الفصل الأول

الخصائص الطبيعية والاطارات المكانية للنظم الفعالة

مقدمة

أولا: الموقع :

١- الموقع الفلكى.

٢- الموقع الجغرافى.

ثانيا: السمات المورفولوجية:

١- التكوينات الرملية:

أ- نفود البياض – الجافورا.

ب- نفود الدهناء.

ج- صحراء الربع الخالى.

٢- نطاق السهول.

٣- نطاق الهضاب.

ثالثا: الخريطة النباتية.

خلاصة الفصل.

توطئة:

يبحث هذا الفصل فى الأبعاد التأثيرية للخصائص الطبيعية للنطاق الأرضي لكل من تلوث الهواء وملامح مناخ المنطقة. فيتناول أهمية الدور الذى يلعبه موقع المنطقة فلكياً وجغرافياً فى تحديد الملامح والسمات العامة لخصائصها المناخية. ويبرز مورفولوجية المنطقة بوصفها أحد الضوابط المؤثرة فى تلوث الهواء، فضلا عن كونها أحد مصادره الطبيعية. ويبحث أيضا مدى فاعلية مورفولوجية المنطقة فى تلوث الهواء فى إطار خصائص العناصر المناخية للمنطقة، وتحديدا عنصر الرياح سرعةً واتجاهاً. ويلقى الضوء على تأثير كل من مناخ المنطقة ومورفولوجيتها فى سمات الغطاء النباتى وتوزيعه.

مقدمة:

تنقسم المملكة العربية السعودية الى اربع عشرة منطقة إداريـــة وتعـد منطقـة الدراسة – المنطقة الشرقية – إحدى تلك المناطق (شكل – ١). وتبلـغ مسـاحة منطقة الدراسة حوالى ٧١٥٩١٨ كيلومترا مربعا. وهى تزيد قليـــلا عـن ثلـث مساحة المملكة العربية السعودية. وتؤثر العديد من العوامل الطبيعية[1] بصـــورة مباشرة أو غير مباشرة فى تلوث الهواء بمنطقة الدراسة، ويعد بعض منها أيضـا مصدراً طبيعياً لتلوث الهواء.

ويمكن إجمال هذه العوامل فى : الموقع (الفلكى – الجغرافى) والسمات المورفولوجية (التكوينات الرملية – السهول – الهضاب) والخريطة النباتية.

أولا: الموقـع

يعد الموقع أحد العوامل الجغرافية الطبيعية التى تؤثر بصورة مباشرة فـى رسـم الملامح المناخية للمنطقة، ومن ثم خصائصها النباتية. ويلعب بذلـــك دوراً غـير مباشر فى تلوث الهواء، فضلا عن تاثيره كأحد مصادره فى بعض الأحيان. ويمكن دراسة تأثير الموقع من ذاويتين:

١-الموقع الفلكى،

٢- الموقع الجغرافى،

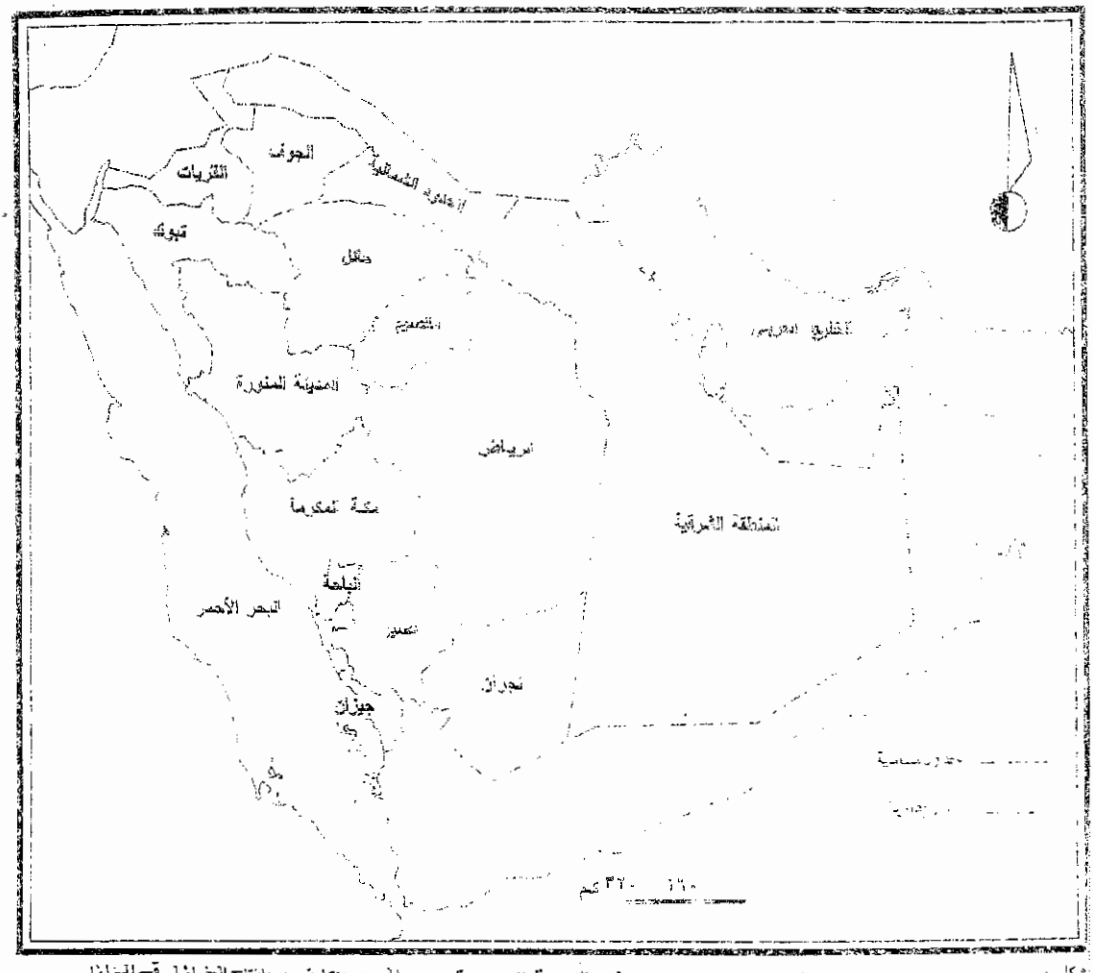
١- الموقع الفلكى:

تمتد منطقة الدراسة بين دائرتى عرض ١٦-٢٩ درجة شمالا تقريبا[2]. ويخترقها مدار السرطان من منتصفها تقريبا حيث تمتد المنطقة ست درجات عرضية شماله

---

[1] تعد عناصر المناخ أهم العوامل الطبيعية المؤثرة فى تلوث الهواء بمنطقة الدراسة. إذ تتمتع هذه العنـاصر بفاعلية وأهمية خاصة فى التحكم فى مستوى ملوثات الهواء وتوزيعها بالمنطقة. ولذا فقد أفرد لها فصـلا مستقلا لدراسة العلاقة بين كل عنصر مناخى وتلوث الهواء.

[2] تمتد منطقة الدراسة بين خطى طول (٤٥-٥٦) درجة شرقا وتمثل بذلك الطرف الشـرقى للمملكـة العربية السعودية (شكل – ١).



شكل ١: التقسيم الإداري للمملكة العربية السعودية

المصدر: معمل تصوير وانتاج الخرائط - قسم الجغرافيا
كلية الآداب - جامعة الملك سعود ، ١٩٩٠

ومثلها جنوبه. ويؤدى ذلك إلى إرتفاع نصيب المنطقة من الإشعاع الشمسى وبالتالى درجة الحرارة معظم شهور السنة.

وتتأثر المنطقة نتيجة لموقعها الفلكى بين ١٦-٢٩ درجة شمالا بالعديد من الكتل الهوائية: (الكتل المدارية القارية - الكتل المدارية البحرية - الكتل القطبية القارية - الكتل القطبية البحرية).

أ- الكتل المدارية القارية:

تنشأ الكتل المدارية القارية Continental Tropical Mass فوق القارات فى المناطق شبه المدارية. وتتكون فى فصل الصيف بسبب شدة كثافة الإشعاع الشمسى فترتفع درجة حرارة اليابس والهواء الملامس له فتصبح مصدرا لكتل هوائية شديدة الحرارة والجفاف.

وتغطى هذه الكتل منطقة الدراسة لتصل إلى أطرافها الجنوبية عند دائرة عرض ١٥ درجة شمالا فى صورة رياح شمالية شرقية أو شمالية. وتصبح هذه الرياح الشمالية الشرقية عند عبورها الخليج العربى رياحاً رطبة تساعد على تكوين الشابورة أو الضباب أحيانا لكنها بالطبع لا تسقط مطرا لإنحصار رطوبتها وتركزها فى طبقتها الرقيقة السفلية فقط.

ب- الكتل المدارية البحرية:

تنشأ الكتل المدارية البحرية Maritime Tropical Mass فوق المحيطين الأطلنطى والهادى فى العروض المدارية. وقد يندفع أحيانا هواء مدارى بحرى من المحيط الهندى والخليج العربى فى مقدمة المنخفضات الجوية القادمة من المحيط الأطلنطى غربا نحو الخليج العربى شرقا. ويتبع ذلك إرتفاع فى مستوى الرطوبة النسبية للهواء. فيصبح الهواء رطباً وثقيلًا خاصاً فى أواخر فصل الصيف وأوائل فصل الخريف حينما تصل درجة حرارة المسطحات المائية إلى أقصى مستوياتها. ويؤدى ذلك الى تكوين الندى والشابورة على سواحل المنطقة فى الليل والصباح الباكر. وقد يندفع الهواء المدارى البحرى فى مقدمة المنخفضات الجوية الشتوية فيرتفع فوق الهواء المدارى القارى القادم من

الشمال. ويتبع ذلك تكون السحب وسقوط المطر شتاءً. ويصل أيضا هذا الهواء المدارى البحرى إلى المنطقة فى فصل الربيع، فيلامس سطح اليابس الساخن وتنشأ حالة عدم إستقرار هوائى يتبعه حدوث العواصف الرعدية الشديدة التى تصاحب المطر الربيعى [شرف، سنة ١٩٨٥ ص ٤٥٧].

ج- الكتل القطبية القارية:

تنشأ الكتل القطبية القارية Continental Polar Mass فوق سهول سيبيريا وكندا وجرينلاند. وتتحرك هذه الكتل نحو المنطقة عند مرور المنخفضات الجوية وتتميز بشدة البرودة والجفاف شتاءً. ويتوقف وصولها إلى المنطقة على كثرة المنخفضات الجوية وعمقها وشدة الإنحدار البارومترى نحو مراكزها. ويصاحب وصول هواء هذه الكتل الى المنطقة شتاءً حدوث موجات باردة يؤدى وصولها إلى المنطقة فى فصلى الربيع والصيف إلى كثرة تكرار العواصف الرملية والترابية بسبب شدة سخونة اليابس وما يتبعه من نشاط للتيارات الهوائية الصاعدة التى تحمل الاتربة والرمال الناعمة المنتشرة بالمنطقة.

د- الكتل القطبية البحرية:

تنشأ الكتل القطبية البحرية Maritime Polar Mass فوق المحيط الاطلنطى الشمالى والمحيط الهادى الشمالى. وتتميز ببرودتها وإرتفاع رطوبتها وترتبط هى الأخرى بنشأة المنخفضات الجوية مثل الكتل القطبية القارية. وتصل الى المنطقة عن طريق البحر المتوسط الذى يسهم فى زيادة رطوبتها. وتعد هذه الكتل مسئولة عن سقوط المطر الشتوى والخريفى المصاحب للرياح الشمالية الغربية على المنطقة.

وتتميز المنخفضات الجوية Atmospheric Depressions التى تتكون فوق البحر المتوسط بأنها أصغر وأقل عمقاً من المنخفضات الجوية الأطلسية. فتصاحبها فترات اضطراب أقصر وكمية مطر أقل مقارنة بالاطلسية. [بحيرى، سنة ١٩٧٩. ص١٥٤] . وتتوغل منخفضات البحر المتوسط إلى دائرة عرض ٢٠ درجة شمالا، وتضعف تدريجيا باتجاه الشرق والجنوب فتتقلص

بالتالى كمية المطر المصاحبة لها. وتصل هذه المنخفضات الجوية إلى المنطقة خلال الفترة الممتدة من شهر أكتوبر ونهاية شهر مايو. ويتراوح عددها بين منخفضين إلى أربع منخفضات شهرياً خلال هذه الفترة. وتعد هذه المنخفضات الجوية المصدر الوحيد لمطر المنطقة. وتتميز بزيادة نشاطها خلال فصل الشتاء. وتصل إلى المنطقة خلال فصل الربيع بعد تعديل مسارها من جنوب البحر المتوسط إلى الجنوب الشرقى بمحازاة سواحل البحر الأحمر لتبلغ منتصفها تقريبا ثم تنحرف شرقا عبر شبه الجزيره العربيه لتصل إلى ساحل الخليج العربى. وتتراوح سرعتها بين ٢٠ و ٣٠ كيلومتر/الساعة. [أشرف، سنة ١٩٨٥. ص١٤٥]. ويقل مطر المنخفضات الجوية الربيعية التى تصل للمنطقة بعد تلك الرحلة الطويلة.

وتقع منطقة الدراسة وفقا لموقعها الفلكى ضمن نطاق التيارات الهوائية الهابطة من دورة هادلى Hadley Circulation [1] حيث يهبط الهواء الجاف بضغط شديد فتنشأ منطقة هواء جاف ينعدم فيها المطر التصاعدى. وهكذا تصبح دورة هادلى السبب الرئيسى لندرة مطر المنطقة.

وتقع المنطقة ايضا نتيجة لموقعها الفلكى ضمن نظام عام معروف بصحارى الرياح التجارية Trade Wind Deserts الذى يطلق عليه الصحارى الحارة. ويرتبط ذلك النظام بسيادة الضغط المرتفع دون المدارى Subtropic High Pressure الذى يسيطر على القطاع الاوسط من طبقة التروبوسفير

---

[1] تتحكم دورة هادلى فى جفاف المناطق شبه المدارية حول دائرة عرض ٣٠ شمال وجنوب خط الاستواء. حيث تتحكم الدورة الهوائية فى ندرة المطر فى هذه المناطق. ودورة هادلى عباره عن التيارات الهوائية الصاعدة التى تخرج من الدائرة الاستوائية لترتفع إلى طبقات الجو العليا، وتتفرع فى اتجاه المدارين لتهبط عند منطقتى الضغط المرتفع دون المدارى ثم تتجه نحو خط الاستواء لتكمل دورتها. وتحمل هذه التيارات الهوائية الصاعدة معها بخار الماء والحرارة (تيارات الحمل) إلى طبقات الجو العليا حيث تنخفض حرارتها ويتكثف بخار الماء مكونا سحب ليعود مرة ثانية إلى سطح الارض فى صورة مطر عند دائرة الاستواء. أما التيارات الهوائية الهابطة عند المدارين فيحدث فيها العكس حيث يكون الهواء جافا وضغطه مرتفعا فتتوقف حركة تصاعد الرياح وتنعدم فرصة المطر [القين، سنة ١٩٨٩ ص١].

(القطاع الفعال فيما يتعلق بنشأة الاضطرابات الجوية) بين كيلومترين وستة كيلومترات فوق مستوى سطح البحر فيما بين دائرتى عرض ٢٥ و٣٥ درجة شمال وجنوب الدائرة الاستوائية [أبوالعطا، سنة ١٩٨٧، سنة ١٥٤]. ويسيطر أيضا على منطقة الدراسة الضغط المنخفض صيفاً كنتيجة لشدة كثافة الاشعه الشمسية وصفاء السماء وبالتالى شدة إرتفاع درجة حرارة الهواء فى الطبقات السفلى من التروبوسفير. وهكذا ينحصر إنخفاض الضغط الجوى على طبقة رقيقة من الحيز الأدنى للغلاف الغازى.

وتعد الصحارى الحارة أكثر جهات العالم جفافاً لإرتباطها بهبوط التيارات الهوائية التى تسخن آنياً Adiabatically فى الحيز الأدنى من طبقة التروبوسفير التى ينحصر فيها معظم محتوى الغلاف الغازى من بخار الماء (المصدر الوحيد للمطر). ويؤدى تسخين ذلك الحيز الى تقلص الرطوبة النسبية للهواء، فيندر التساقط نتيجة لحالة الإستقرار المائى Hydrostatic Stability فى هذه الطبقة من الغلاف الغازى. [بحيرى، سنة ١٩٧٩، ص١٤٧].

وترتبط هذه الصحارى الحارة بتحرك الرياح التجارية من عروض شبه مدارية إلى العروض الاستوائية الأشد حرارة فيتبع ذلك إرتفاع فى درجة حرارتها فيزيد جفافها.

ويذكر تريوارثا Trewartha أن مناخ الصحارى الحارة يقع بين خطى مطر ٢٥٠ و ٥٠٠ ملليمتراً /سنويا. وهكذا فإن مطر المنطقة (ضمن مناخ الصحارى الحارة) يمتاز إلى جانب الندرة بأنه عشوائى التوزيع وفجائى ومتذبذب فى كميته وفصليته لكونه من نوع المطر الأعصارى Cyclonic Rain. الذى قد يرتبط بالعواصف الرعدية Thunderstorms فيسقط بتركيز شديد خلال فترة زمنية قصيرة. [شلش، سنة ١٩٧٨ . ص ص ٢٦٤:٢٦٨].هذا وغالبا ما يوصف المطر الصحراوى – كما هو الحال فى منطقة الدراسة – بأنه مطر محلى أو موضعى لتركزه فى مساحة صغيرة خلال عدد قليل من الأيام. [محسوب، سنة ١٩٩١. ص٢٤].

وإذ يعد المطر واحداً من أهم العمليات الطبيعية فى الغلاف الجوى التى بفضلها يتم إزاحة ملوثات الهواء عن طريق عملية الغسل Wash out (ويقصد بها إزاحة Removal الجسيمات السابحة Particulates مع حبات المطر Raindrops)، وإذ ينقلص مطر المنطقة إلى مستوى الندرة، فإنها بالتالى تفقد الكثير من فاعلية المطر فى التخلص من الملوثات الصلبة، فيتبع ذلك إرتفاع فى مستوى تركيزها وكذلك خطورتها.

٢- الموقع الجغرافى:

تقع منطقة الدراسة فى شرق المملكة العربية السعودية، ويصاحب ذلك تأثرها بالعديد من المؤثرات القارية الآسيوية والأوربية التى تحول دون وصول الرياح الرطبة اليها ، ليصبح ذلك سبباً من أسباب سيادة المناخ الصحراوى.

وتصل إلى المنطقة أيضا بعض المؤثرات البحرية الغربية من البحر المتوسط التى تتحكم فى مطر المنطقة. حيث تشرف المنطقة مباشرة على الخليج العربى[1] ، فتصل اليها مؤثراته البحرية. وتبدو هذه المؤثرات واضحة فى إرتفاع الرطوبة النسبية، ولا يستثنى من ذلك أكثر شهور السنة إرتفاعا فى درجة حرارة الهواء. ويرجع ذلك لكون مياه الخليج العربى مدارية ذات حرارة عالية على مدار السنة. ويكون الهواء الملامس لسطح المياه حار[2] فتزيد قدرته على حمل بخار الماء. وهكذا يتحرك نسيم البحر نحو اليابس حاراً ورطباً. ويعد إقتران الحرارة المرتفعه بالرطوبة النسبية العالية من أهم العناصر المناخية التى تساعد على

---

[1] يمتد الخليج العربى كمسطح مائى من الشمال الغربى إلى الجنوب الشرقى. ويبلغ طوله حوالى ١٠٠٠ كيلومترا وعمقه نحو ٧٥ مترا، ومساحته الاجمالية حوالى ٢٢٦ ألف كيلومتراً مربعاً [الجاسر، سنة ١٩٨٩، ص٢١].

[2] يتراوح معدل درجة حرارة المياه السطحية للخليج العربى (إلى الشرق مباشرة من مدينتى الظهران والقطيف بمنطقة الدراسة) بين ٣٢ درجة مئوية فى شهر يوليو، و ٢١ درجة مئوية فى شهر يناير (أكثر شهور السنة برودة) [شرف، سنة ١٩٨٠، ص ١٨٩].

سرعة التفاعلات الكيموضوئية بين ملوثات الهواء فى ظل إرتفاع نصيب المنطقة من الإشعاع الشمسى.

كما يؤدى موقعها على الخليج العربى إلى توغل نسيم البحر نهاراً وما يرتبط بذلك من نشأة ظاهرة الإنقلاب الحرارى [1] فى معظم شهور السنة على طول سواحل المنطقة كما سيفهم فيما بعد. وتعد هذه الظاهرة اهم الظاهرات الميترولوجية وأخطرها التى تؤدى إلى إرتفاع تركيز ملوثات الهواء وبالتالى زيادة تأثيرها السلبى على صحة الإنسان والبيئة.

ويعد الموقع الجغرافى للمنطقة على الخليج العربى ليس فقط عاملا مؤثرا فى تلوث الهواء بالمنطقة، بل يعد الخليج العربى فى حد ذاته مصدراً طبيعياً للتلوث حيث ترتبط به ظاهرة "الأوزون البحرى" المنقول للمنطقة. ويمكن إعتبار ذلك اخطر تأثير للخليج العربى فيما يتعلق بمشكلة تلوث الهواء.

وهكذا فقد حدد كل من الموقع الفلكى والموقع الجغرافى لمنطقة الدراسة النمط المناخى العام للمنطقة وحصره فى مناخ الصحارى الحارة **BWh**. ويتميز المناخ هنا بوفرة فى الإشعاع الشمسى وإرتفاع فى درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية [2]. وتتضافر هذه الخصائص المناخية لتزيد من سرعة العديد من التفاعلات الكيميائية والكيميوضوئية بين ملوثات الهواء. فترتفع درجة خطورتها خاصة فى ظل ندرة المطر وما يتبع ذلك من تقلص دوره فى إزاحتها من الهواء. كما يؤدى ندرة المطر إلى جفاف الرواسب السطحية معظم شهور السنة فتصبح فى حد ذاتها مصدراً طبيعياً لتلوث الهواء بالمنطقة كما سيتضح فيما بعد.

---

[1] يقصد بها إرتفاع درجة حرارة الهواء مع الإرتفاع فوق مستوى سطح البحر وستدرس بالتفصيل عند دراسة عنصر الحرارة.

[2] يعتبر إرتفاع الرطوبة النسبية صفة مميزه لمناخ المنطقة عن سواها من المناطق الداخلية بالمملكة العربية السعودية.

هذا وإن كان موقع المنطقة قد حدد خصائصها المناخية المصاحبة للكتل الهوائية المؤثرة فى مناخها ونظم الضغط الجوى الإقليمى التى تتحكم فى إتجاه الرياح وتوزيع المطر وتحديد فصليته وخصائصه العامة، فإن الموقع الجغرافى للمنطقة على المستوى المحلى يلعب فى ذات الوقت دوراً حاسماً فى صياغة العلاقات المكانية التى قد فرضت بدرجة أو بأخرى على سكان المنطقة توجهات اقتصادية وعمرانية محددة.

فقد كان لموقع المنطقة على الخليج العربى الأثر الأكبر فى إختلافها كلياً عن المناطق الإدارية الداخلية بالمملكة العربية السعودية (شكل -١) فيما يتعلق بالمظاهر البشرية والحضرية خاصة التوزيع الجغرافى للسكان وكثافتهم وتحركاتهم ونشاطهم الإقتصادى. وقد أسهم موقعها على الخليج العربى فى جذب السكان وتوطنهم - نظراً للطبيعة الصحراوية للمنطقة - مما دفعهم نحو الإستقرار فى الاحواز المتعمقة كما هو الحال فى العقير والجبيل، وفى صدور الخلجان مثل سلوة، وكذلك على الرؤوس المرتفعة مثل رأس الخفجى ورأس السفانية ورأس تنورة.

وقد كان للموقع المدخلى لمدينة الدمام على الخليج العربى بوصفه جبهه بحرية عظيم الأثر فى سرعة نموها العمرانى حيث أصبحت حلقة إتصال بين المملكة العربية السعودية ودول العالم الأخرى عن طريق مينائها الذى تحمل عبء توفير إحتياجات التنمية ليس فقط للمنطقة الشرقية بل للمناطق الإدارية الداخلية فى ظهيرها (الرياض- القصيم - حائل) ومنطقة الحدود الشمالية أيضا. فضلا عن أن هذا الموقع قد جعل من الدمام منطقة إستراتيجية للدفاع البحرى.

كما أثر الموقع المركزى لمدينة الهفوف فى قلب واحة الإحساء على بعد حوالى ٧٠ كيلومتراً غرب الخليج العربى فى تحقيق الإستقرار السكانى بها قبل إكتشاف الزيت فى المنطقة. وقد ساعد على ذلك أيضاً موقعها العقدى حيث

تقع عند إلتقاء خط السكة الحديد الدمام – الرياض (الخط الحديدى الوحيد فى السعودية) مع شبكة من الطرق البرية الجيدة سواء الإقليمية التى تربطها بالدمام والرياض، أو الدولية التى تربطها بدولة قطر ودولة الامارات العربية المتحدة. وقد أهلتها هذه الخصائص الموضعية لأن تصبح مركزا للخدمات الإدارية والحكومية والتجارية لجميع قرى واحة الإحساء.

وتقع مدينة القيصومة- على النقيض من مدينة الهفوف- فى موقع هامشى من المنطقة حيث أن المسافة بينها وبين بؤرة المنطقة أكبر بكثير من المسافة بينها وبين الحدود الإدارية للمنطقة. ولذا فقد تضاءلت أهميتها وكذلك سرعة نموها العمرانى كثيرا قياسا بالمدن الساحلية وكذلك مدينة الهفوف الداخلية. ويذكر هنا أيضا أن موقع واحة القطيف الساحلى وإتصالها بجزيرة تاروت قد أسهم فى تنميتها تنمية مختلطة تتضمن مستوطنات زراعية ومستوطنات حضرية مثل مدن القطيف وعنك وسيهات وقديح وصفوة ودارين.

وقد حدد موقع المنطقة فى نطاق حقول الزيت البحرية منها والبرية توجه سكانها نحو الصناعات الإستخراجية والصناعات البتروكيميائية وتجارة ونقل الزيت ومشتقاته. وصاحب ذلك وثبة عمرانية وديموجرافية ارتبطت بإستثمار الزيت وتوظيف عائداته فى إنشاء شبكة جيدة من الطرق البرية وتوفير البنية الأساسية لتنمية مدن المنطقة وإنشاء أخرى جديدة أرتبطت بصناعة الزيت وتصديره مثل مدينة الخفجى ومدينة رأس تنورة. ولذا فلم يكن من المستغرب أن خط الساحل يضم أغلب مدن المنطقة.

ويتحكم الموقع الجغرافى بدرجة أو بأخرى فى نجاح أو فشل نمط إستخدام الأرض كما هو الحال بالنسبة لتوزيع المناطق الصناعية فى مدن المنطقة. فإذ يصبح مثلاً موقع المنطقة الصناعية بالجبيل إلى الجنوب من الكتلة

العمرانية للمدينة مناسبا لصحة سكانها فى إطار إتجاه الرياح السائدة مما يدعو إلى نموها وإستمرارها، نجد العكس فى موقع المنطقة الصناعية فى غرب الشمال الغربى للكتلة العمرانية لمدينة الظهران، ولذا لم يكتب لها النمو والتوسع فى هذا الموقع ويفضل نقلها إلى موقع آخر. كما يتحكم فى ذات الوقت فى سعر الأراضى حيث ترتفع مثلا فى المنطقة الشاطئية التى تستخدم فى الأغراض الترفيهية كما هو الحال فى شاطئ خليج نصف القمر متنزه مدينة الدمام، وشاطئ خليج السيح متنزه مدينة الخبر.

ثانيا: السمات المورفولوجية

تتحكم مورفولوجية أى منطقة فى إمكانية توزيع ونشر ملوثات الهواء من مصادر انبعاثها إلى الجهات المستقبلة لها. فحيثما يتسم السطح بالإنخفاض يسهل نقل ملوثات الهواء بعيداً عن مصدر الإنبعاث، فتنتشر فى حيز أوسع من الهواء وينخفض بالتالى تركيزها. ويحدث العكس فى حالة إرتفاع المناسيب حيث تنحصر أغلب الملوثات بالقرب من مصدر إنبعاثها، فيرتفع تركيزها فى الهواء وتزيد بالتالى خطورتها على صحة الإنسان.

وتشرف منطقة الدراسة بسهل ساحلى متسع على الخليج العربى يتميز بانخفاض سطحه وإستوائه لحداثة تكوينه الجيولوجى. وتنتشر النباك الرملية فى مساحات متفرقة من أطرافه الشمالية من رأس مشعاب إلى ميناء الجبيل جنوبا، فضلا عن السبخات المالحة والمستنقعات وتتخلله كذلك رمال الجافورا وبعض التلال الصخرية إلى الجنوب من ميناء الجبيل. وتمتد إلى الغرب من السهل الساحلى هضبتى الدبدبة والصمان وبعض الحافات الصخرية فى منطقتى العقير وسلوة.

ولإبراز تأثير الملامح المورفولوجية للمنطقة على تلوث الهواء، يمكن تقسيمها وفقا لأهميتها إلى ثلاثة نطاقات: التكوينات الرملية (نفود البياض/الجافورا - نفود الدهناء - صحراء الربع الخالى) والسهول (الساحلية - الداخلية) والهضاب (الدبدبة - الصمان).

(١) التكوينات الرملية:

يغلب على المنطقة الطابع الصحراوى مما جعل منها مملكة للرياح والرمال بلا منافس. إذ تفترش المنطقة بمساحات واسعة من التكوينات الرملية بأشكالها وأحجامها المختلفة (شكل -٢).

وتتمثل هذه التكوينات الرملية الواسعة فى: نفود البياض/الجافورا ونفود الدهناء وصحراء الربع الخالى:

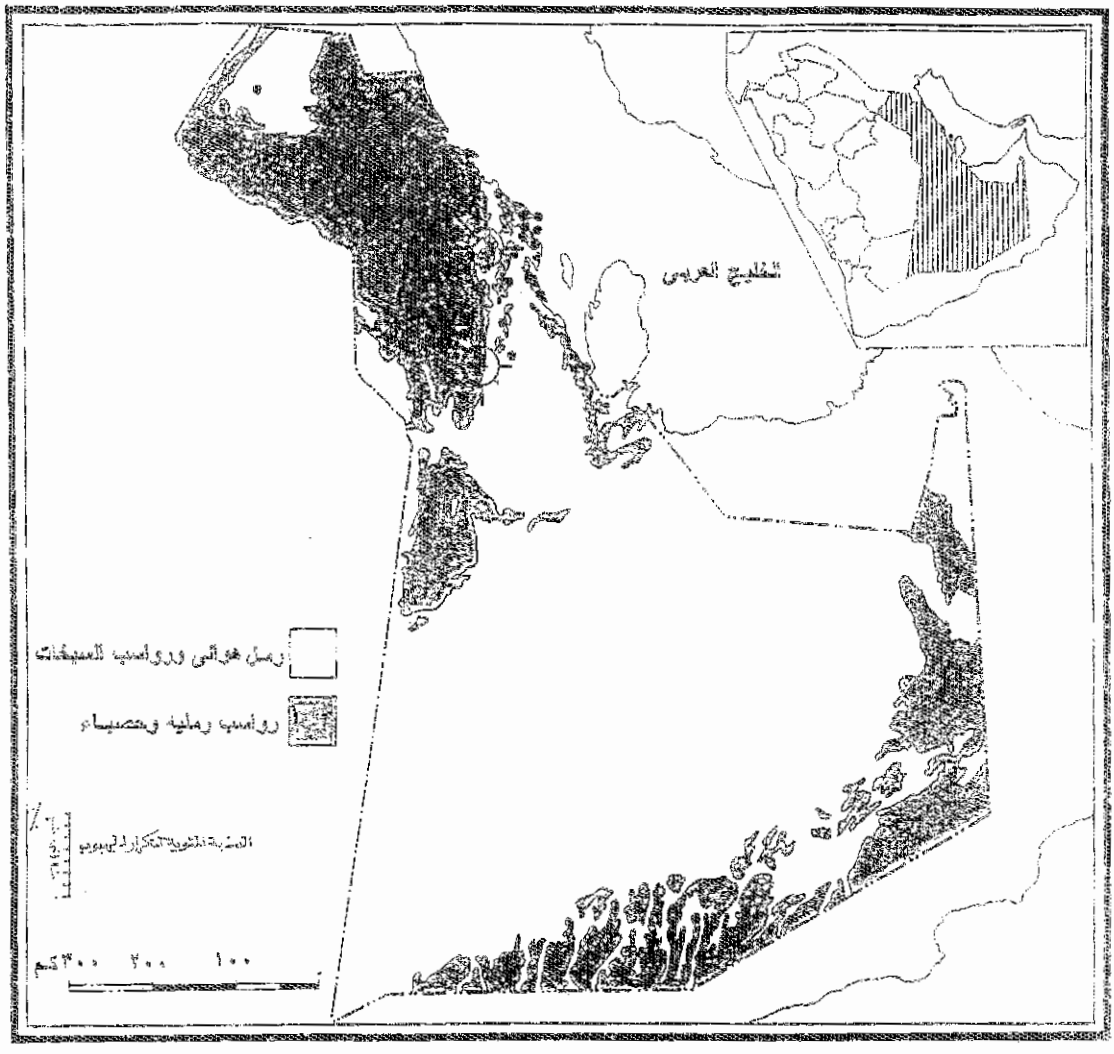
أ- نفود البياض/الجافورا:

تمتد نفود البياض/الجافورا على شكل لسان رملى محصور بين دائرتى عرض ٢٤ و ٢٧ شمالا إلى الشرق من خط طول ٣٠ ٤٩ شرقًا [خريطة رقم (٢٨ب) سنة ١٩٥٨]. ويعرف جزؤها الشمالى بنفود البياض من ميناء الجبيل شمالاً إلى ميناء العقير جنوبا. ويتباين اتساعها حيث يتراوح امتدادها من الغرب إلى الشرق بين ١٥ و ٨٠ كيلومترا [أبوالعلا، سنة ١٩٧٥ . ص٤٩]. ويعرف جزؤها الجنوبى من ميناء العقير شمالا إلى صحراء الربع الخالى جنوبا بنفود الجافورا. ويبلغ إمتدادها الطولى ما يقرب من ٣٠٠ كيلومتراً .

وتتميز نفود الجافورا بضيقها شمالا وإتساعها جنوبا عند إلتقائها بصحراء الربع الخالى. ويغلب عليها من الناحية المورفولوجية إنتشار الفرشات الرملية Sand Sheets والسبخات[1] Sabkhat والكثبان القبابية Dome Dunes والكثبان الهلالية (البرخان) Barachan Dunes [Bader, 1989. p.2]

---

[1] عبارة عن أرض مستنقعية سبخية تحاذى الشاطئ وتكون جافة حينما ينعدم المطر بينما تمتلئ بالماء فى موسم المطر. وهى عبارة عن أرض قاحلة فى الغالب بإستثناء نمو بعض النباتات التى تتحمل درجات الملوحة المرتفعة [الشريف، ١٩٨٤ . ص ١٤١]. وقد وضع جيلبين التفسير العلمى لكلمة سبخة: (إن كلمة سبخة تعنى المسطحات الملحية Salt Flats التى ترتكز فوق تكوينات من الصلصال والغرين والرمل وغالبا ما تغطى بقشور ملحية ويتحكم مستوى الماء الجوفى فى منسوبها) [محسوب، ١٩٩١. ص ٢٩٥].



شكل (٢) التكوينات الرملية واتجاه الرياح بالمنطقة الشرقية

ب- نفود الدهناء:

تمتد نفود الدهناء بين دائرتى عرض ٣٠ ٢٠ و ٣٠ ٢٨ شمالا على شكل قوس رملى يصل متوسط عرضه ٤٨ كيلومتراً. ويبلغ طوله فى منطقة الدراسة ٦٤٤ كيلومترا بين خطى طول ٤٦ و ٤٩ درجة شرقا. وتتميز بإنخفاض إرتفاعها فى حدود المنطقة حيث لم يتجاوز ٥٠٠ متراً تقريباً [أطلس وزارة الزراعة والمياه، سنة ١٩٨٨ . ص٣] . ويفصل بين الكثبان الرملية الطولية المتوازية حافات صخرية تتميز بقلة ارتفاعها. ويطلق عليها محليا اسم "خبب" (المفرد خب) وهى عبارة عن أجزاء بارزه من القاع الصخرى الايوسينى الذى يمثل القاعدة التى ترتكز عليها التكوينات الرملية [جوده، سنة ١٩٨٩. ص٥٢].

ويدل الامتداد الطولى للكثبان الرملية فى نفود الدهناء من الشمال الى الجنوب على أن الرياح الشمالية السائدة هى التى شكلتها وأرسبت رمالها بل ومازالت تلك الرياح تعمل على تحريك رمالها فى اتجاه الجنوب [جوده، سنة ١٩٨٦. ص١٨٠]. ويغلب عليها انتشار العروق الرملية المستعرضة التى تمتد من الشمال إلى الجنوب ومنها عرق الحرورى وعرق الحويمل وعرق جهيم وعرق جهام وعرق الرويكب وغيرها. [خريطة جزيرة العرب، سنة ١٩٨١].

ج- صحراء الربع الخالى :[1]

تعد صحراء الربع الخالى أكبر نطاق رملى ليس فقط على مستوى منطقة الدراسة أو المملكة العربية السعودية، بل على مستوى العالم أجمع. وتبلغ مساحتها ضمن الحدود السعودية حوالى ٢٣٠ الف كيلومترا مربعاً [آل سعود، سنة ١٩٨٦ . ص ٥١]. تقع أغلبها ضمن حدود منطقة الدراسة. وتنتشر فى صحراء الربع الخالى الكثبان الرملية بأشكالها المختلفة بالإضافة إلى العروق الرملية ويبرز فى طرفها الشرقى عروق المعترضة، وفى طرفها الشمالى عروق المهلكة وعرق الرمال

---

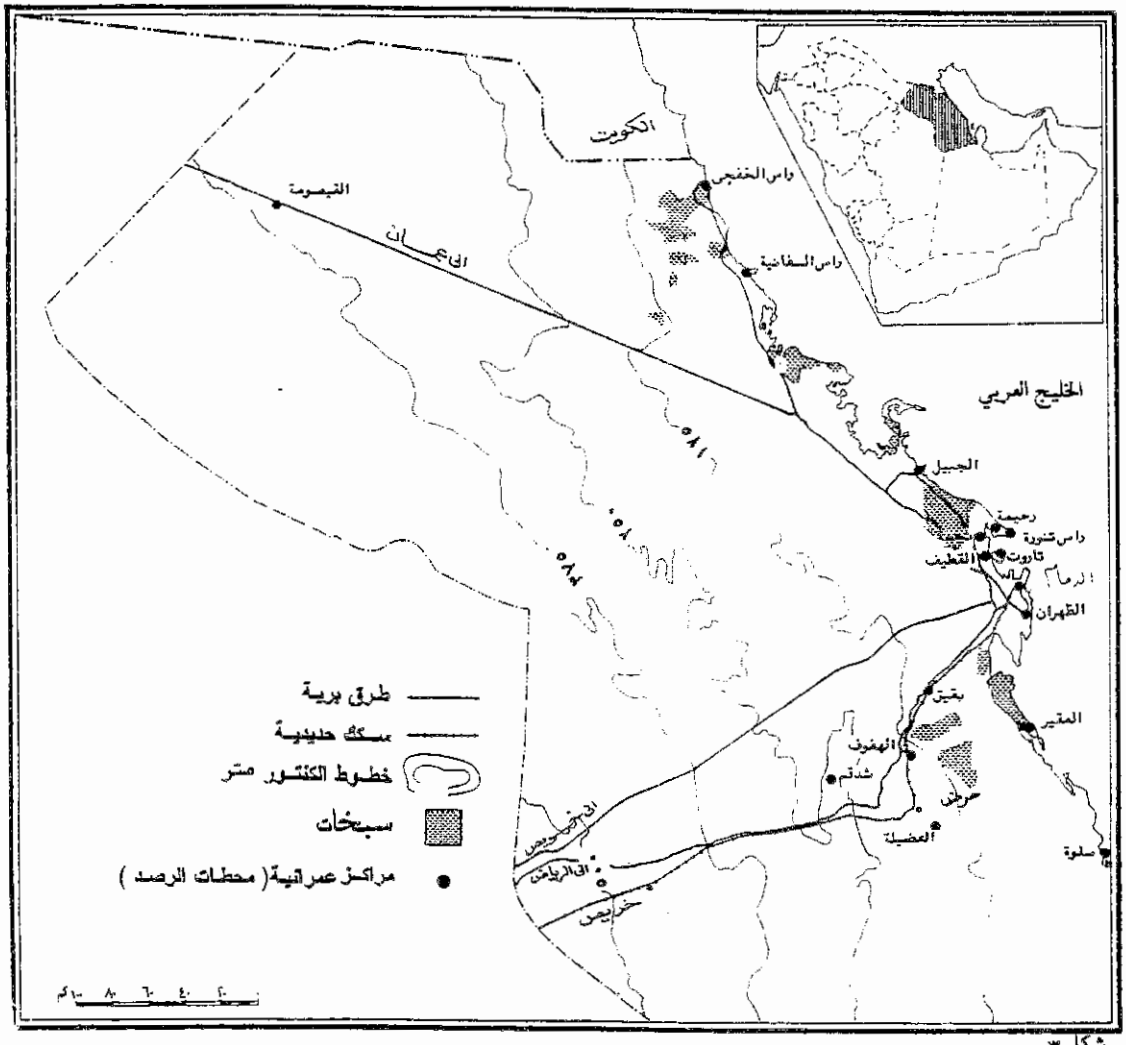
[1] يطلق على صحراء الربع الخالى أحيانا "البحر الساقى" أو "صحراء الاحقاف" ويتراوح سمك الرمال فيها بين ١٥٠ و٣٠٠ مترا [جوده سنة ١٩٨٦. ص١٨٠].

وعرق الكفلة، وفى طرفها الجنوبى عروق الحـــاة وعـــروق ضحيـــة وعـــروق الخرخير، وفى طرفها الجنوبى الغربى عروق الأوراك وعرق القعاميات وعـــروق الزيدى. [خريطة جزيرة العرب، سنة ١٩٨١] وتتميز هذه العروق الرملية بأنـــها عبارة عن فرشات رملية ناعمة ودقيقة يصل إرتفاعها حوالى ٥٠٠ مـــترا فـــى الجنوب الغربى ويقل شرقا إلى حوالى ٢٠٠ متراً ، وينخفض إرتفاعـــها إلـــى حوالى ١٠٠ متر فى الشمال الشرقى حيث النطاق الساحلى والأراضى الســـبخية. (شكل -٣).

وهكذا تعتبر صحراء الربع الخالى مصدراً رئيسياً للغطـــاءات الرمليـــة المفككة خاصة مع انتشار الرمال ذات الحبيبات الدقيقة لتصبح مصـــدراً طبيعيـــاً للجزيئات الدقيقة العالقة التى تحملها الرياح لمسافات كبيرة وإرتفاعات ضخمـــة. ويرتفع تبعا لذلك تركيز ملوثات الهواء الصلبة بالمنطقة كما سيتضح فيما بعد.

وتعد الرياح أهم العوامل المؤثرة فى حركة الرمال حيـــث تتحكـــم فـــى حركة الرمال بواسطة عمليات النقل والارساب. وتختلف قدرتـــها علـــى تحريـــك الرمال تبعا لإختلاف قوة الرياح Wind Energy وحجم حبيبات الرمال ذاتها. إذ يقتصر دور الرياح على تذرية الرمال على سطح الارض دون حملها عندما تزيـــد قطر حبيبات الرمال عن ٠,٥ ملليمترا. ويمتد دور الرياح لحمل الرمـــال حينمـــا يتراوح قطرها بين ٠,١ و ٠,٥ ملليمترا. وحينئذ يتوقف كمية ماتحملـــه الريـــاح على سرعتها وقوتها. وتستطيع الرياح حمل الرمال التى يقل قطرهـــا عـــن ٠,١ ملليمترا وتظل عالقة بالهواء لمدة طويلة وتنقلها لمسافات بعيدة عن مصدرها. [Bader, 1989. p.4]. وتنقسم حركة حبيبات الرمال على ســـطح الأرض إلـــى نوعين:

- سفى الرمال - زحف الكثبان الرملية.



شكل ٣

طبوغرافية منطقة الدراسة

سفى الرمال:

يقصد بعملية سفى الرمال Sand Drift تحريك الرمال بمختلف أحجامها فوق سطح الارض فى صورة حركة فردية لحبيبات الرمال. وتعتمد هذه العملية إلى حد كبير على قوة الرياح ومدى جفاف السطح وتفكك حبيباته وإنعدام الغطاء النباتى.

زحف الكثبان الرملية:

يقصد بزحف الكثبان الرملية Sand Dunes Movement الحركة الجماعية لكتل الرمال فى صوره كثبان تنتقل بأكملها من منطقة لاخرى تبعا لقوة الرياح وإتجاهها وشكل وحجم الكثبان ذاتها. ويساعد جفاف السطح وإنعدام الغطاء النباتى على زيادة سرعة هذه الحركة والتى تقل فى مجملها عن عملية سفى الرمال. وتزيد خطورة عملية سفى الرمال بمقارنتها بعملية زحف الكثبان فى التكوينات الرملية الصحراوية بالمنطقة. إذ تؤدى عملية سفى الرمال إلى تحريك حبيبات الرمال قفزاً أو زحفاً على السطح عندما تبلغ سرعة الرياح ٥,٣ متراً/ الثانية، بينما تبدأ عملية زحف الكثبان الرملية عندما تتجاوز سرعة الرياح ٩ متراً/الثانية [1] [Abolkhair, 1981. p.134].

وتزيد سرعة حركة الرمال سواء سفى الرمال أو زحف الكثبان بالمنطقة خلال فترات الجفاف حينما تصبح حبيبات الرمال مفككة وينعدم الغطاء النباتى أيضاً. وتصل هذه الحركة إلى سرعتها القصوى خلال الفترة من شهر مايو إلى شهر سبتمبر حينما يقترن إنعدام المطر تقريبا بارتفاع شديد فى درجة حرارة الهواء وانخفاض نسبى فى الرطوبة وإرتفاع شديد أيضاً فى معدلات التبخر خاصة خلال شهور يونية ويوليو واغسطس لتعادل أربعة أمثال معدلاتها الشتوية . [Bader, 1989. p.4]

---

[1] تحدد الخصائص الحجمية للرمال سرعة الرياح اللازمة لتحريكها. ومن ثم تختلف هذه السرعة من منطقة إلى أخرى، وحينما تبلغ الرياح هذه السرعة يطلق عليها "الرياح الحرجة". [الفندى، سنة ١٩٦٠ . ص١٨٧].

ويتباين المعدل السنوى لكمية الرمال المتحركة بالمنطقة تبعا لدرجة إنتشار الغطاء النباتى فى التكوينات الرملية ذاتها. حيث ينخفض فى الرمال المسفاه إلى أدنى مستوى له فى الفرشات الرملية المغطاه بالنبات الطبيعى Vegetated Sand Sheets . كما ينخفض بالنسبة للرمال الزاحفة ليبلغ فى التكوينات الرملية التى تتخللها البقع النباتية ليصل إلى ٢٩,٠٠٠ كيلوجرام/ متر عرض/ سنويا. بينما يرتفع إلى ٤٩,٠٠٠ كيلوجرام/ متر عرض/ سنويا فى الكثبان القبابية Dome Dunes، ويصل أقصى معدل له فى الكثبان الهلالية (البرخان) Barchan ليبلغ ١٢٢,٠٠٠ كيلوجرام/متر عرض/ سنويا [Ibid, p.6].

هذا وتتحرك الكثبان الرملية بسرعة خطيرة بالمنطقة إذ يتراوح معدل حركتها السنوى بين ١٠ و ١٥ متر/سنويا فى البرخان، وبين ٨ و ١٢ متر/سنويا فى التكوينات الرملية التى تتخللها البقع النباتية [Ibid, p.7]. وتتبع حركة الكثبان بالمنطقة إتجاه الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية، ولذا غالبا ما تكون الحركة فى اتجاه الجنوب الشرقى معظم شهور السنة. وينـدر أن يكون إتجاه حركتها من الجنوب الشرقى إلى الشمال الغربى إذ يرتبط ذلك بهبوب الرياح الجنوبية التى تتميز بقلة تكرار هبوبها فى المنطقة كما سيتضح فيما بعد.

ومما يذكر أن الكثبان القبابية والبرخان تتميز بخلوها تماما من النبات الطبيعى نتيجة لحركتها الديناميكية المستمرة مما يجعلها أهم التكوينات الرملية تأثيرا فى تلوث الهواء بالمنطقة مقارنة بالفرشات الرملية التى يتخللها أحيانا بعض البقع النباتية.

وقد أتضح فى دراسة عن حركة الرمال بنفود الجافورا [Abolkhair, 1981] أن عملية سفى الرمال تحدث فى إتجاه عام من جهة الشمال والشمال الغربى نحو الجنوب حيث تقع العديد من المدن مثل مدينتى الظهران والهفوف، مما يزيد من أهميتها كمصدر أساسى للجزئيات العالقة بالهواء التى تقل حجم حبيباتها عن ٠,١ ملليمترا. وقد أثبتت ذات الدراسة أن سرعة الرياح اللازمة

لبدء عملية سفى الرمال فى هذه النفود تبلغ ٥,٣ متراً/الثانية. ومن الجدير بالذكر أن النسبة المئوية لتكرار هبوب هذه الرياح[1] (التى تزيد سرعتها عن٥,٣ متر/الثانية) تبلغ أقصاها فى شهر يونية فى محطتى الرصد المناخى بالقطيف والهفوف حيث تصل نسبتها إلى ٣٢% و ٢٢% من تكرار هبوب الرياح على كل منهما. وتنشط عملية سفى الرمال بالمنطقة خلال الفترة من شهر فبراير إلى شهر أغسطس حيث يكثر هبوب هذه الرياح لتتراوح النسبة المئوية لتكرارها بين ١٢% و٣٢% فى محطة القطيف، وبين ٩ و ٢٢% فى محطة الهفوف (شكل - ٤).

هذا وتختلف سرعة الرياح اللازمة لبدء عملية سفى الرمال بإختلاف حجم حبيبات الرمال ذاتها (جدول -١)[2] حيث تقل سرعتها فى نفود الدهناء فى حالة الحبيبات الدقيقة لتتراوح بين ٤,٥ و ٦,٧ متر/الثانية، بينما ترتفع إلى ١٣ متراً/ الثانية تقريباً فى حالة الحبيبات الخشنة.

ويؤدى أيضا إرتفاع سرعة الرياح إلى زيادة سرعة هجرة الكثبان الرملية فى نفود الجافورا حيث تبلغ سرعتها ٠,٨٩٦ سنتيمتراً/الساعة فى ظل رياح متوسط سرعتها ٥,٥ متراً/الثانية. بينما ترتفع لتصل إلى ١١ سنتيمتراً/الساعة فى ظل رياح متوسط سرعتها ١٥ متراً/الثانية .[Ibid, 1981. p.161].

وترتفع كمية الرمال التى تحملها الرياح فى أثناء إرتفاع سرعة الرياح (جدول١) لتبلغ ٦,٣ كيلوجرام/متر/الساعة حينما تبلغ سرعة الرياح ٥,٨متر/الثانية، وتصل كميتها إلى ١٥٧,٥كيلوجرام/متر/الساعة عندما تبلغ سرعة الرياح ١٦ متر/ الثانية. [Ibid, 1981. p.119].

---

[1] الرياح الخرجة اللازمة لبدء عملية سفى الرمال فى منطقة الدراسة.

[2] تم وضع جميع الجداول فى الملحق.

شكل (٤) معدل التكرارات النسبية لهبوب الرياح الحرجة

ومما يزيد من خطورة عمليتى سفى وزحف الرمال حدوثهما إلى الغرب مباشرة من السهل الساحلى حيث أكبر الكثافات السكانية وأهم المدن مثل مدينة الدمام العاصمة الإدارية للمنطقة ومدينة الجبيل أكثر المدن السعودية أهمية من الناحية الصناعية وغيرهما (شكل - ٣) [1] ويرجع ذلك إلى إمتداد نفود البياض/الجافورا فى شكل طولى موازى مباشرة للسهل الساحلى، فضلا عن كون الرياح السائدة شمالية إلى شمالية غربية، مما يترتب عليه تلوث هواء هذه المدن الساحلية بالرمال والأتربة. كما تمتد آثاره المدمره إلى منشآتها الحيوية. وقد أثبتت بعض الدراسات [آل سعود، سنة ١٩٨٦] أن عملية سفى الرمال فى نفود الجافورا تهدد المنشآت البترولية فى مدينة بقيق وتصل آثارها أيضاً إلى مدينتى الدمام والظهران.

كما اتضح فى دراسة أخرى أن واحة الإحساء الزراعية [2] تفقد سنويا حوالى عشرين هكتاراً من الأراضى الزراعية [رجب، سنة ١٩٨٧. ص٤] . حيث تقع واحة الإحساء وعاصمتها الهفوف محاطة بالفرشات الرملية المتحركة إذ تحاصرها نفود الجافورا شرقا ورمال صحراء النفود شمالاً (خارج حدود منطقة الدراسة) والكتل الجبلية التى تتخللها الكثبان الرملية وكذلك نفود الدهناء غرباً وصحراء الربع الخالى جنوباً. وقد صاحب مورفولوجية هذا الموقع الجغرافى للواحة تعرضها لعواصف السموم التى تهب من صحراء الربع الخالى فى الربيع وأوائل الصيف، ومن ثم تؤدى إلى هلاك المزروعات الحساسة فضلا عن نباتات

---

[1] يقع فى السهل الساحلى حوالى (٦٥%) من مدن المنطقة.

[2] هى أكبر واحة فى شبه الجزيرة العربية وأقدمها من حيث الاستقرار البشرى والحضارى وتعتبر أكبر مراكز الثقل الزراعى فى المنطقة حيث يوجد بها أكبر مشروع للرى والصرف (فى السعودية) معتمدا على مياه العيون [رجب، سنة ١٩٨٧. ص١]. وتبلغ كثافتها السكانية ٢٦ نسمة/كيلومتر المربع [الجندان، سنة ١٩٨٤. ص٨٢]، وتضم أربع مدنا (مدينة الهفوف عاصمتها) بالاضافة إلى ثمانى وخمسين قرية [الشريف، سنة ١٩٨٤. ص١٢٥]. وتبلغ مساحة إمارة الأحساء ٩٠٣٠ كيلومترا مربعاً، تشغل الواحة ٣٠٠ كيلومترا مربعا منها. وتصل مساحة الأراضى الزراعية والقابلة للزراعة فى هذه الواحة عشرين ألف هكتارا تتناقص باستمرار بسبب زحف الرمال عليها [رجب، سنة ١٩٨٧. ص٢].

المراعى على أطراف الواحة. كما تتعرض للعواصف الرملية التى تحدث فى أعقاب زحف الكتل الهوائية القطبية القارية التى تتحرك صوب المنطقة شتاءً، وكذلك العواصف التى تحدث فى أعقاب مرور المنخفضات الجوية الشتوية.

ومن الجدير بالذكر، أن مدن المنطقة تتأثر بعامل القرب من الصحراء حيث تعتبر المدن الصحراوية عائقاً أمام حركة الرياح المترية مما يقلل من سرعتها. وحينئذ تبدأ الرياح فى عملية ترسيب حمولتها من الأتربة والرمال الدقيقة العالقة على مداخل هذه المدن.

وهكذا تتجمع حول المدن الصحراوية بمرور الوقت أكوام رسوبية دقيقة تصبح مصدراً دائماً لإمدادها بالغبار فى أثناء زيادة سرعة الرياح ونشاط الدوامات الترابية صيفا وربيعا فى المنطقة. وتتوقف عمليات تغذية هواء المدن بالغبار على اتجاه الرياح السائدة وتعامد محاور الشوارع وفتحاتها على الصحراء المجاورة [مصيلحى، سنة ١٩٨٦. ص١٣٦].

ويغطى معظم سطح المنطقة تكوينات الزمن الرابع التى تتمثل إلى جانب الرواسب الرملية (التى تغلب على التكوينات السطحية بالمنطقة) فى الإرسابات الطميية فى بطون الأودية. ويعتبر وادى الباطن أهم وديان المنطقة إذ يبلغ طوله حوالى ٤٢٥ كيلومترا من طرف نفود الدهناء حتى منطقة الزبير بالعراق [الشريف، سنة ١٩٨٤. ص٨٧]. هذا بالإضافة إلى وادى السهباء الذى يبلغ طوله حوالى ٤٠٠ كيلومترا بما فى ذلك الاجزاء المطمورة تحت نفود الجافورا [المصدر السابق ص ٨٩]. وتغطى بطون هذه الأودية إرسابات طميية تتكون من طين ورمل وحصباء فى صورة غير متماسكة.

وتنتشر القشرات الصحراوية أيضا فى مساحات متفرقة من المنطقة وتبدو هذه القشرات الصحراوية فى صورة غطاء سطحى من حجر الكلس الرملى الصلب فوق الأصل الصخرى. وترجع فى نشأتها إلى ذوبان الأملاح وصعودها إلى السطح مع حركة المياه الجوفية بفعل الجاذبية الشعرية والتى سرعان ما تتبخر تحت ظروف الحرارة المرتفعة بالمنطقة [البنا، سنة ١٩٧٠ . ص٢٩٨].

وتعانى التربة فى المنطقة من إرتفاع نسبة الملوحة نتيجة لكثافة عملية الرى بمياه مرتفعة الملوحة أصلا، فضلا عن سرعة تبخر المياه وتراكم الأملاح. ويقدر على سبيل المثال ما يضاف من الأملاح لتربة واحة الإحساء مابين ٤٠ و ٦٠ طنا/هكتار/سنويا [الجندان، سنة ١٩٨٤. ص٤٨]. ويستدل من ذلك على إنتشار الأراضى الجرداء التى تغطيها المفتتات السائبة الرملية والملحية التى يسهل تذريتها بفعل الرياح لتصبح مصدراً متجدداً فى المنطقة لتلوث الهواء بالجزيئات الصلبة.

(٢) نطاق السهول:

يمتد نطاق السهول بين ساحل الخليج العربى شرقا وخط كنتور ٢٥٠ مترا غربا الذى يمثل حافة هضبة الصمان. ويتميز هذا النطاق بالانخفاض العام وقلة التضرس. وتبلغ مساحته نحو ٣٠ الف كيلومتر مربع [محسوب، سنة ١٩٩١. ص٢٩٤] ، ويشمل السهول الساحلية والسهول الداخلية. وتشرف السهول الساحلية على الخليج العربى بطول يبلغ حوالى ٥٠٠ كيلومترا من رأس الخفجى شمالاً إلى دوحة سلوة جنوباً بين دائرتى عرض ٤٠ ٢٤ و ٢٠ ٢٨ شمالا. ويتباين إتساعها وفقا لمدى زحف رمال الجافورا نحو خط الساحل حيث يبلغ أقصى إتساع لها شمال مدينة الجبيل ليصل حوالى ٣٦٠ كيلومترا عند رأس السفانية ويتدنى إتساعها ليبلغ حوالى ٦٥ كيلومترا عند دوحة سلوة جنوبا [خريطتا وزارة المالية والاقتصاد الوطنى رقم (٢٠٧ب) سنة ١٩٥٧و(٢٠٨ب) سنة ١٩٥٨].

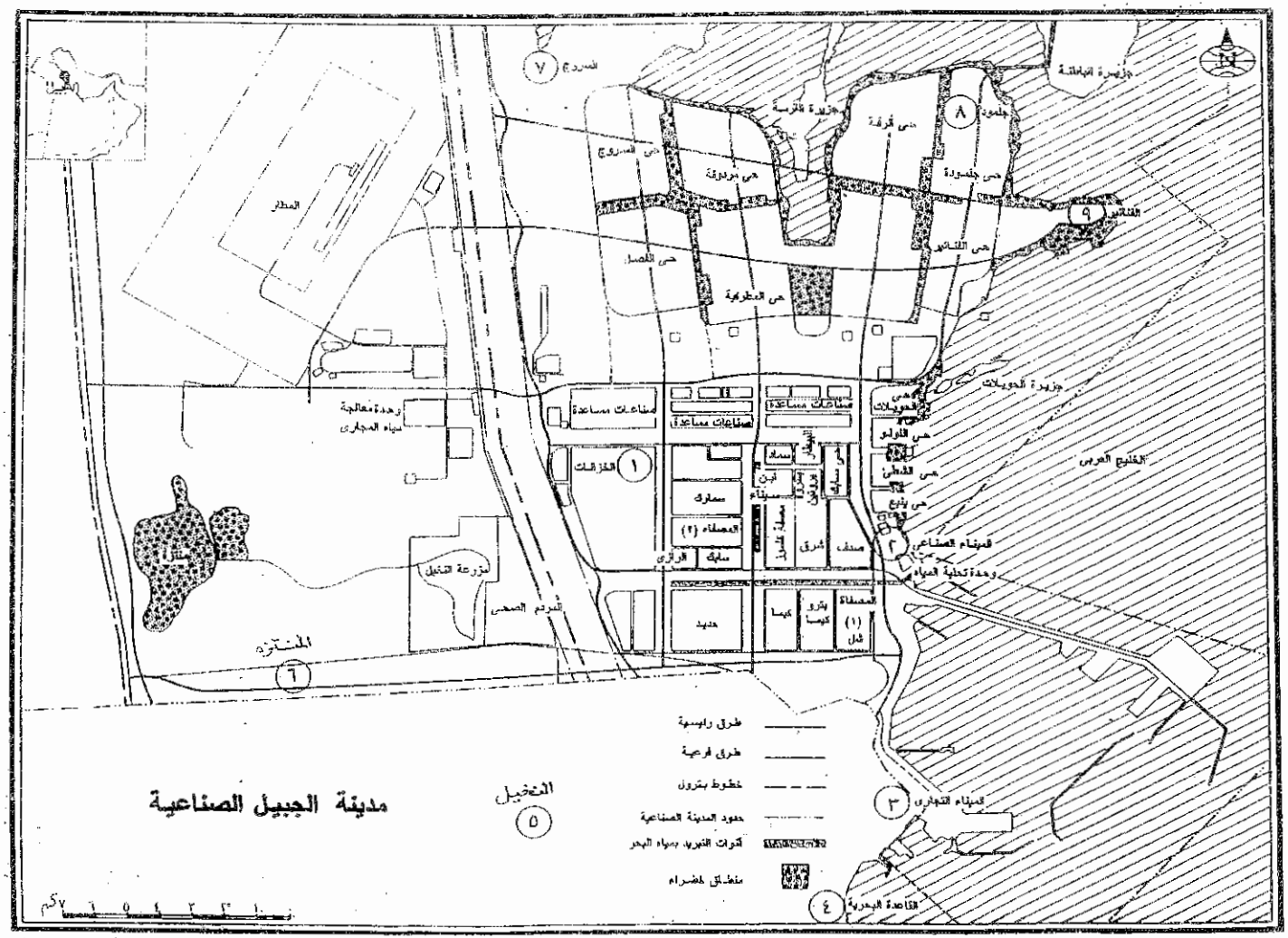
وتتميز هذه السهول بإنخفاض مناسيبها إذ لا تتجاوز ١٠٠ متراً تقريباً (شكل-٣). ويغلب عليها طابع الإستواء وتنتشر فيها الكثبان الرملية والنباك التى تنمو بها الحشائش القصيرة المتفرقة. وتنتشر بسبب إنخفاض السطح السبخات التى تتميز بإتساعها بالقرب من الساحل فيما بين مدينتى الجبيل والقطيف ومن أكبرها سبخة الرياس وسبخة الضبية وسبخة الخيضرية وسبخة دنان وسبخة آل عبدالله وغيرها (شكل-٣). وتتكون رواسب هذه السباخ من

الرمل والطين وتتميز بإرتفاع نسبة الملوحة بسبب ندرة المطر وشدة التبخر فى ظل إرتفاع الحرارة معظم شهور السنة مما يؤدى إلى تراكم المتبخرات Evaporates والمعادن والأملاح فوق سطحها الجاف لتصبح ضمن المفتتات السائبة التى تذروها الرياح فى صورة جزئيات صلبة يحملها الهواء.

وتنتشر سهول المد Tidal Plains والمستنقعات Swamps بنوعيها - اللاجونات الساحلية والمستنقعات الداخلية - فى مساحات متفرقة من نطاق السهول الساحلية خاصة شمالى مدينة الجبيل الصناعية إذ ينخفض منسوب السطح إلى أقل من خمسة أمتار حول ساحل الخليج العربى الشمالى حيث تقع محطتى السروج وجلمودة للرصد البيئى (شكل -٥). وتتخلل سهول المد بعض التلال Hills التى يتراوح إرتفاعها بين ٢٠ و ٣٠ متراً كما هو الحال فى شرق وجنوب محطة السروج وتنتشر كذلك بعض النباتات الشجيرية الخفيفة بالقرب من محطة جلمودة.

ومما يذكر أن المستنقعات بنوعيها تعد مصدراً طبيعياً لانبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين أحد الملوثات الخطيرة للهواء بالمنطقة. وينعكس ذلك بوضوح فى إرتفاع تركيز هذا الغاز السام فى هاتين المحطتين بسبب إنخفاض السطح حيثما يهبط ويتراكم نتيجة لارتفاع كثافته مقارنة بالهواء. وتختلف درجة التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين تبعا لإختلاف الظروف المناخية، إذ ترتفع خلال شهور الفصل الحار حينما تنشط عمليات التحلل الطبيعى Natural Decay Process فى المياه الراكده بالمستنقعات فى نطاق السهول.

هذا وتكثر الكثبان الرملية المتحركة فى نطاق السهول الساحلية حيث تقع محطتى النخيل والمنتزة (شكل -٥). إذ تحاط محطة النخيل بكثبان رملية متحركة يتراوح ارتفاعها بين ثلاثة وخمسة أمتار. وتؤدى عمليتى سفى الرمال وزحف الكثبان إلى تغطية الطرق المؤدية إليها فيتعذر فى كثير من الأحيان متابعة عمليات الرصد. وقد انتهى الأمر بتوقف عمليات الرصد تماما فى هذه المحطة منذ عام ١٩٨٣. ويتجه السطح إلى الارتفاع الطفيف نحو الداخل حيث محطة المنتزة


مدينة الجبيل الصناعية
المطار
المدرج
حي المدرج
حي بردرة
حي قرقة
حي جفورة
حي الفناتير
حي الفصل
حي الدطرفية
جزيرة الحويلات
حي الحويلات
حي الفواتير
حي الشاطئ
حي بنبع
الخليج العربي
صناعات مساعدة
صناعات مساعدة
الخزانات
مصارف
المصلاة (٢)
مسابك
قرازي
مسجد
شرق
مسلة المشعل
أبراج البناء
مصارف
مسابك
حديد
كيما
بترو كيما
المصلاة (١)
شل
وحدة معالجة مياه المجاري
مزرعة النخيل
المدرج الصخري
المنتزه
الميناء الصناعي
وحدة تحلية المياه
الميناء التجاري
القاعدة البحرية
النخيل
طرق رئيسية
طرق فرعية
خطوط بترول
حدود المدينة الصناعية
أنبوبات النفريغ بمياه البحر
مناطق الخضراء
١ كم

شكل ٥

التى تقع على ارتفاع حوالى ثلاثة وعشرين مترا. وبالرغم من ذلك تعانى أحيانا من عملية سفى الرمال التى تؤدى إلى اغلاق الطريق المؤدى إليها. مما يستلزم أخذ بعض الاحتياطات للحيلولة دون توقف عمليات الرصد. ومما لا شك فيه أن إنتشار الكثبان الرملية وما يرتبط بها من عمليتى سفى الرمال وزحف الكثبان يؤدى إلى إرتفاع تركيز الجسيمات العالقة الصلبة فى نطاق السهول الساحلية خاصة حيثما تقع محطة المنتزة الداخلية كما سيتضح فيما بعد.

ويساعد انحدار السهول الساحلية إنحدارا بطيئا نحو الشرق (أقل من درجة واحدة فى معظم أجزائه، [محسوب، سنة ١٩٩١ . ص٢٩٤] - حيث تقع معظم المدن والمناطق الصناعية - على سهولة إنتقال ملوثات الهواء بين مدن المنطقة على طول خط الساحل. كما يسهل استقبالها لملوثات الهواء من خارج الحدود السعودية. ويعتبر تلوث الهواء بغاز الأوزون - أخطر ملوثات الهواء بالمنطقة - أوضح الأمثلة على ذلك. إذ تعانى المنطقة من إرتفاع درجة التلوث بغاز الأوزون الذى يتكون كيميائياً خارج الحدود لينتقل مع نسيم البحر القادم من الخليج الى المنطقة فيما يعرف بظاهرة الاوزون البحرى.[1]

ولا تختلف السهول الداخلية التى تعرف بسهول الحسا عن تلك السهول الساحلية إذ لا يتجاوز إرتفاعها مائتى متر (شكل-٣). وتمتد محصورة بين نفود الجافورا شرقا ونطاق الهضاب غرباً. وتنتشر هنا التكوينات الرملية بأشكالها المختلفة ويقل إتساع السبخات مقارنة بمثيلاتها فى السهول الساحلية. وتظهر هذه السبخات الداخلية فى المناطق التى تتوازن فيها الترسيب الهوائى والتذرية ويتحكم فيها مستوى المياه الجوفية، ومن أمثلتها سبخة رامادان وسبخة القفيلة وسبخة مريقب إلى الشرق من مدينة الهفوف (شكل-٣).

---

[1] ستدرس هذه الظاهره بالتفصيل فى الفصل الثامن.

(٣) نطاق الهضاب:

يمتد نطاق الهضاب بين خطى كنتور ٢٥٠-٥٠٠ مترا محصورا بين السهول شرقا ونفود الدهناء غرباً ويضم هضبتى الدبدبة والصمان. وتمثل هضبة الدبدبة الطرف الشمالى للمنطقة وتمتد بين دائرتى عرض ٢٨ و ٢٩ درجة شمالا. ويتراوح ارتفاعها بين ٢٠٠ و ٤٠٠ متراً واتجاهها العام نحو الشرق والشمال. وتمتد هضبة الصمان فى صورة قوس يبلغ طوله ٤٠٠ كيلومتراً بمتوسط اتساع حوالى ١٦٠ كيلومترا [الشريف، سنة ١٩٨٤ . ص٥٤] . وتنتشر فى هضبة الصمان الظواهر الكارستية إذ أن صخورها جيرية ترجع إلى عصر الميوسين [جودة، سنة ١٩٨٩ . ص٤٩]. وتعتبر "بالوعات الإذابة" من اشهر الظاهرات الكارستية بالهضبة وهى عبارة عن حفر وفجوات ناتجة عن فعل الإذابة بواسطة مياه المطر ويطلق عليها محليا اسم الدحول (مفردها دحل). وتكثر هذه الدحول فى شمال الهضبة حيث يصيبها قدراً أكبر من مياه المطر مقارنة بجنوبها الذى تكثر فيه التلال الصخرية. ويتراوح إرتفاع هذه الهضبة بين ٥٠٠ مترا فى طرفها الغربى والجنوب الغربى و ٢٥٠ مترا فى طرفها الشرقى (شكل-٣).

ويلعب الإرتفاع النسبى فى مناسيب هذا النطاق الهضبى دوراً سلبياً وآخر إيجابياً فيما يتعلق بتلوث الهواء بالمنطقة. ويكمن الدور السلبى فى حصر ملوثات الهواء الناتجة عن النشاط الصناعى بالمدن الساحلية فى نطاق السهول شرقا فيحول دون توزيعها وإنتشارها على نطاق أوسع. ويتبع ذلك إرتفاع تركيزها بالمدن الساحلية التى تتمتع بأكبر كثافة سكانية، فتزيد درجة خطورتها على صحة السكان. بينما يكمن الدور الايجابى فى كونها تحد نسبيا من سرعة انتقال الملوثات الصلبة من رمال نفود الدهناء غرباً إلى المدن الساحلية شرقا فيتبع ذلك إنكماش فى تأثير نفود الدهناء فيما يتعلق بالتلوث بالجسيمات الدقيقة العالقة. وتعد نفود الجافورا لهذا السبب عاملاً أكثر تاثيراً وأهميةً - مقارنة بنفود الدهناء - فى مشكلة التلوث بالجسيمات العالقة بأحجامها المختلفة حيث تمتد طولياً (بمحازاة أهم مدن المنطقة من جهة الغرب) من ميناء الجبيل شمالاً فى

صورة عروق رملية خفيفة يزيد اتساعها جنوبا لتصبح كلسان لرمال صحراء الربع الخالى فى إتجاه مدينة الهفوف كما تتميز بإنحدارها العام جهة الشمال والشرق ليبلغ حوالى ١٥٠ متراً بالقرب من مدينة الهفوف غرباً ويتدنى إلى أقل من مائة متر بمحازاة ساحل الخليج العربى شرقا.

وهكذا يسمح إنخفاض السطح فى نطاق السهول بتوغل نسيم البحر القادم من الخليج العربى إلى الأراضى الداخلية بالمنطقة فيؤدى إلى إرتفاع معدلات الرطوبة النسبية حتى فى أكثر شهور السنة حرارة. ويساعد ذلك على حدوث العديد من التفاعلات الكيميائية بين الملوثات الغازية وإنتاج أخرى جديدة أكثر خطورة على صحة سكان المنطقة. وتسمح فى ذات الوقت بسهولة إنتقال الملوثات الغازية من خارج الحدود السعودية إلى المنطقة كما هو الحال بالنسبة للتلوث بغاز الاوزون البحرى المنقول عبر الخليج العربى.

ويقوم النطاق الهضبى بدور السد الذى يحول دون توغل جزءً كبيراً من رمال نفود الدهناء إلى النطاق الساحلى حيثما تقع أغلب مدن المنطقة ويعيش معظم سكانها.

ويقتصر بذلك المصدر الطبيعى للتلوث بالجسيمات العالقة على نفود الجافورا لموقعها الجغرافى وخصائصها المورفولوجية.

ثالثا: الخريطة النباتية

يعد النبات الطبيعى محصلة العلاقة بين الخصائص المناخية وسمات التربة والإمكانات الهيدرولوجية لأى منطقة وقد فرض الموقع الفلكى للمنطقة نمط المطر الصحراوى الذى يتميز بالندرة والتذبذب فى كميته التى لا تكفى إلا لنمو النذر القليل من النبات الطبيعى.

وتنمو فى المنطقة النباتات المعروفة بالجفافيات Xerophytes التى تتحمل ندرة المياه وإرتفاع درجة حرارة الهواء. وتتميز بعض هذه الجفافيات بأنها نباتات مستديمة Perennial Plants تسعى جاهدة للتكيف مع

الخصائص الهيدرولوجية والمناخية بالمنطقة. ويعتبر نبات الصبير Cactus من أكثرها طولا بسبب قدرته على تخزين الرطوبة في جذوره وسيقانه وأوراقه.

وتتعايش أيضا أشجار السنط Acacia وأشجار الطرفاء Tamarisk على ندرة المياه بخفض إحتياجاتها المائية والمحافظة على المتاح منها باتخاذها أوراق شوكية وإبرية تقلل التنفح إلى أدنى مستوى ممكن. ويستطيع نبات الحنظل بواسطة جذوره العميقة إمتصاص الماء من أعماق التربة ليظل محتفظا بأوراقه الخضراء مترفة في موسم الجفاف. وتتميز أنواع أخرى من الجفافيات بعدم قدرتها على مقاومة الجفاف فتقتصر دورة نموها خلال الفترات الرطبة فقط وهي النباتات الموقتة Ephemeral Plants. وتتميز هذه النباتات بسرعة نموها خلال موسم المطر حتى أنه يمكن أن نغير وجه الصحراء خلال الفترات الرطبة القصيرة ثم ما البث أن تختفي جميع مظاهر الحياة النباتية [البنا، سنة ١٩٧٠، ص ص ٣٦٠ - ٣٦٧].

ويعد الشاطئ الساحلي بالمنطقة أنسب المناطق لنمو النبات الطبيعي حيث الأرض المنخفضة المواجهة للمنخ الغربي فتتمتع بالرطوبة النسبية المرتفعة معظم شهور السنة وتستفيد من الندى الذي يتكون ليلا وخلال ساعات الصباح الباكر.

ويعد الندى من أهم مصادر المياه للنبات في هذه المنطقة إذ يعوض جزء كبيراً من ندرة مياه المطر. وتنمو في سهول المد والمستنقعات ومنخفضات الشاطئ بعض النباتات الشجيرية القصيرة، بالإضافة إلى نمو بعض الشجيرات الملحية التي تتحمل الملوحة العالية في أراضي السبخات الساحلية والداخلية أيضا كالطرفاء [البنا، سنة ١٩٧٨، ص ١٤٧].

ومما يذكر أن شيوع التكوينات الرملية كأهم مظهر مورفولوجي في المنطقة، بجانب حركتها السريعة في ضوء شدة الرياح، يعتبر ثاني أكبر التحديات - بعد ندرة المطر - لنمو النباتات الطبيعية. وحيثما ينمو النبات الطبيعي، يصبح عاملاً مثبتاً للكثبان الرملية مما يحد نسبياً من خطورة عمليتي دفن وزحف

الرمال على المنشآت الحضرية. ويتبع ذلك بالضرورة إنخفاض نسبى فى كمية الجزيئات الرملية العالقة بالهواء.

وهكذا فقد فرضت ندرة المطر الصحراوى بالمنطقة فقراً فى الحياة النباتية، وحصرتها فى نوع الجفافيات التى تتحمل شح المطر وتذبذبه.

وساهمت مورفولوجية المنطقة وشيوع التكوينات الرملية من نفوذ الجافورا ونفوذ الدهناء وصحراء الربع الخالى فى تقلص فرص نمو النبات الطبيعى لا سيما تحت تأثير عمليتى سفى الرمال وزحفها. وهكذا تفتقد المنطقة للدور الإيجابى للنبات الطبيعى فى تثبيت الرمال والحد من آثارها الملوثه للمدن الصحراوية المجاورة.

خلاصة الفصل:

قد حدد الموقع الفلكي والموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة النمط المناخي العام. فضلا عن دوره الحاسم في صياغة العلاقات المكانية التي فرضت توجهات اقتصادية وعمرانية محددة على سكان المنطقة. وقد أسهمت مورفولوجية المنطقة في توفير ملوثات الهواء الصلبة إذ تنتشر القرشات الرمليـــة المفككـــة لتصبـــح مصدرا للتلوث في أثناء عمليتي سفي الرمال وزحـــف الكثبـــان. وتلعـــب تفـــوه الجفارة الدور الأكبر في هذا المضمار نتيجة لموقعها الجغرافي من المســـتقرات العمرانية من ناحية، وخصائص رمالها الحجمية والديناميكية في إطـــار ســـرعة الرياح وإتجاهها بالمنطقة من ناحية أخرى.

ويسمح إنخفاض السطح في النطاق الساحلي بسهولة نقـــل الملوثـــات الغازية من مناطق الجوار خارج الحدود السعودية إلى منطقة الدراسة، بينما يقوم النطاق الهضبي بدور السد الذي يحول دون توغل الملوثات الصلبـــة مـــن تفـــوه الدمنات إلى المدن الساحلية.

وتفتقد المنطقة للدور الإيجابي للنبات الطبيعي في تثبيت الرمال والحـــد من إنتشار الملوثات الغبارية في المدن خاصة التـــي تتعـــامد مداخلـــها وفتحـــات شوارعها على الصحراء المجاورة مثل مدينة الهفوف.