرض، فقد واجهت النماذج صعوبة في تحديد هطول الأمطار على التضاريس المعقدة بشكل خاص. قد تظهر النماذج أيضًا تحيزات إقليمية فيما يتعلق بعلم المناخ والتقلب الزمني والمكاني. تتم مناقشة أوجه عدم اليقين هذه هنا في سياق ما تمت ملاحظته بالنسبة لتقلب المناخ في اليمن واتجاهاته وظواهره المتطرفة على المستوى دون الوطني وعلى فترات زمنية موسمية إلى دون موسمية. تُستخدم هذه التحليلات لتقييم عمليات محاكاة النماذج المناخية وتوفير خطوط الأساس للتوقعات المناخية.

يستخدم هذا التقرير بيانات هطول الأمطار التي تحظى بتقدير كبير من مركز مخاطر المناخ بجامعة كاليفورنيا سانتا باربرا (CHIRPS v2) وبيانات درجة الحرارة من وحدة أبحاث المناخ بجامعة إيست أنجليا (CRU v4.07). تسمح بيانات CHIRPS بفحص هطول الأمطار لمدة 10 أيام من عام 1981 حتى يومنا هذا بدقة مكانية عالية جدًا. تتمتع بيانات وحدة أبحاث المناخ بدقة مكانية تبلغ 0.5 درجة من خط العرض و0.5 درجة من خط الطول.

تبحث الأبحاث الحديثة (جادين وليباندا 2023)، والمشار إليها فيما يلي باسم GL2023، في أحداث هطول الأمطار الغزيرة المستقبلية في اليمن وفقًا لأحدث النماذج المناخية لمشروع المقارنة بين النماذج المقترنة (CMIP6) التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. ويعتمد هذا التقرير على تلك الفحوصات ويحلل النماذج الأفضل أداءً لتقييم عدم وضوح التوقعات المستقبلية داخل اليمن. وباستخدام التقنيات الإحصائية، يتم إنتاج مجموعة من المسارات المستقبلية المحتملة لهذه المقاييس، تليها مناقشة نطاق عدم اليقين.

## النتائج

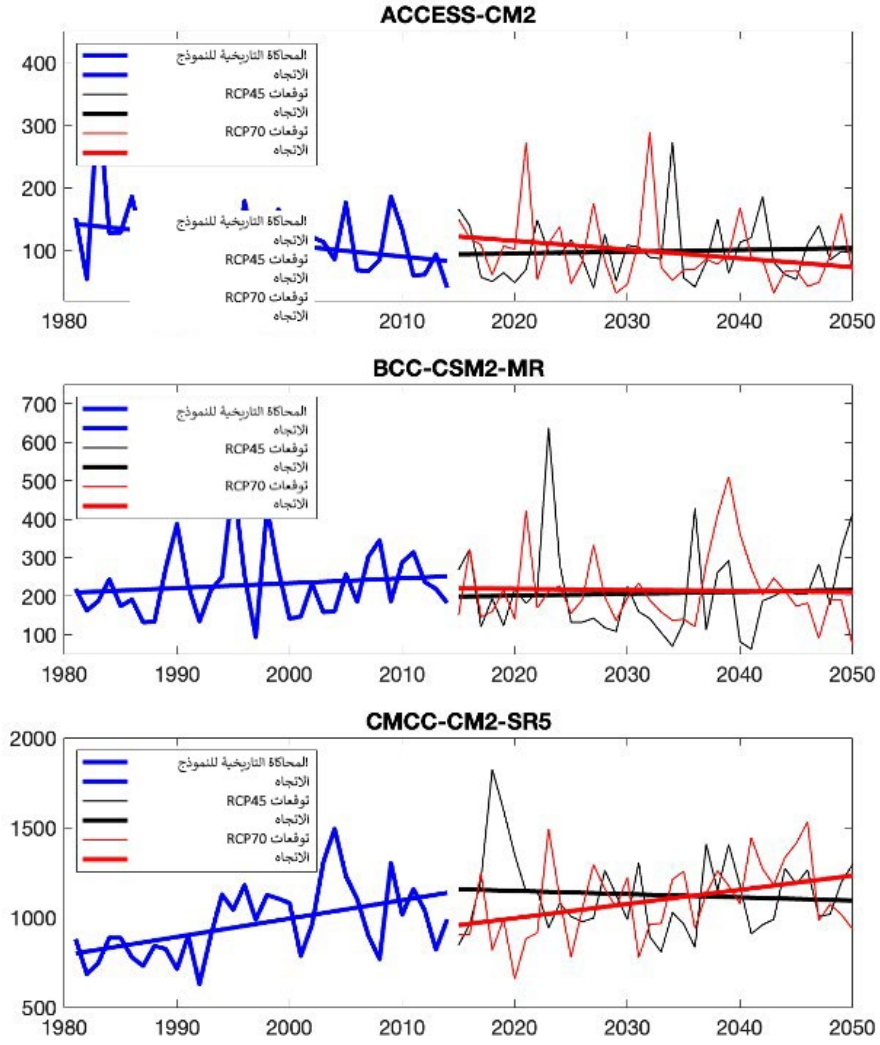
من بين 11 نموذجًا مناخيًا تم اختبارها في دراسة GL2023، كانت ثلاثة نماذج (ACCESS وBCC وCMCC) هي الأفضل أداءً. ونظرًا لاختلاف أداء النماذج المناخية، فمن الممارسات السليمة في إنشاء مجموعة متعددة النماذج، باستخدام ثلاثة نماذج على الأقل على مدى فترة لا تقل عن 20 عامًا، عند تقييم المعلمات المناخية المعنية. استخدمت الدراسة مخطط تايلور لمقارنة البيانات المرجعية المرصودة (CHIRPSv2) مع 11 نموذجًا مناخيًا، وفحص معامل الارتباط، وجذر متوسط مربع الفرق، والانحراف المعياري في مخطط رياضي واحد. تم دمج النموذجين الأفضل أداءً من بين 11 نموذجًا في مجموعة، مع تجاهل النماذج الأخرى. تم تقييم منطقتين في اليمن، المرتفعات الغربية وساحل البحر الأحمر/سهل تهامة. استخدمت الدراسة ثلاثة مقاييس لتقييم كثافة هطول الأمطار الغزيرة وتكرارها. بشكل عام، لا سيما في المرتفعات، وجد المؤلفون "ارتباطات ضعيفة ومتناقضة في كثير من الأحيان بين نماذج CMIP6 الفردية ومجموعة البيانات المرجعية" (جادين وليباندا 2023، ص 5).

بالنسبة لساحل البحر الأحمر (الشكل A.2.1)، كان النموذجان الأفضل أداءً وفقًا لـ GL2023 هما CMCC وBCC-CSM2 (مع معاملات ارتباط تصل إلى 0.3). بالنسبة للمرتفعات (الشكل A.2.2)، كان النموذجان الأفضل أداءً هما ACCESS وBCC-CSM2 (مع معامل ارتباط قدره R~.2 إلى R~.3). في كلتا المنطقتين، وجد GL2023 أن استخدام المجموعات أظهر تحسنًا متواضعًا مقارنة بالنماذج الفردية وحدها، خاصة على الساحل (إلى R~.6 وR~.5، على التوالي).

تمكنت عمليات المحاكاة النموذجية خلال الفترة المرجعية التاريخية للمجموعة (1981 إلى 2005) من إعادة إنتاج بعض السمات واسعة النطاق للملاحظات بشكل صحيح، مثل محاكاة هطول الأمطار الغزيرة على المرتفعات وإظهار التدرج بين الشرق والغرب في هطول الأمطار. ومع ذلك، أظهرت النماذج الموجودة في المجموعات عددًا من أوجه القصور فيما يتعلق بالبيانات المرجعية لـ CHIRPS.

تميل المجموعات إلى المبالغة في تقدير هطول الأمطار المناخية، وخاصة على المنطقة الساحلية (الشكل 1). وكانت الاختلافات الكبيرة واضحة أيضًا في الاتجاهات المكانية. اختلفت النماذج الثلاثة المستخدمة حول اتجاه هطول الأمطار السنوي من عام 1981 إلى عام 2014. وانتهت عمليات المحاكاة التاريخية النموذجية في عام 2014 مع بدء التوقعات في عام 2015. ولم يُظهر أي من النماذج الزيادة الواضحة الأخيرة (2015 إلى 2022) في هطول الأمطار التي تم ملاحظتها. نموذج ACCESS يشبه إلى حد كبير الجفاف الملحوظ خلال الفترة المرجعية. قام نموذج CMCC بمحاكاة اتجاه ترطيب قوي خلال نفس الفترة. فيما يتعلق بإسقاطات النموذج، كانت الميزة المدهشة هي الاختلاف في إشارة الاتجاهات المتوقعة بين سيناريوهات RCP 4.5 وRCP 7.0 لكل نموذج. وتؤكد هذه النتائج أن هناك قدرًا كبيرًا من عدم الوضوح في التوقعات المناخية المستقبلية، حتى بالنسبة لهذه النماذج الأفضل أداءً.

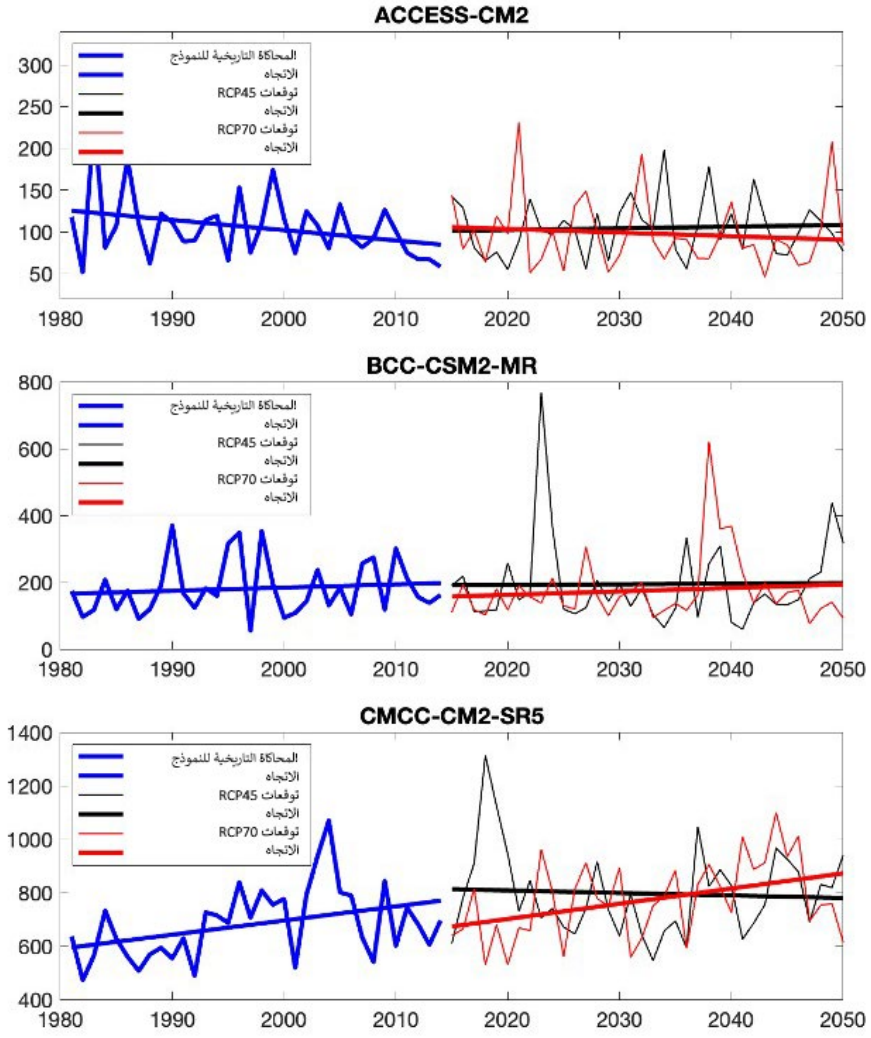
الشكل A.2.1: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار السنوي في المنطقة الساحلية، لثلاثة نماذج مناخية تابعة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (CMIP6)




قام النموذج الثالث من نماذج CMIP6 الثلاثة (CMCC) بمحاكاة تقلب هطول الأمطار من سنة إلى أخرى في المرتفعات والذي كان أكبر بكثير مما كان عليه في الملاحظات خلال الفترة المرجعية من 1981 إلى 2005 (الشكل A.2.2). اختلفت النماذج الثلاثة المستخدمة مع بعضها البعض فيما يتعلق بالاتجاه في هطول الأمطار السنوي من عام 1981 إلى عام 2014. وكما هو الحال في الحالة الساحلية، اختلفت الاتجاهات المستقبلية المتوقعة أيضًا مع بعضها البعض، لا سيما فيما يتعلق بالعلامة المعاكسة للاتجاهات في إطار سيناريوهات مسار التركيز النموذجي RCP 4.5 وRCP 7.0 تُظهر دراسة GL2023، التي تستخدم وظائف الكثافة الاحتمالية التجريبية من سيناريوهات النموذج، أدلة داعمة قيمة للشكل المتغير لتوزيع هطول الأمطار نحو أحداث هطول الأمطار الغزيرة مع زيادة التركيز الإشعاعي.

تفيد الدراسة: "من المتوقع (أيضًا) أن يزداد عدد أيام هطول الأمطار الغزيرة (R10 ملم) بشكل كبير مع تقلب أكبر في ظل SSP5-8.5 مقارنة بسيناريو " SSP2-4.5. ويمضي التقرير ليذكر أنه "..مع وجود حالات شاذة تصل إلى 110 ملم سنويًا، من المتوقع مرة أخرى أن تكون أحداث هطول الأمطار الغزيرة (R95p) أكثر كثافة على المرتفعات مقارنة بساحل البحر الأحمر وسهل تهامة. ومع ذلك، في كلتا الحالتين، من المتوقع هطول الأمطار الغزيرة على الأجزاء الجنوبية من ذمار وريمة وإب والضالع وأجزاء من شرق تعز. بحلول منتصف القرن، نلاحظ تدرجًا هبوطيًا لهطول الأمطار الغزيرة من الشمال إلى الجنوب من ساحل البحر الأحمر ومنطقة سهل تهامة، ومن المتوقع أن يشهد جنوب الحديدة هطول أمطار غزيرة تتراوح بين 75 و 80 ملم تحت SSP2-4.5. نسبة إلى فترة خط الأساس 1981-2005" (جادين وليباندا 2023، ص 8).

الشكل A.2.2: الجداول الزمنية لإجمالي هطول الأمطار السنوي لمنطقة المرتفعات في ثلاثة نماذج مناخية تابعة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة - المرحلة 6 (CMIP6).




## ملخص واستنتاجات

توفر دراسة النمذجة الأخيرة التي أجراها GL2023 فحصًا ناقداً و قيمًا لأداء النماذج المناخية الحديثة والحالية من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة - المرحلة 6 لهيئة المناخ IPCC CMIP6. في حين أنه ليس من المستغرب أن النماذج المناخية غير قادرة على حل التضاريس المعقدة لليمن بشكل كامل فيما يتعلق بمحاكاة وتوقعات هطول الأمطار، فمن المفيد للغاية التأكد من وجود هذه الشكوك. على الرغم من هذه الشكوك، يكشف مؤلفو GL2023 أيضًا عن دليل نموذجي يدعم الزيادات الملحوظة في تقلب هطول الأمطار، من حيث تصاعد الشدة والتكرار في التوقعات المستقبلية. تعتبر هذه التنبؤات الخاصة بهطول الأمطار الغزيرة في المستقبل في مخرجات النموذج واقعية بناءً على الملاحظات، خاصة إذا كانت السنوات الأخيرة مؤشرًا قويًا.

حقوق الطبع والنشر 2023

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)
شارع الستين
صندوق بريد: 551 صنعاء الجمهورية اليمنية

الموقع الإلكتروني: https://www.undp.org/yemen

كل الحقوق محفوظة. لا يجوز إعادة إنتاج أي جزء من هذا المنشور أو تخزينه في نظام استرجاع أو نقله بأي شكل أو بأي وسيلة، إلكترونية أو ميكانيكية أو تصويرية أو تسجيلية أو غير ذلك، دون الحصول على إذن مسبق من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.