مناخ سلطنة عمان: الأسس العلمية، ورصد لأهم مؤشرات التغيرات المناخية

د. سالم بن مبارك الحتروشي

قسم الجغرافيا – جامعة السلطان قابوس

email:hatrushi@squ.edu.om

مناخ سلطنة عمان: الأسس العلمية، ورصد لأهم مؤشرات التغيرات المناخية

د. سالم بن مبارك الحتروشي
قسم الجغرافيا – جامعة السلطان قابوس
email:hatrushi@squ.edu.om

ملخص:

إن الصورة النمطية لمناخ سلطنة عمان هي تميزها بسمات المناخ الصحراوي الحار والجاف. وقد رسمت هذه السمات المناخية بناءا على دراسات عامة ووصفية سابقة. وتهتم هذه الدراسة بتشخيص العوامل الجوية الموثرة في مناخ سلطنة عمان، كما تسعى إلى إبراز التنوع المناخي الذي تحضي به، وإلى رصد مؤشرات التغيرات المناخية في السلطنة. وقد اعتمدت الدراسة على طيف واسع من البيانات المتمثلة في بيانات الأقمار الإصطناعية، ومخرجات النماذج الرقمية، وبيانات محطات الأرصاد الجوية العمانية. كما اعتمدت على التحليل الإحصائي لاستقصاء قيم الاتجاه العام في درجات الحرارة، و على نماذج الاستكمال ألمجالي لإنتاج خرائط التوزيع المجالي للحرارة والأمطار. وبينت النتائج وجود تنوع كبير في مناخ سلطنة عمان، كما تم رصد ارتفاع في درجات الحرارة بمستويات متسقة مع المعدلات المرصودة في عدة بقاع من العالم. أما الأمطار فهي أكثر تذبذبا، حيث تبين وجود فترات جفاف طويلة نسبيا مما يؤثر بشكل كبير على تغذية خزانات المياه الجوفية.

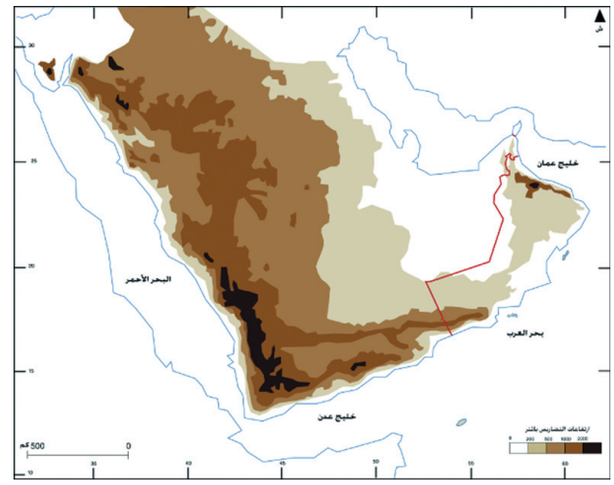
١-المقدمة:

تقع سلطنة عمان في الركن الجنوبي الشرقي من الجزيرة العربية و تمتد بين دائرتي العرض ١٦° و٣٩′ و ٢٦ ° و٣٠′ شمال خط الاستواء و بين خطي الطول ٥٢° و٥٩° درجة و٥٠′ شرق خط غرينتش (الشكل ١). هذا الموقع الفلكي يجعل سلطنة عمان في قلب المنطقة المدارية وما تتميز به من خصائص مناخية. والى جانب الموقع الفلكي، يتأثر المناخ في السلطنة، كما هو في كل مكان، بعدة عوامل يأتي في مقدمتها عامل الارتفاع عن مستوى سطح البحر، وعامل القرب والبعد عن البحر. هذه العوامل خلقت تنوعا في المناخ المحلي للسلطنة. فمن المناخ الصحراوي الجاف والشديد الحرارة في صحراء الربع الخالي، إلى المناخ المعتدل شتاء في جبال الحجر، إلى المناخ شبه الصحراوي في السهول الساحلية والسهول المحاذية للجبال. كما تتأثر السلطنة بحالات المناخ الاستثنائية وخاصة الأعاصير المدارية، حيث انه في غضون الخمس سنوات الماضية تأثرت السلطنة بحدوث إعصارين مدارين، جونو في ٢٠٠٧ و فيت في ٢٠١٠، إضافة إلى منخفضين مداريين متعمقين في شهر نوفمبر ٢٠١١.

لم يحض منـــاخ الســـلطنة بدراســـات علميـــة معمقـــة ومستفيضة. ويعتبر كتاب شولتز (Shultz، 1980) أولى المرجعيات العلمية المنشورة حول جغرافية سلطنة عمان بما في ذلك مناخ السلطنة. وفي الفترة الأخيرة استأثرت بعض عناصر المناخ وخاصة عنصر الأمطار بدراسات علمية مستفيضة تعلقت اساسا بفهم الآليات الجوية المتحكمة فى الأمطار في شمال وجنوب السلطنة، ومنها (Charabi، 2009; Charabi and Al-Hatrushi، 2010). كما تطرقت دراسة (Kawrteng et al، 2009) الى ابراز الخصائص التكرارية للأمطار في السلطنة خلال الفترة الممتدة من ١٩٧٧ الى ٢٠٠٣. كما افرز إعصار جونو والذي ضرب السواحل العمانية في يونيو ٢٠٠٧، كما كبيرا من الأبحاث و الدراسات العلمية حول تكرارية هذه الظواهر المناخية الأستثنائية و تاثيراتها البيئية و الأقتصادية (Charabi with Al-Hatrushi، 2010; Al-Hatrushi and Charabi، 2010).

تسعى هذه الدراسة إلى إبراز الخصائص العلمية المؤثرة في مناخ سلطنة عمان إستنادا إلى البيانات الدقيقة التي توفرها أحدث وسائل القياس والتحليل والنمذجة. كما تهتم الدراسة بإبراز التنوع المناخي الذي تحضي به السلطنة، وإلى رصد مؤشرات التغيرات المناخية، وهو موضوع لم يتم التطرق إليه بعد، نظرا لعدم توفر سجل مناخي طويل يعتمد عليه في ذلك. وتعتمد هذه الدراسة على طيف واسع من البيانات والمتمثلة خاصة في بيانات الأقمار الإصطناعية، ومخرجات النماذج الرقمية، وبيانات محطات الأرصاد الجوية العمانية. كما إعتمدت الدراسة على التحليل الإحصائي لإستقصاء قيم الإتجاه العام في درجات الحرارة، كما إعتمدت على نماذج الإستكمال ألمجالي لإنتاج خرائط التوزيع المجالي للحرارة والأمطار في السلطنة. ويهتم الشق الأول من هذه الدراسة بتحليل العوامل الجوية المتحكمة في التنوع المناخي في السلطنة، وتحليل سمات هذا التنوع استنادا إلى عنصري

الحرارة والأمطار. بينما يتطرق الشق الثاني من الدراسة الى رصد مؤشرات التغير المناخي في سلطنة عمان.



الشكل ١. موقع سلطنة عمان

٢. البيانات و منهجية البحث

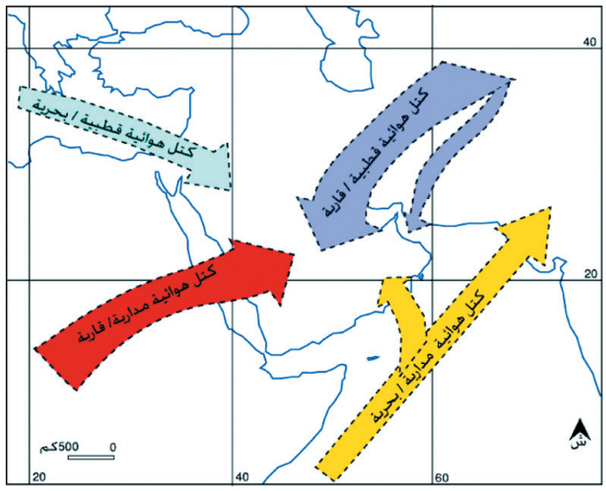
إعتمدت هذه الدراسة على طيف واسع من البيانات المستمدة من قياسات محطات الأرصاد الجوية العمانية، ومن بيانات الأقمار الاصطناعية، ومخرجات النماذج الرقمية. و توجد في سلطنة عمان ٢٩ محطة ارصاد جوية وقع تركيزها خلال فترات زمنية متباينة. وقد استعملت بيانات الحرارة والأمطار لكل هذه المحطات، والمسجلة خلال العشر سنوات الماضية من ٢٠٠٠ الى ٢٠١٠ لبناء نماذج التوزع الحراري والمطري في السلطنة وذلك بواسطة نماذج الإستكمال المجالي (Interpolation Models). كما تم اختيار ٧ محطات أرصاد جوية تميزت باسترسال بياناتها على فترة زمنية طويلة (١٩٨٥ الى ٢٠٠٧) لأستقصاء مستويات التغير في الدرجات الدنيا والقصوى لحرارة الهواء وذلك بالاستناد إلى المعالجة الرياضية القائمة على الأنحدار الخطي البسيط (Simple linear regression). كما استعملت بيانات الأمطار لقياس مؤشر شذوذ التهطال (The normalized rainfall anomaly) و ذلك استنادا الى الطريقة التي إستعملها Charabi and Al-Hatrushi. 2010.

كما تم الإعتماد على مخرجات النماذج العددية و بيانات الأقمار الأصطناعية و التى يوفرها المركز الأمريكي للتنبئوات البيئية (National Centers for Environmental Prediction (NCEP). و توفر هذه البيانات معلومات أساسية و تفصيلية عن الوضعية الجوية لكامل الكرة الأرضية. وقد إستندت الدراسة الى هذا المصدر لتبيان العوامل الجوية المؤثرة في مناخ السلطنة من خلال التكيز على عنصري الكتل الهوائية و خصوصيات الحركة الجوية الفصلية على السلطنة ومحيطها الأقليمي.

كما إستندت الدراسة الى مخرجات النماذج العددية للتنبؤات الجوية للمدرية العامة للأرصاد والملاحة الجوية في عمان، التي مكنت من اجراء محاكاة لتوزع متوسطات درجات الحرارة على المستوى المحلي لسنة ٢٠٠٩. و استعملت هذه المحاكات في اجراء تنطيق للمناخات المحلية بالسلطنة.

٣. العوامل الجوية المؤثرة في مناخ السلطنة

تتأثر حالة الطقس في سلطنة عمان على مدار العام إلى تدفق أربع كتل هوائية تحدد طبيعة مناخ السلطنة. ففي خلال فصل الشتاء تتدفق كتل هوائية قطبية/قارية، وقطبية/بحرية. وخلال فصل الصيف تتدفق كتل هوائية مدارية/بحرية، وكتل مدارية/قارية (الشكل ٢). فمع ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف تصبح الجزيرة العربية مصدرا لكتل هوائية مدارية/ قارية من شأنها التأثير بشكل مباشر على حالة الطقس في سلطنة عمان.



الشكل ٢. مصادر الكتل الهوائية المؤثرة على الطقس في سلطنة عمان على مدار العام

١,٣. الكتل الهوائية

١,١,٣. الكتل الهوائية القطبية/القارية

إن الكتل الهوائية القطبية/القارية التي تجتاح سلطنة عمان خلال فصل الشتاء (ديسمبر إلى فبراير) ، مصدرها المرتفع الجوي السيبيري القادم من وسط القارة الأسيوية، وتكون حركة الرياح في هذا النظام من الشمال الشرقي، وبسبب ذلك تكون السلطنة وجنوب غرب آسيا تحت تأثير رياح شمالية شرقية باردة وجافة، ويكون الجو في هذه الفترة خاليا من السحب. وتتميز هذه الكتل ببرودتها خاصة بالقرب من سطح الأرض، والناجم عن التبريد الإشعاعي الكبير الناتج عن عمليات الانقلاب الحراري، الذي يحدث خلال ليالي الشتاء الطويلة الباردة ذات السماء الصافية والرياح الساكنة. ففي الوضعية العادية تنخفض درجات الحرارة مع الارتفاع لكن هذه الوضعية تنعكس في فصل الشتاء لتصبح الحرارة تزيد مع الارتفاع انطلاق من سطح الأرض. ومن نتائج الانقلاب الحراري الشتوي انحصار طبقات هوائية باردة ملامسة لسطح الأرض، تعلوها طبقات هوائة حارة، مما يفرز حالة جوية مستقرة غير ملائمة لظهور السحب. ومن أهم ملامح الكتل الهوائية القطبية/القارية الشتوية على سلطنة عمان تواتر طقس بارد وجاف مع سماء منقشعة. هذا وتلعب جبال زاجروس في إيران دورا هاما في حماية سلطنة عمان من موجات البرد، والتي تجتاح في العادة وسط القارة الآسيوية. وفي حالات استثنائية، ونتيجة لزيادة مفاجئة في قوة التيار الهوائي القطبي/القاري، يمكن أن تظهر زخات مطرية على سواحل بحر عمان ناتجة عن عواصف رعدية، لأن الهواء البارد والجاف المصاحب للتيار القطبي/القاري يكون قد تشبع ببعض الرطوبة نتيجة لمروره فوق المسطحات المائية لبحر عمان Ghaznafar and Fisher. 1998.

٢,١,٣. الكتل الهوائية القطبية/البحرية

بصفة استثنائية يتعرض شمال سلطنة عمان الى مؤثرات الكتل الهوائية القطبية/البحرية والتي تعود في منشأها الأصلي إلى نطاق الضغط الجوي المرتفع فوق النصف الشمالي للمحيط الأطلنطي. هذه الكتل الهوائية القطبية/ البحرية تجتاح شمال سلطنة عمان خلال فترات قصيرة جدا من الأشهر الشتوية، وتكون مصحوبة بمنظومة جوية متحركة ومتنقلة من الغرب الى الشرق، فتهب رياح شمالية غربية عادة ما تكون أقل برودة من رياح الكتل الهوائية القطبية/القارية. هذه المنظومات الجوية الناجمة عن منخفضات جوية وجبهات جوية دافئة، هي ذات تأثير ضعيف على سلطنة عمان، لأنها تكون قد جابت البحر المتوسط وشمال أفريقيا وشرق البحر المتوسط، ومناطق كبيرة من بلاد الشام قبل أن تصل إلى عمان. هذه المنخفضات والجبهات الجوية الدافئة عادة ما تلتقي مع التيار البارد المسيطر على سلطنة عمان مما يتسبب في حدوث زوابع رعدية تكون مصحوبة بأمطار على الشمال الغربي لسلطنة عمان Ghaznafar and Fisher. 1998.

٣,١,٣. الكتل الهوائية المدارية/القارية

تتكون الكتل الهوائية المدارية/القارية فوق الأراضي الحارة والجافة لشمال إفريقيا في أواخر فصل الربيع و بداية فصل الصيف. وتجتاح هذه الكتل الأجزاء الغربية والشمالية الغربية من سلطنة عمان، وتكون محملة بهواء حار وجاف من مصر والسودان، مما يتسبب فى إرتفاع درجات حرارة الهواء على المناطق الأنفة الذكر. وخلال فصل الصيف ونتيجة لإستقرار الحالة الجوية على الربع الخالي، تصبح هذه المنطقة مصدرا لكتل هوائية مدارية/قارية. وتتميز هذه الكتل الهوائية بشدة جفافها وإرتفاع درجة حرارتها، متجاوزة في معدلها العام ٤٥ درجة مئوية. ومن نتائج ذلك أن أعلى درجة حرارة على الإطلاق سجلت في سلطنة عمان كانت في الربع الخالي، وبالتحديد في منطقة فهود حيث بلغت درجة حرارة الهواء ٥٠,٧ درجة مئوية في ٦ يونيو١٩٩٠. ويتسبب إرتفاع حرارة السطح في مناطق الربع الخالي الى تولد تيارات هوائية متصاعدة، محملة معها ذرات الغبار إلى الطبقات الجوية الوسطى (إرتفاع ٤٥٠٠ متر) مما يؤدي الى حدوث عواصف ترابية على المناطق الشمالية للسلطنة.

٤,١,٣. الكتل الهوائية المدارية/ البحرية

مع تقدم فصل الصيف يبدأ خط الإستواء الحراري في التحرك نحو النصف الشمالي للمحيط الهندي وبحر العرب، مدفوعا بالأحترار التدريجي لهذه المناطق تحت تأثير الإشعاع الشمسي المتعامد، مما يؤدي إلى نشاط واضح للرياح الجنوبية الغربية بإتجاه شبه القارة الهندية.

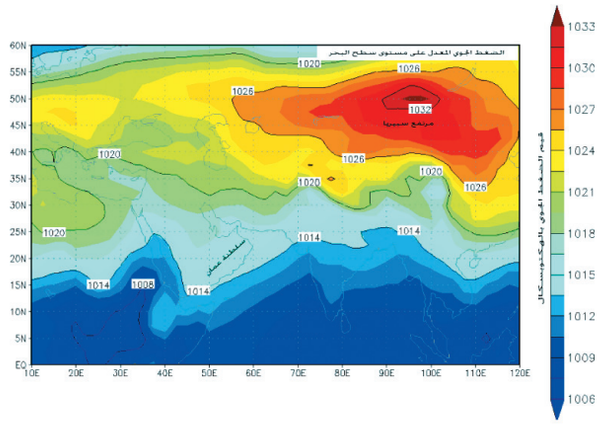
وخط الإستواء الحراري هو عبارة عن حزام متواصل من المنخفضات الجوية، والتي تبلغ جنوب سلطنة عمان في أواخر شهر يونيو. وتكون هذه المنخفضات الجوية محملة بكتل هوائية دافئة ومشبعة بالرطوبة، والتي تتسبب سنويا في ظاهرة الأمطار الموسمية على محافظة ظفار. لكن يبقي أثر هذه المنخفضات الموسمية مقصورا على المرتفعات المطلة على الشريط الساحلي، ولا يتعدى نفاذها في داخل محافظة ظفار أكثر من ١٢٠ كم على أقصى تقدير. و محدودية هذا التأثير وإقتصارها على هذا الشريط الضيق يعود إلى عامل الصد، الذي تقوم به الكتل الهوائية القارية المدارية المستقرة على جزء كبير من صحراء الربع الخالي خلال فصل الصيف، وكذلك جبال ظفار. وفي فصل الصيف أيضا، يؤدي إرتفاع معدلات الرطوبة النسبية في المناطق الساحلية إلى هطول الأمطار التضاريسية في شمال عمان نتيجة لصعود بخار الماء إلى أعلى السلاسل الجبلية لجبال الحجر Charabi, 2009.

٢,٣. الحركة الجوية العامة على سلطنة عمان

١,٢,٣. الحركة الجوية خلال فصل «الشتاء» (ديسمبر/ فبراير)

يمكن إعتبار أشهر ديسمبر ويناير وفبراير، وامتداده في بعض الحالات إلى النصف الأول من شهر مارس، فصل«الشتاء» في سلطنة عمان. حيث انه خلال هذه الفترة تكون السلطنة تحت تأثير مرتفع سيبيريا المتمركز على وسط القارة الأسيوية (الشكل ٣). ويسير، هذا المرتفع من الضغط الجوي نحو سلطنة عمان، رياح شمالية شرقية. فيكون الطقس الغالب على السلطنة في هذه الفترة جاف وبارد نسبيا مع سماء صافية ليلا ونهارا. وعلى الرغم من تسمية هذه الوضعية الجوية «بالموسميات الشمالية الشرقية»، إلا أن هذه الرياح تتعرض الى تأثيرين اثنين قبل بلوغها سلطنة عمان. حيث تتأثر هذه الرياح بجبال زجروس في إيران، التي تقوم بصد الرياح الشمالية الشرقية، فيؤدي ذلك الى ابطاء سرعة تحركها، مما يجعلها تحتر وتتحمل بالرطوبة أثناء مرورها على المسطحات المائية، فتصل إلى الأجزاء الشمالية لسلطنة عمان دافئة نسبيا. ويصطلح على تسمية هذه الرياح محليا في المناطق الشمالية لسلطنة عمان والمناطق الشرقية لجبال الحجر برياح «الشمال».

يكون الطقس في هذه الفترة من السنة خالي من السحب ومستقر. ولكن وبصفة إستثنائية، وبسبب تسرب تيارات هوائية باردة وقوية من القطاع الشمالي الشرقي، والتي تتفاعل مع «الموسميات الشمالية الشرقية» التي إكتسبت دفئا ورطوبة بفعل مرورها على المسطحات البحرية، مما يؤدي الى حدوث عواصف رعدية مصحوبة بتساقطات مطرية على الأجزاء الشمالية الشرقية لسلطنة عمان. لكن هذه الوضعية الجوية الممطرة تبقى إستثنائية بإعتبار ان اهم التساقطات المطرية الشتوية على شمال السلطنة تكون على صلة بالمنخفضات الجوية المتحركة، والمتنقلة من الغرب نحو الشرق. وتتكون هذه المنخفضات الجوية على شمال أفريقيا، والبحر المتوسط، وتبلغ المناطق الشمالية للسلطنة بفعل التيار الهوائي الغربي المسيطر على الطبقات الجوية العليا، وذلك بتردد شهري يتراوح بين ٤ الى ٥ منخفضات. هذه المنخفضات لا تدوم في العادة طويلا، حيث تواصل تنقلها بإتجاه الشرق نحو باكستان. لكن قد يحدث، وبصفة استثنائية بقاء هذه المنخفضات الجوية لبضعة أيام، إذا ما توفرت الوضعية الجوية الملائمة لذلك. فعلى سبيل المثال و خلال شهر ديسمبر ١٩٩٥ و نتيجة للأمتداد المرتفع الجوى السيبيري إلى أوروبا الغربية، مما كون حالة صد جوي أرغمت المنخفضات الجوية على البقاء فترة زمنية اطول على الأجزاء الشمالية لسلطنة عمان. ومن نتائج ذلك تسجيل كميات مطرية قياسية تفوق بكثير المعدلات الأعتيادية حيث سجل في محطة خصب بمسندم ٢٨٣ مم و٢٠٠ مم على جبال الحجر الشرقي و ١١٣ مم في محطة السيب.

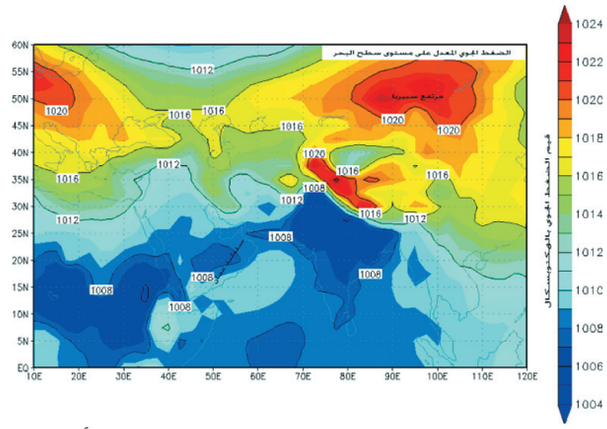


الشكل ٣. توزع مراكز الضغط الجوي المؤثرة على الأحوال الجوية في سلطنة عمان خلال فصل الشتاء

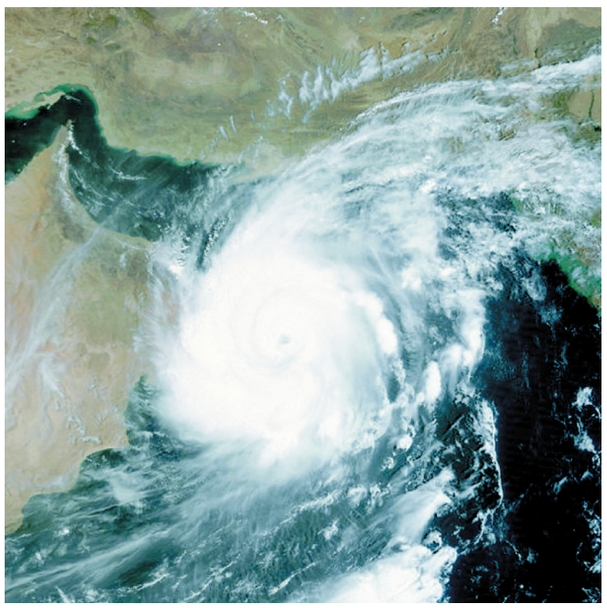
٢,٢,٣. الحركة الجوية خلال الأشهر الإنتقالية لفصل الربيع (مارس/ مايو)

يصلح على تسمية أشهر مارس وابريل ومايو بالأشهر الانتقالية لفصل الربيع، تبعا لأن حالة الطقس العامة على سلطنة عمان تكون نتاجا للتضاعف المستمر للمنخفضات الجوية المتحركة والمتنقلة من الشرق إلى الغرب، وللتغيرات في الضغط الجوي على القارة الأسيوية وبحر العرب. وتحدث هذه التغيرات في فترة زمنية قصيرة، حيث يبدأ المرتفع الجوي السيبيري في التزحزح والتقهقر والتقلص ألمجالي بفعل زحف خط الاستواء الحراري التدريجي على بحر العرب (الشكل ٤). كما تتميز هذه الفترة من السنة بتباين الفروق الحرارية بين البحر واليابس، وبين الأودية وقمم الجبال، مما يؤدي الى تكون حركة جوية موضعية تفضي إلى تكون أمطار تصاعدية كالتي تحدث على جبال الحجر.

وفي اتجاه الجنوب، و خلال هذه الفترة من العام، يتكون ما يعرف بنطاق عمان لالتقاء خلايا الضغط المنخفض يكون محوره خط عرض عشرين درجة شمالا، وعلى طول هذا النطاق تلتقي التيارات الشمالية الغربية القادمة من الخليج العربي بالتيارات الهوائية الجنوبية الشرقية المقبلة من بحر العرب. وتكون نتيجة هذا التصادم تكون حركة هوائية تصاعدية تفضي الى تكون منخفض جوي يؤدي إلى حدوث زخات مطرية على المنطقة الوسطى، التي هي أكثر المناطق جفافا في سلطنة عمان. فعلى سبيل الذكر تعرف منطقة فهود الواقعة على تخوم الربع الخالي ٦٠٪ من تساقطاتها المحدودة خلال هذه الأشهر. كذلك الشأن بالنسبة لجزيرة مصيرة التي تعرف ٥٠٪ من تساقطاتها خلال أشهر مارس وابريل ومايو. كما تتصف هذه الفترة بحدوث المنخفضات والعواصف والأعاصير المدارية التي يجتاح البعض منها سواحل سلطنة عمان نتيجة لإطلالة عمان على بحر العرب بسواحل طويلة، مما جعلها عرضة لمسار هذه الأعاصير المدارية بين فترة وأخرى. ومن أقوى الأعاصير المدارية التي عرفها بحر العرب، وأكثرها تدميرا، في السنوات الأخيرة، إعصار جونو الذي ضرب عمان في شهر يونيو ٢٠٠٧ (الشكل ٥)، وكذلك اعصار فيت في شهر يونيو ٢٠١٠، كما تعرضت السلطنة في شهر نوفمبر ٢٠١١ إلى منخفضين مداريين متعمقين متتاليين. وتتركز معظم هذه الأنواء المناخية في شهر يونيو وذلك نتيجة للأحترار التدريجي لمياه بحر العرب بحكم تعرضها لأشعة الشمسية المباشرة، مما يساهم في ازدياد كميات التبخر الذي يعتبر وقود العواصف والأعاصير المدارية.



الشكل ٤. توزع مراكز الضغط الجوي المؤثرة على الأحوال الجوية في سلطنة عمان خلال فصل الربيع



الشكل ٥. مرئية فضائية تم إلتقاطها بواسطة القمر الأصطناعي الأمريكي موديس للإعصار جونو وذلك في يوم ٥ يونيو ٢٠٠٧.

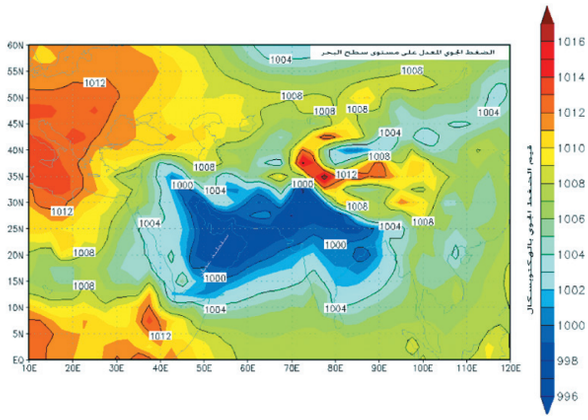
٣,٢,٣. الحركة الجوية خلال فصل الصيف (يونيو – سبتمبر)

فصل الصيف من الفصول الواضحة المعالم في سلطنة عمان، والذي يبدأ سنويا خلال شهر مايو وينتهي في نهاية شهر سبتمبر وبدايات شهر أكتوبر. ويتسم فصل الصيف بسماء خالية من السحب، وتكون درجات الحرارة مرتفعة حيث تعتبر درجات الحرارة الدنيا الليلية من أرفع درجات الحرارة في العالم على الإطلاق. وخلال الصيف تتكون

مجموعة متتابعة من المنخفضات الحرارية الغشائية والتي تتخذ من الشمال الغربي لشبه القارة الهندية وباكستان والربع الخالي مركزا لها. وهذه المنخفضات الحرارية الغشائية تتكون كنتيجة مباشرة لارتفاع حرارة سطح اليابسة. كما تتكون على شمال الجزيرة العربية، وبالأحرى على سهول نهري دجلة والفرات منخفضات حرارية تتسبب في هبوب العواصف الترابية على الأجزاء الشمالية من سلطنة عمان. وتبلغ هذه العواصف الترابية ذروتها في شهري يونيو ويوليو (الشكل ٦).

وبصفة عامة تساهم هذه السلسلة من المنخفضات الحرارية في ديناميكية التيار الهوائي الجنوبي الغربي (الرياح الموسمية الصيفية) الزاحف على بحر العرب من المحيط الهندي، والمتسبب في التساقطات المطرية الصيفية على مرتفعات ظفار، والمعروفة محليا بظاهرة «الخريف». كما يتسبب هذا التيار ألريحي في تدفق الضباب وتكون السحب المنخفضة من النوع ألركامي الطبقي على سهل صلالة ومرتفعات ظفار. لكن تدفق هذه الظاهرة الجوية نحو المناطق الداخلية من محافظة ظفار يصطدم بحاجز جبلي منيع. حيث تكون جبال ظفار المنتصبة على شكل هلالي، والتي يبلغ معدل ارتفاعها ١٢٠٠متر، سدا منيعا امام بلوغ السحب والضباب المناطق الصحراوية التي تكون في ظل المطر. وتتسبب هذه السحب ذات الأرتفاع المنخفض في نزول أمطار خفيفة تكون على شكل رذاذ خاصة في الليل وفي الصباح الباكر. وتتزايد الكميات المطرية تدريجيا من سهل صلالة في إتجاه المرتفعات الجبلية حيث تبلغ أقصاها في إرتفاعات تتراوح بين ٧٠٠ الى ٨٠٠ م.

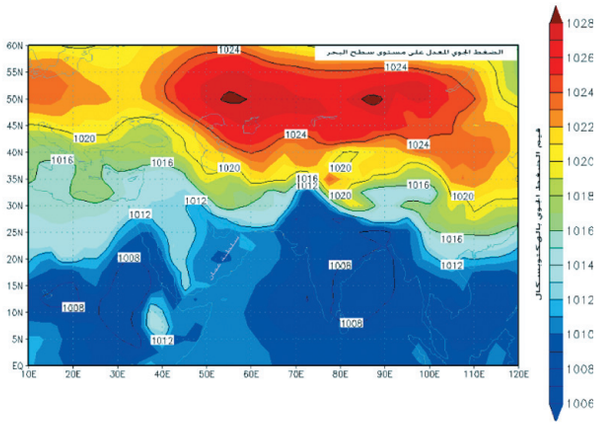
تساهم بعض العوامل المناخية المحلية، وخاصة نسيم البر والبحر، في نشأة حركة جوية محلية بين سلسلة جبال الحجر والسواحل المطلة عليها. ففي فصل الصيف، وبسبب ارتفاع الفوارق الحرارية بين اليابس والبحر، تنشأ هذه الحركة الهوائية بين المسطحات المائية لبحر عمان وسلسلة جبال الحجر، مما يتسبب في تكون امطار تضارسية بسبب تصاعد هذا النسيم البحري الرطب على طول السفوح، وتكثفه في القمم الجبلية، مما يدر أمطارا تضاريسية تفوق في معدلها ٣٠٠مم، يسقط أغلبه بين شهري يونيو وأغسطس.



الشكل ٦. توزع مراكز الضغط الجوي المؤثرة على الأحوال الجوية في سلطنة عمان خلال فصل الصيف

٤،٢،٣. الحركة الجوية خلال الأشهر الانتقالية لفصل «الخريف» (أكتوبر/نوفمبر)

يتميز شهري أكتوبر ونوفمبر بكونهما يمثلان الموسم الثاني في السنة لحدوث العواصف والأعاصير المدارية في سلطنة عمان. كذلك يمثلان فترة انتهاء انتهاء الرياح الموسمية الجنوبية الغربية الزاحفة على الأجزاء الجنوبية للسلطنة من بحر العرب، وبداية هبوب الرياح «الموسمية» الشمالية الشرقية على المناطق الشمالية للسلطنة، وذلك بفعل بداية تكون والمرتفع السيبيري (الشكل ٧). وبصفة عامة يعتبر هذا الفصل هادئ، ما عدى أنه فصل تكون فيه الوضعية الجوية مناسبة لحدوث المنخفضات والعواصف والأعاصير المدارية، مثل ما حدث في شهر نوفمبر ٢٠١١ حين اجتاح السلطنة منخفضين مداريين متعمقين متتاليين. كذلك في هذا الفصل تضعف حدة الأمطار التضاريسية على جبال الحجر، لكن يمكن أن تنزل بعض الزخات المطرية على المناطق الشمالية للسلطنة بفعل تزود التيار الهوائى القاري القادم من ايران بالرطوبة من بحر عمان. الا أنها تحدث أحينا في شهر نوفمبر.

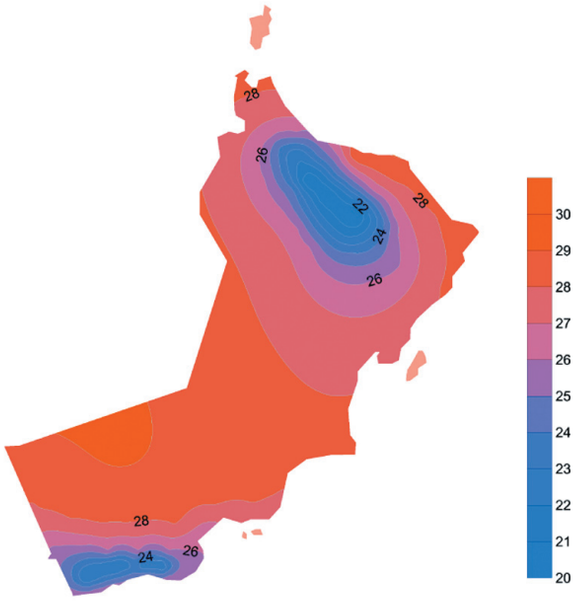


الشكل ٧. توزع مراكز الضغط الجوي المؤثرة على الأحوال الجوية في سلطنة عمان خلال فصل الخريف

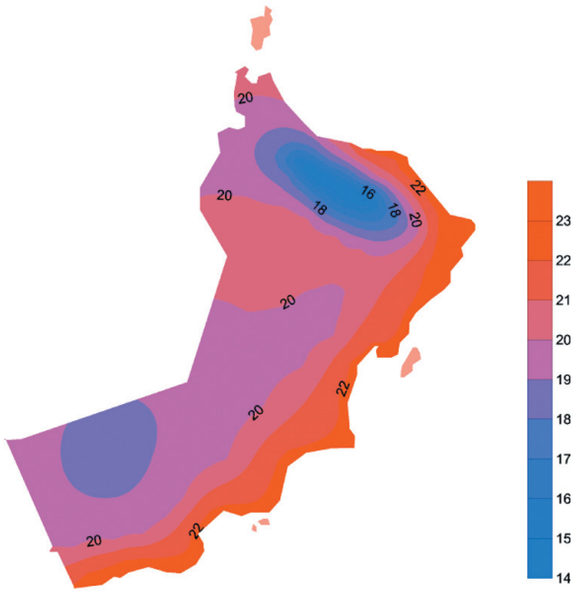
٤. عناصر التنوع المناخي في السلطنة

٤,١. التوزيع الحراري

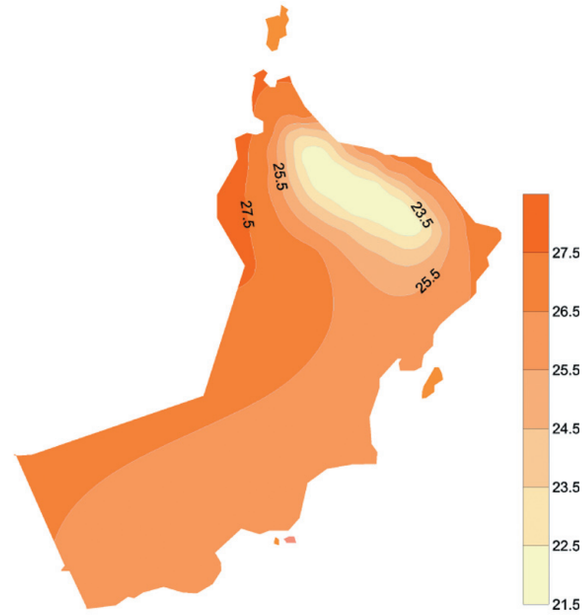
يخضع التوزيع الحراري في سلطنة عمان الى تغيرات فصلية، فأدنى المعدلات الحرارية تسجل خلال الأشهر «الشتوية» (ديسمبر- فبراير)، وارفع المعدلات الحرارية تسجل خلال الأشهر الصيفية (يونيو- سبتمبر). كما أن المعدلات الحرارية السنوية تتراوح بين ١٨ درجة مئوية على المناطق الشمالية الغربية المرتفعة للسلطنة، إلى ٤٠ درجة مئوية على المناطق الصحراوية الجنوبية الغربية (الشكل ٨). لكن هذا التوصيف العام تظهر به بعض الاستثناءات الحرارية، خاصة على طول المناطق الساحلية الجنوبية لسلطنة عمان، والواقعة تحت تأثير الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، حيث تنخفض درجات الحرارة في هذه المناطق الساحلية في شهري يونيو و يوليو وأغسطس. ويتجلى ذلك بوضوح في كل من قيرون حريتي وصلالة حيث أن المعدلات الحرارية لهذه المحطات تكون خلال هذه الفترة من السنة أقل ب ١٠ درجات مئوية من معظم بقية مناطق السلطنة. كما تنخفض درجات الحرارة على سلسلة جبال الحجر بمعدلات تتراوح بين ٨ إلى ١٠ درجات مقارنة بالمناطق الداخلية، وذلك تحت تأثير عامل انخفاض الحرارة مع الإرتفاع، والمقدر ب ٠,٦٥ درجة مئوية كل ١٠٠متر إرتفاعا عن سطح الأرض. وتسجل مناطق الربع الخالي أرفع المعدلات الحرارية السنوية على الإطلاق وذلك بفعل عامل القارية، أي البعد عن ساحل البحر، وتركز منخفضات حرارية في فصل الصيف. وبصفة عامة تتراوح المعدلات الحرارية السنوية في سلطنة عمان خلال فصل الشتاء بين ١٠و٢٦ درجة مئوية (الشكل ٩). وفي فصل الخريف بين ١٨و٣٠ درجة مئوية (الشكل ١٠) وفي فصل الربيع بين ٢٠ و٣٠ درجة مئوية (الشكل ١١)، متبعة في ذلك نسقا موحدا، حيث تنخفض تدريجيا من الشمال إلى الجنوب. أما في فصل الصيف فان المعدلات الحرارية السنوية تتراوح في مجملها بين ٢٧ و ٣٧ درجة مئوية مع و جود إستثناءات في المناطق الجبلية والمناطق الجنوبية الواقعة تحت تأثير الرياح الموسمية الجنوبية الغربية (الشكل ١٢).



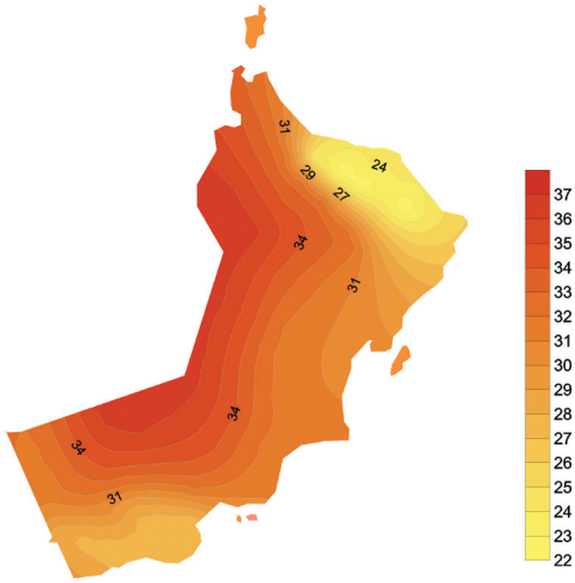
الشكل ٨. توزع متوسطات الحرارة السنوية بالدرجة المئوية في سلطنة عمان



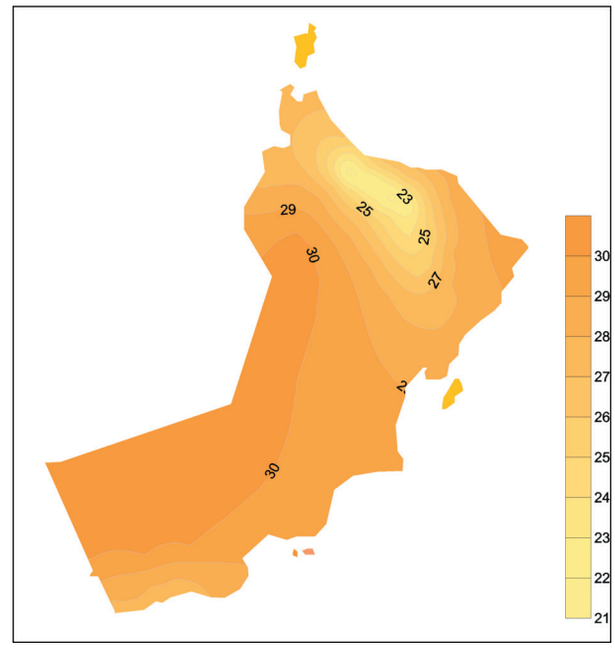
الشكل ٩. توزع متوسطات الحرارة خلال فصل الشتاء بالدرجة المئوية في سلطنة عمان



الشكل ١٠. توزع متوسطات الحرارة خلال فصل الخريف بالدرجة المئوية في سلطنة عمان



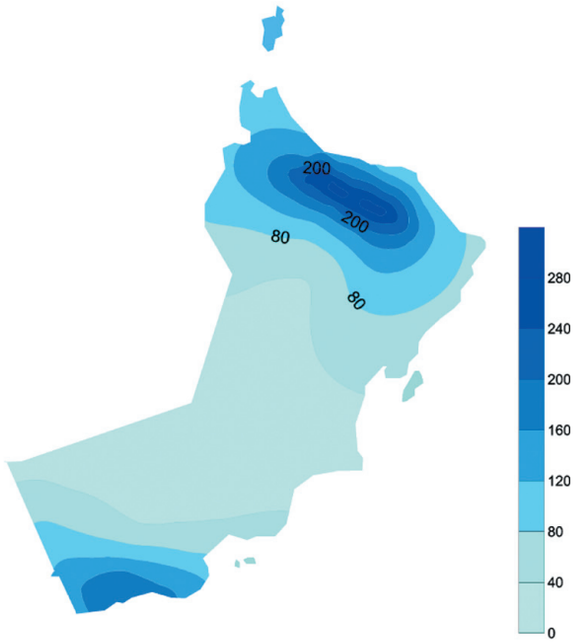
الشكل ١٢. توزع متوسطات الحرارة خلال فصل الصيف بالدرجة المئوية في سلطنة عمان



الشكل ١١. توزع متوسطات الحرارة خلال فصل الربيع بالدرجة المئوية في سلطنة عمان

٢,٤. التوزيع المطري

يقدر الإجمالي السنوي للتساقطات المطرية بأقل من ٥٠ مم في مناطق الربع الخالي، وترتفع هذه الكميات فيما بين ١٠٠ إلى ١٥٠ مم في الأجزاء الشمالية من السلطنة، وعلى المناطق الساحلية لظفار. أما ارفع الكميات المطرية السنوية فتسجل على المرتفعات الجبلية لكل من جبال الحجر وجبال ظفار، حيث تتجاوز إجمالي التساقطات المطرية السنوية ٢٥٠ مم (الشكل ١٣). أما فيما يتعلق بالتوزيع الفصلي فأن ٤٠ إلى ٥٠٪ من الإجمالي السنوي للتساقطات المطرية يهطل خلال فصل الشتاء على المناطق الشمالية، وترتفع هذه النسبة إلى ٧٠٪ على السواحل الشرقية، والشمالية الشرقية. أما النسب المتبقية لهطول التساقطات المطرية فأنها تتركز في فصل الربيع. أما على مستوى سواحل مرتفعات محافظة ظفار فان ٧٠٪ من إجمالي التساقطات المطرية يحدث في فصل الصيف، والنسبة المتبقية في فصل الربيع.



الشكل ١٣. توزع إجمالي التساقطات السنوية بالمم في سلطنة عمان

٥. الأقاليم المناخية في السلطنة

٥,١. المناخ الصحراوي شديد الجفاف

يسود في إقليم وسط عمان الممتد إلى الجنوب والغرب من جبال شمال عمان (الحجر الشرقي والغربي) وحتى مرتفعات ظفار في الجنوب. وتشمل السهول الحصوية الداخلية، إضافة إلى الصحاري الرملية، حيث صحراء الربع الخالي ورمال الشرقية. وينتمي هذا الإقليم إلى أكثر المناطق جفافا في العالم، حيث معدلات درجات الحرارة تتراوح بين ٢٧-٣١ درجة مئوية، والأمطار السنوية لا تتجاوز ٢٠ ملليمتر (الشكل ١٤).

٥,٢. المناخ البحري الساحلي

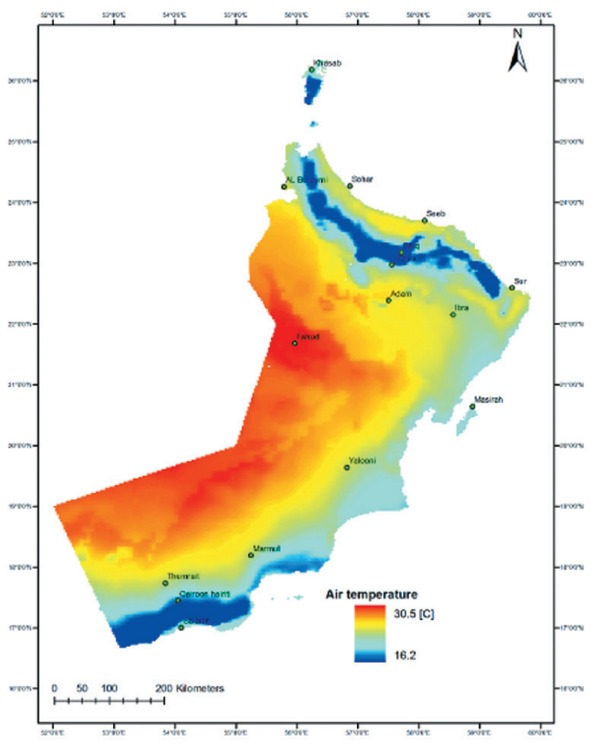
ويسود في السهول الساحلية مثل سهل الباطنة الساحلي، ويعتبر هذا الإقليم من ضمن الأقاليم الجافة في العالم. و يتأثر هذا الإقليم بحركة الرياح المحلية (نسيم البر و البحر). اما المعدلات السنوية لدرجات الحرارة فتتراوح بين ٢٥-٢٨ درجة مئوية. وترتفع معدلات الرطوبة النسبية في هذا الإقليم، بفعل عامل القرب من البحر، خاصة في فصل الصيف لتصل الى ٩٠ ٪ مثل ما هو الحال في ساحل الباطنة (الشكل ١٤). أما الأمطار السنوية فإنها تتراوح بين ٨٠ إلى ١٢٠ ملليمتر

٥,٣. المناخ المداري الموسمي

يسود في مرتفعات ظفار في الأجزاء الجنوبية من عمان، حيث تسقط الأمطار في هذا الإقليم في أشهر الصيف وبالذات في شهري يوليو وأغسطس. ومصدر هذه الأمطار هو الرياح الموسمية الجنوبية الغربية التي تهب من بحر العرب والمحيط الهندي. وتتراوح كمية الأمطار الساقطة على مرتفعات ظفار بين ٢٠٠-٢٤٠ ملليمتر في السنة، ٧٠٪ منها يسقط في فصل الصيف. كما يصاحب ذلك انخفاض ملحوظ في درجات الحرارة، وارتفاع في الرطوبة النسبية مما يؤدي الى تكون ظاهرة الضباب والندى الذي يتكاثف على النباتات والأشجار، خاصة في الليل وساعات الصباح الباكر. وكثيـرا ما يكون مصدرا أساسيا للمـاء اللازم للنباتات والحيوانات وللإنسان أيضا.

٥,٤.المناخ الجبلي

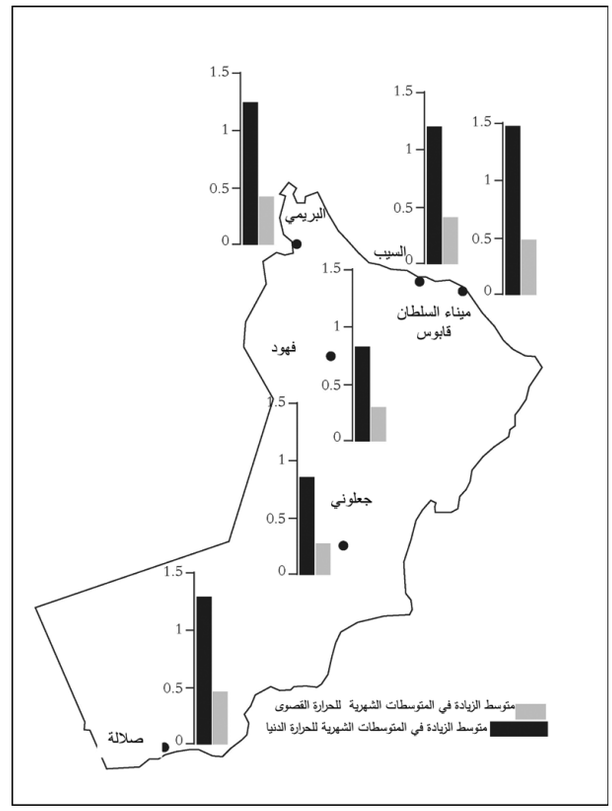
يسود في ألأجزاء المرتفعة من سلسلة جبال الحجر الغربي التي يزيد إرتفاعها عن ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر مثل جبل شمس والجبل الأخضر حيث المعدلات السنوية لدرجات الحرارة ١٦-١٧ درجة مئوية، والمعدل السنوي لسقوط الأمطار ٣٠٠ ملم تقريبا.



الشكل ١٤. محاكاة متوسطات درجات الحرارة في سلطنة عمان بواسطة نموذج عددي لعام ٢٠٠٩

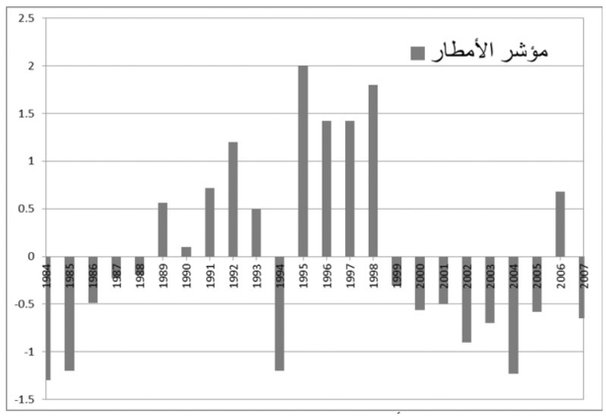
٦. رصد التغيرات المناخية في سلطنة عمان

تشير الدراسات الحديثة المبنية على بيانات الأرصاد الجوية خلال العقود الثلاثة الماضية زيادة في درجات الحرارة الدنيا تتراوح بين ٠,٨ و ١,٥ درجة مئوية. أما الزيادة في الدرجات القصوى فلا تتعدى ٠,٥ درجة مئوية (الشكل ١٥). ومن الملاحظ أن المناطق التي عرفت زيادة هامة في درجات الحرارة الدنيا هي واقعة تحت تأثير ما يعرف بالجزر الحرارية، والمقصود بها إرتفاع درجات الحرارة في وسط المدينة مقارنة بالمناطق الريفية المجاورة. كما رصد إنخفاض في معدلات درجات الحرارة المعتادة في مسقط في شهر فبراير ٢٠٠٨ بلغ ٤ درجات مئوية مقارنة بالمعدل المعتاد لدرجات الحرارة المسجلة في شهر فبراير في مسقط خلال الفترة الممتدة بين ١٩٩٥-٢٠٠٧. كما رصد إنخفاض هام عن المعدل المعتاد للدرجات القصوى خلال شهر فبراير مقارنة بين درجات الحرارة المسجلة في شهر فبراير في مسقط خلال الفترة الممتدة بين ١٩٩٥-٢٠٠٧ و المعدلات اليومية لشهر فبراير ٢٠٠٨.

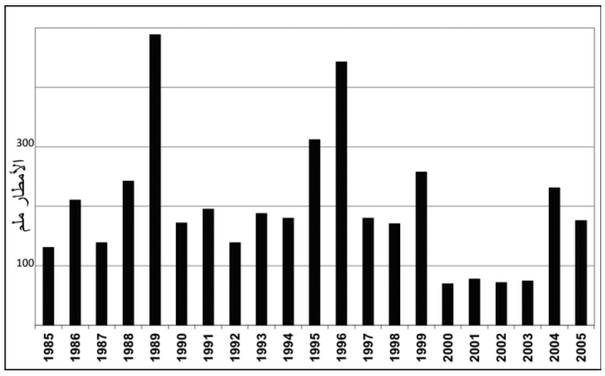


الشكل ١٥. متوسطات الزيادة في درجات الحرارة الدنيا و القصوى خلال الفترة الممتدة بين ١٩٨٥ و ٢٠٠٧.

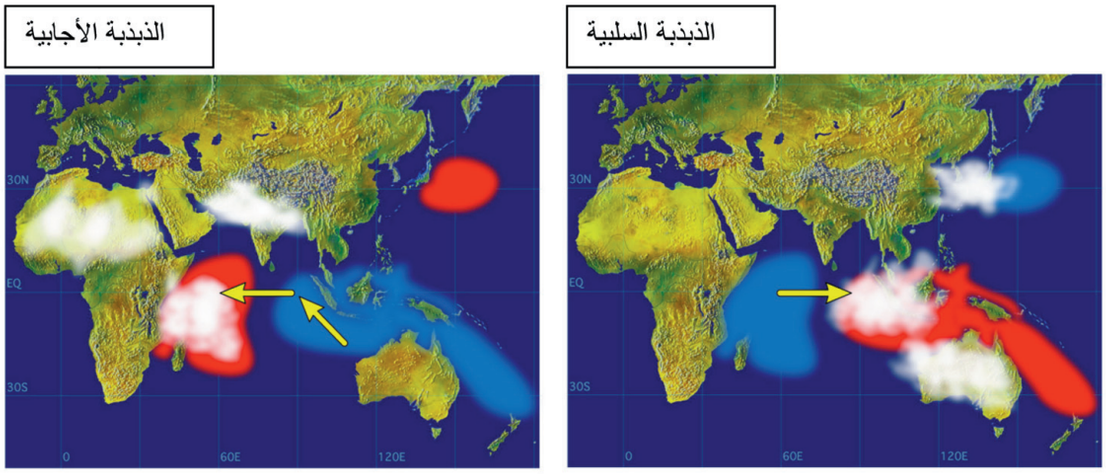
تشير الدراسات الحديثة المبنية على بيانات الأرصاد الجوية خلال العقود الثلاثة الماضية، إلى أن ٤٦٪ من التساقطات المطرية في عمان تسقط في الأجزاء الشمالية، وأن ٣٥٪ من التساقطات المطرية تسقط في الأجزاء الجنوبية. كما أن هناك تواتر كبير للمواسم الجافة خلال العقود الماضية بسبب احترار النصف الشمالي للمحيط الأطلنطي الذي يؤدي إلى تناقص حجم المرتفع الأزوري الذي يؤثر سلبا على الرياح الشمالية الغربية التي تتسبب في سقوط الأمطار شتاءا في شمال سلطنة عمان كما يوضح (الشكل رقم ١٦). وبالمثل فهناك تذبذب كبير للتساقطات الموسمية الصيفية في الأجزاء الجنوبية للسلطنة، وتواتر مسترسل للمواسم جافة مثل ما حدث في الفترة من ٢٠٠٠-٢٠٠٤ حيث أن التساقطات على المحطات الجبلية (محطة قيرون حيريتي مثلا) لم تتعدى ٧٠ مم، في حين أن المتوسط الموسمي هو ٢٠٠مم (الشكل رقم١٧). سبب هذه المواسم الجافة هو احترار المحيط الهندي و المعبر عنه بذبذبة المحيط الهندي. و تتسم ذبذبة بالمحيط الهندي بذبذبة سلبية. حيث تتركز على الجانب الغربي من الحوض الهندي مسطحات مائية باردة تسهم في إضعاف التبخر، وعكس إتجاه الرياح من جنوبية غربية إلى شمالية شرقية، وبالتالي يكون الموسم جاف جدا على الربوع الجنوبية للسلطنة. وكذلك ذبذبة إيجابية حيث تتركز على الجانب الغربي من الحوض الهندي مسطحات مائية دافئة تسهم في تقوية التبخر، والتيار الموسمي الجنوبي الغربي، وبالتالي يكون الموسم رطب جدا على الربوع الجنوبية للسلطنة (الشكل رقم ١٨) .Saji et al., 1999



الشكل ١٦. مؤشر تساقطات الأمطار في الربوع الشمالية خلال فصل الشتاء بين ١٩٨٤ و ٢٠٠٧



الشكل ١٧. اجمالي التساقطات الصيفية
في محطة قيرون حيرتي



الشكل ١٨.ذبذبة المحيط الهندي المناخية

الخاتمة

من خلال العرض السابق يتضح، اعتمادا على عنصري الحرارة والأمطار، أن مناخ السلطنة متأثر بالتغير المناخي. هذه التغيرات رصدت في ارتفاع درجات الحرارة بمستويات متسقة مع المعدلات المرصودة في عدة بقاع من العالم. أما الأمطار فهي أكثر تذبذبا، وتبين وجود فترات جفاف طويلة نسبيا مما يؤثر بشكل كبير على تغذية المياه الجوفية. تبين هذه الدراسة ان التغيرات المناخية في السلطنة لا يمكن أن تقتصر فقط على شدة وتيرة المنخفضات والعواصف والأعاصير المدارية، فزيادة متوسطات درجات الحرارة له دلالة على زيادة موجات الحر، والتي تستنزف كميات طاقية كبيرة يحتاجها السكان لتكييف الهواء. كما ان تراجع حجم التغذية الجوفية بمياه الأمطار له انعكاسات مباشرة على زيادة نسبة الملوحة في مياه الري، وتداخل مياه البحر مع مياه الخزان الجوفي، وبالتالي مزيدا من تملح وتدهور إنتاجية الأراضي الزراعية. ولا بد هنا من الإشارة إلى أن هذه النتائج هي نتائج أولية، حيث أنها تعتمد على سجل قصير نسبيا من البيانات. وعليه، فلا بد من إجراء بحوث ودراسات أكثر تعمقا في هذا المجال.

المراجع

* Al-Hatrushi S. & Charabi Y **(2010)**. 1st WMO International Conference on Inadian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change, World Meteorological Organization (WMO) Technical Documents, 129p. Published by WMO, Geneva, Switzerland. WMO/TD No. 1541, December, 2010.

* Charabi Y. (2009). Arabian summer monsoon variability: Teleconexion to ENSO and IOD. Atmospheric Research, Volume 91, Issue 1, January 2009, Pages 105 - 117.

* Charabi, Y with Al-Hatrushi, S. (2010), Indian Ocean Tropical Cyclones and climate change, Published by Springer 373 p. 2010, ISBN: 978 -90 - 481 - 3108.

*Charabi, Y. Al-Hatrushi, S. (2010). Synoptic Aspects of Winter Rainfall Variability in Oman. Atmospheric Research. Volume 95, Issue 4, March 2010, p. 470-486. doi:10.1016/j.atmosres.2009.11.009.

* Ghaznafar, S.A. Fisher, M. (1998). Vegetation of the Arabian Peninsula, Kluer Academin Publishers, Netherlands (1998), pp. 5–38

* Saji, N.H. Goswami, B.N. Vinayachandran, P.N. Yamagata, T. (1999). A dipole mode in the tropical Indian Ocean, Nature, 401 (1999), pp. 360–363.

* Scholz, Fred. (1980). Sultanate of Oman: Geographical Introduction, Part 1, Ernst Klett Printing, Stuttgart, Germany, 304 p.

*** Kwarteng, A. Y. Dorvolo, A. S. Ganiga T. Vijaya Kumar (2009). Analysis of a 27-year rainfall data (1977–2003) in the Sultanate of Oman. International Journal of Climatology. Volume 29, Issue 4, pages 605–617, 30 March 2009.**