أثر الرياح على انجراف التربة في اليمن

د/ علي مصطفى القيسي •

المقدمة

تشغل الجمهورية اليمنية الركن الجنوبي الغربي لشبه الجزيرة العربية وتبلغ مساحتها ٥٥٥ ألف كيلومتر مربع[١] . وهي في الغالب أراضي جبلية وصحراوية وتطل على البحر الأحمر بساحل يمتد من مضيق باب المندب ولمسافة تبلغ حوالي ٥٠٠ كيلومتر ، كما تمتد على الساحل الجنوبي المطل على خليج عدن والبحر العربي من رأس الشيخ سعيد غرباً حتى رأس ضربة على شرقاً مسافة تبلغ حوالي ١٥٠٠ كيلومتر . يتألف القطاع الغربي من كتلة جبلية ضخمة ذات قمم عالية من (٣ آلاف متر فوق سطح البحر) وفيها قمة جبل النبي شعيب (٣٧٦٠) متر أعلى قمة في شبه الجزيرة العربية تنحدر باتجاه الهضبة والسهل الساحلي (تهامة) في الغرب وباتجاه الهضبة والسهل الصحراوي في الشرق . أما القطاع الجنوبي به جبال حضرموت التي تمثل خط تقسيم المياه بين الوديان المتجهة جنوباً إلى البحر العربي وتلك المتجهة شمالاً نحو الصحراء .

تلعب العوامل المناخية دوراً أساسيا في تحديد المناطق الجافة في العالم على الرغم من تأثير العوامل البشرية الذي ينحصر في توسيع نطاق الجفاف وتعتمد العلاقة بين المناخ والقدرات الحتية للرياح على شدة ومعدل تكرار هبوب الرياح واثر سقوط الأمطار والتبخر على الميزان الرطوبي للتربة خلال فترات هبوب الرياح حيث تكون التربة اقل قابلية للانجراف بالرياح عندما تكون رطبة بدرجة كافية وعندما تنخفض نسبة الرطوبة في التربة إلى ما دون نقطة الذبول الدائم** فعندها يبدأ

• كلية الآداب -جامعة تعز

** إن معدل النتح الحقيقي يبقى مساويا لمعدل النتح الكامن ما دامت نسبة الرطوبة في التربة أعلى من ٧٠٪ من السعة الحقلية . وتتناقص سريعا دون هذه النسبة ونقطة الذبول تختلف من تربة إلى أخرى . فعلى سبيل المثال يبقى النبات في التربة الرملية مستفيدا من الرطوبة فيها ما دامت في مدى يقع بين السعة الحقلية وبين١ ٪ منها في حين يكون هذا المدى في التربة الطينية بين السعة الحقلية وبين نسبة ٢٥٪ منها . وتبدا معدلات الهبوط في نمو النبات فيها عندما تفقد ٥٠٪ من سعتها الحقلية .

تأثير الرياح في جوف التربة وكلما زادت سرعة الرياح زادت قدرتها لالتقاط الحبيبات من التربة ونقلها بعيداً ولكن هذا يعتمد أيضا على خشونة السطح ودرجة تماسك الحبيبات وحجمها .

وتتعرض التربة في اليمن كمورد طبيعي مهم جداً خاصة وان نسبة الأراضي الزراعية عموماً لا تزيد عن ١,٦ مليون هكتار من إجمالي المساحة الكلية للبلاد إلى عمليات التعرية والانجراف بفعل الطاقة الحركية الناجمة عن فعل الرياح أو المياه وهذا بحد ذاته يعد هدرا لهذا المورد الطبيعي. وقد قدرت بعض الدراسات أن الغطاء النباتي في اليمن قد انخفض من ٥٣٢ مليون هكتار عام ١٩٧٠ إلى حوالي ١,٥ مليون هكتار عام ١٩٩٣م ويقدر معدل التصحر في اليمن بين ٣ -٤ ٪ سنوياً[٢]. وتتعرض الأراضي الزراعية للزحف الصحراوي بدرجات متفاوتة وتعاني حوالي ٣,٦٣ مليون هكتار من الأراضي الزراعية في المحافظات الشمالية للتعرية الهوائية[٣] ، وحوالي ٣,٨٣ مليون هكتار تعاني من التملح وحوالي ١٣ مليون هكتار تعاني من التعرية المائية [٤] .

ويزداد تأثير التصحر في اليمن في جميع البيئات ابتداء من البيئة الصحراوية والبيئة الساحلية والبيئة الجبلية حيث تتعرض المناطق الشمالية الشرقية (حضرموت والمهرة ومأرب) لدرجة عالية من زحف الرمال التي يصل ارتفاعها إلى اكثر من ١٠٠ متر فضلاً عما يعانيه الشريط الساحلي ابتداء من محافظة المهرة شرقاً وحتى باب المندب غرباً ومن باب المندب جنوباً حتى سواحل محافظة الحديدة على ساحل البحر الأحمر شمالاً من حركة الرمال النشطة على حساب الأراضي الزراعية والطرق العامة ومصادر المياه والمنشآت السكنية والصناعية[٥] .

ويأتي هذا البحث كمحاولة للتعرف على جزء من تأثير العوامل المناخية السلبي في تصعيد عمليات انجراف التربة بفعل الرياح في الجمهورية اليمنية من خلال تقسيمها إلى أقاليم باستخدام معادلة ثورنثويت ومعادلة (chepil) (شبل) على أساس حساب متوسط سرعة الرياح السنوي (ميل / ساعة) ومحتوى التربة من الرطوبة من خلال فعالية التساقط السنوي (أنج) ولم يأخذ البحث بنظر الاعتبار

العوامل الطبيعية الأخرى ودور الإنسان في انجراف التربة مع فهمنا وإدراكنا لأهميتها إلا أنها اقل أهمية من دور المناخ وقد اعتمد الباحث على المعطيات المناخية التي لها علاقة في عملية انجراف التربة بفعل ٢٧ محطة مناخية تغطي مساحة الجمهورية اليمنية وتأتى أصالة هذا البحث من خلال اعتباره أول محاولة في هذا المجال اعتمدت الأسلوب الكمي في تقدير فعالية الدور السلبي للرياح وتوضيح ذلك من خلال إعداد خارطة للأقاليم التي تعرضت فيها التربة للانجراف ومصنفة على أساس مقدار شدة الانجراف في كل إقليم من أقاليم الجمهورية اليمنية .

المعطيات المناخية : للعوامل المناخية دور أساسي في تشكيل التربة لأنه يؤثر بصورة مباشرة في ذلك من خلال الظروف الحرارية والرطوبية حيث أن شدة الجفاف وارتفاع درجات الحرارة شبه الدائم كلها عوامل تساعد على تفضيل دور الرياح السلبي في اليمن وتفاقمها وهي : -

١ - **الأمطار :**

أن خصائص ظروف سقوط الأمطار في اليمن وطبيعتها وتوزيعها مكاناً وزماناً من العوامل الطبيعية الأساسية المساعدة لزيادة تأثير فعل الرياح في انجراف التربة . تختلف كمية الأمطار فوق ارض اليمن من منطقة إلى أخرى نظراً لاتساع المساحة واختلاف الظروف الجغرافية التي تؤدي إلى سقوط الأمطار وعموماً فان كمية الأمطار الساقطة السنوية تقل في المناطق الساحلية وتزداد بالاتجاه شرقاً نحو المرتفعات الجبلية. يتركز سقوط الأمطار في اليمن في فصلين رئيسيين إحداهما صيفي ويحتل ٩٠٪ من الأمطار السنوية حيث يخضع للرياح الموسمية القادمة بشكل أساسي من مراكز الضغط العالية في المحيط الهندي[٦] . ويمتد النظام الصيفي من شهر يوليو إلى سبتمبر وتصل أقصى كمية في شهر أغسطس[٧] . والفصل الثاني يمتد ما بين شهري مارس ومايو وهو موسم الربيع تسقط به أمطار محدودة . كما يلاحظ أن تاريخ بدء و انتهاء موسم الأمطار والجفاف في اليمن يختلف من مكان لأخر وخاصة ما بين المناطق الشمالية والجنوبية والداخلية وذلك تحت تأثير عامل التضاريس وخصائص حركة الجو المدارية .

أما فترة الجفاف في اليمن فتمتد من أواخر الخريف وفصل الشتاء وقد تسقط بعض الأمطار في فصل الشتاء على الشريط الساحلي للبحر الأحمر وذلك بسبب تناقص درجات الحرارة الذي يزيد من فرص التكاثف وسقوط الأمطار فضلاً عن التقاء كتل هوائية شمالية ابرد مع كتل جنوبية اسخن قد يحدث نوعاً من التضاد الحراري الذي يساعد على حدوث الأمطار[٨] .

ويرجع الجفاف الشتوي في عموم اليمن إلى ثلاثة أسباب رئيسية : –

١ – تراجع منطقة الالتقاء الهوائية المدارية مع حركة الشمس الظاهرية إلى جنوبي خط الاستواء فينحسر تأثيرها عن اليمن والمناطق المجاورة .

٢ – تزايد مراكز الضغوط العالية فوق المدارية في شمال خط الاستواء مما ينتج عنها هبوب رياح جافة من شبه الجزيرة العربية والصحاري باتجاه مراكز الضغط المنخفضة في وسط أفريقيا وفي جنوبي خط الاستواء .

٣ – تتمركز في اليمن عموماً مراكز ضغط عالية محلية بسبب الارتفاع والتبرد الأشد بالنسبة للمناطق المجاورة الأمر الذي يقلل من فرص سقوط الأمطار[٩] .لاحظ الخارطة رقم (٢)

ويتميز سقوط الأمطار في اليمن بتذبذبه الشديد حيث نجد أن كمية الأمطار في محافظة صنعاء تختلف ما بين ١٠٠ ملم والى اكثر من ٤٥٠ ملم وفي محطة الزهرة في الحديدة تتفاوت كمية الأمطار ما بين ٤٠ ملم في بعض السنوات و ٣٠٠ ملم في سنوات أخرى وعموماً نجد أن نسبة الانحراف عن معدل الأمطار السنوية كبيرة جداً حيث تتراوح ما بين ٢٠ ٪ في المناطق الرطبة كما في محطة إب واكثر من ٥٠٪ في المناطق الجافة الصحراوية وشبه الصحراوية وبصورة عامة تزداد نسبة الانحراف بتزايد الجفاف .

ويلاحظ من خلال توزيع الأمطار الفصلي أن الأمطار الربيعية تبرز بوضوح في المناطق الشمالية والداخلية من صنعاء في الوقت الذي يزداد فيه دور الأمطار الصيفية بالاتجاه جنوباً كما هو الحال في محطة إب وتعز وذلك لقربها من تأثير الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ولكونها مواجهة للرياح المطيرة . أما دور الأمطار

الشتوية فهو محدود وقد يقتصر على المناطق الداخلية الأكثر جفافاً كمحطة صنعاء حيث لا تزيد نسبته عن ١٠٪ بينما يظهر تأثير الأمطار الخريفية واضحا في سهل تهامة كما هو الحال في محطة الضحي والحديدة والزهرة[١٠] ولكن يبقى نظام الأمطار الموسمي هو المسيطر بشكل عام في اليمن. أما بالنسبة للتوزيع الشهري فهو الآخر يمتاز بتذبذبه ويلاحظ من الجدول رقم (١) أن بعض الأشهر يسقط فيها ٤٤٪ من مجموع التساقط السنوي كما هو في محطة نصاب و٣٦٪ في محطة مأرب. ويلاحظ من الجدول (١) أن الشذوذ في كمية الأمطار الساقطة يزداد مع زيادة الجفاف كما أن الشذوذ لا يحدث خلال أشهر معينة من السنة بل في أشهر مختلفة مما يوضح الطبيعة غير المستقرة في نظام سقوط الأمطار في اليمن حيث تؤدي البعض منها إلى حدوث فيضانات فجائية مكونة سيول جارفة . فإذا ما أخذنا بنظر الاعتبار أن الأشهر التي تسقط فيها من الأمطار بكمية أقل من ٢٥ ملم أشهرا جافه وعلى أساس أن معدل درجات الحرارة في اليمن يزيد عموما عن ٢٠ م° لوجدنا أن معظم مناطق اليمن تتميز بوجود فترة جفاف طويلة حيث تمتد ما بين أكثر من شهرين في محطة إب والى حوالي ١٠ .١١ شهر في المناطق الساحلية والصحراوية ومن هنا تبدو مشكلة جفاف اليمن .

الجدول (١) نسبة التساقط الشهري من

مجموع التساقط السنوي في بعض محطات منطقة الدراسة

المحطة المناخية	أعلى كمية من الأمطار الساقطة / ملم	النسبة المئوية من المجموع السنوي ٪
حجة	٨٨.٨ إبريل	١٨.٦
إب	٢٥٠ اغسطس	١٧.٢
الضحى	٣٩.٢ اغسطس	٢٨.٤
نصاب	٤٣.٣ مارس	٤٣.٣
عدن	٣.١ فبراير	٢٣.٤
مأرب	٨.٧ إبريل	٣٦
النقب	٢٠.١٤ مارس	٢٨.٥
سقطرى	٣١.٢ أكتوبر	٣٠.٣
المخاء	٩.٢ مارس	٤٢.٩

يتضح لنا أن لعامل الأمطار دورا أساسيا في خلق أوساطا طبيعية مختلفة من النبات الطبيعي يتدرج في نوعه وتوزيعه وكثافته ابتداء من النباتات الصحراوية حتى الأشجار الكثيفة في المناطق المرتفعة .. كما يبرز دور الأمطار في تشكيل التربة واختلاف شدة الانجراف من مكان لآخر .كما نجد انخفاض القيمة الفعلية للأمطار حيث تنخفض باتجاه الشرق حيث يتزامن انخفاض القيمة الفعلية للأمطار مع ارتفاع معدلات درجات الحرارة وقلة كميات الأمطار الساقطة وبالتالي ارتفاع معدلات التبخر / النتح وبالتالي ينعكس على توزيع الغطاء النباتي الذي يتدرج هو الآخر من الشرق نحو الغرب من نباتات صحراوية إلى حشائش فقيرة ثم أشجار في المناطق المرتفعة الغربية والجنوبية..

٢. درجات الحرارة:

إن وقوع اليمن ضمن العروض المدارية جعل زاوية سقوط الأشعة الشمسية تتعامد عليه في أواخر الربيع وفي النصف الثاني من الصيف وبالتالي فإن وحدة المساحة في اليمن تتلقى كميات كبيرة من الطاقة الشمسية مما يفسر ارتفاع درجات الحرارة في أيام السنة حيث لا يقل المتوسط الحراري عن ٢٠م° إلا بعد ٢٠٠٠ متر .. فاليمن بلد دافئ على مدار السنة ولولا التضاريس لأصبح بلدا شديد الحرارة في جميع الفصول ولارتفع متوسط الحرارة السنوي إلى أكثر من ٣٠م° كما هو الحال في سهل تهامة لذا فإن متوسط الحرارة السنوي في أنحاء اليمن يتراوح ما بين ١٥م° - ٣٠م° تقريبا وسبب ذلك يعود إلى التنافر التضاريس والتباين الشديد في الارتفاع[١١].

وتتأثر الظروف الحرارية في اليمن بعوامل مختلفة منها تأثير منخفض البحر الأحمر والبحر العربي والمحيط الهندي والبحر الأحمر وتأثير صحراء الربع الخالي .. ويتعرض سهل تهامة إلى ظاهرة الفوهن بسبب وجود منخفض البحر الأحمر حيث يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في معظم أيام السنة حيث لا تقل عن ٣٠م° وتزيد في فصل الصيف عن ٤٠م° . وبالتالي زيادة التبخر من البحر الأحمر وحدوث حالة من التغيم اليومي على السفوح الجبلية تختلف شدته مكانيا وفصليا مما يؤثر ذلك

على درجات الحرارة وعلى اختلافاتها اليومية والفصلية [١٢] . وعلى هذا الأساس يعد سهل تهامة الذي يجاور البحر الأحمر مرتفع الحرارة كثيرا وكذلك الأجزاء الشرقية من إقليم الهضبة حيث تظهر فيها بوضوح المؤثرات الصحراوية إذ تعد امتدادا لصحراء الربع الخالي .

لذا نجد أن متوسط الحرارة السنوي يزيد على ٢٩ م° على طول الشريط الساحلي المجاور للبحر حيث يصل إلى ٢٩,٢ م° في المخاء و٣٠,٣ م° في الزهرة و ٢٩,٤ م° في الحديدة و ٣٠,١ م° في الضحي وسبب ذلك يعود إلى تأثير منخفض البحر الأحمر وجفاف المناخ وسقوط أشعة الشمس عمودية أو شبه عمودية معظم أيام السنة .

ويأخذ متوسط الحرارة السنوي بالتناقص تدريجياً باتجاه المرتفعات الغربية والجنوبية حيث تظهر نطاقات حرارية يتحكم بتوزيعها عامل الارتفاع بالدرجة الرئيسية حيث يصل في محطة إب ١٧,٣ م° وفي محطة حجة ٢٣,٦ م° وفي صنعاء ١٨,٢ م° وفي محطة ذمار ١٥,٧ م° ثم تأخذ متوسطات الحرارة السنوية بالارتفاع في الهضبة الشرقية حيث يصل في محطة سيئون (حضرموت) إلى أكثر من ٢٦م°.

وتتصف درجات الحرارة بالتباين الكبير بسبب شدة القارية وسيادة الظروف الصحراوية عند الاتصال بصحراء الربع الخالي . وبالمقابل يتأثر المدى الحراري بعامل الارتفاع ثم لتأثير الظروف القارية الصحراوية الجافة وخاصة الأجزاء الشرقية من اليمن .

وعموما يأخذ المدى الحراري السنوي بالزيادة من الغرب باتجاه الشرق حيث يصل إلى حوالي ١٤ م° عند المناطق الساحلية وسببه أن تأثير البحر محدود ويظهر دور الظروف القارية والجفاف الكبير [١٣] . بينما يصل مدى الحراري السنوي على ارتفاع ما بين ٥٠٠ – ٢٠٠٠ متر إلى ٢٠ – ٢٢ م° في النطاق الجبلي الأوسط ما بين ٢٢ – ٣٠ م° وذلك بسبب عامل الارتفاع الذي يزيد من تأثير القارية ، ثم ينخفض باتجاه الشرق حيث يصل إلى ما بين ١٨ – ٢٢ م° وذلك لتناقص الارتفاع وتزايد درجات الحرارة باتجاه الربع الخالي[١٤]

أما متوسط الحرارة الشهري فيصل في محطة الحديدة ما بين ٣٢ – ٣٣ م° إذ تزيد درجات الحرارة عن ٣٠ م° خاصة في فصل الصيف بينما يبلغ في محطة المخاء ٣٢,٤ م° ولا تقل عن ٣١ م° في فصل الصيف . وتبلغ درجة حرارة يوليو في الزهرة ٣٣,٦ م° . ويتراوح المتوسط الشهري في محطة عدن في شهر يونيو ٣٢,٦ م° أي أن شهر يونيو هو أكثر الشهور حرارة في عدن . ثم يأخذ المتوسط الشهري بالتناقص بالاتجاه شرقا بسبب عامل الارتفاع وازدياد الرطوبة النسبية إذ يصل إلى حوالي ٢٧ م° عند ارتفاع ١٠٠٠ متر و٢٤ م° عند ارتفاع ٢٠٠٠ متر وحوالي ١٩م° عند ارتفاع ٢٥٠٠ متر ثم يزداد كلما اتجهنا نحو صحراء الربع الخالي إذ يصل إلى ٣٣ م٥ عند ارتفاع ١٠٠٠ متر . أما بالنسبة لمتوسطات درجات الحرارة في فصل الشتاء فيعد شهر ديسمبر أكثر الشهور برودة ويعود ذلك إلى انتقال موقع الشمس إلى النصف الجنوبي للأرض حيث تكون بعيدة عن اليمن وكذلك سيطرة الجفاف التام في مراكز الضغط العالي في وسط شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى حيث يقع اليمن تحت تأثير الرياح الباردة الجافة حيث يتراوح المتوسط الشهري في سهل تهامة ما بين ٢٥ . ٢٦ م° وحوالي ٢٢ م° عند ارتفاع ١٠٠٠ متر و١٥ م° عند ارتفاع ٢٠٠٠ متر ثم تنخفض إلى ١٠ م٥ عند ارتفاع ٣٠٠٠ متر [١٥] .

وعلى هذا الأساس يمكننا القول أن اليمن بلد مداري تظهر فيه المؤثرات القارية بشكل واضح وأن تأثير البحر الأحمر محدود على المناطق الساحلية حيث لا يقل المدى الحراري في محطة الحديدة الواقعة عند البحر عن ١٤ م° إذ تصل درجة القارية فيها إلى ٩٠٪ وتزاد بالاتجاه نحو الداخل حيث تصل إلى ٩٥٪.

٣.الرطوبة النسبية :

تشرف اليمن على البحر الأحمر من الغرب والبحر العربي من الجنوب ويعتبران مصدر الرطوبة خاصة في المناطق الساحلية وتقل في المناطق الداخلية . وتتأثر الرطوبة النسبية بالاختلافات الحرارية الشهرية والفصلية ومواسم سقوط الأمطار وبتأثير البحر وعامل الارتفاع . ولذا تختلف الرطوبة النسبية في اليمن من فصل لآخر ومن شهر لآخر ، ويلاحظ ارتفاع الرطوبة النسبية في الحديدة حيث لا

تنخفض عن ٧٠٪ في كل الشهور وتكون المنطقة خانقة بسبب ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة الجوية .. ويعود سبب ارتفاع الرطوبة الجوية إلى شدة التبخر من البحر الأحمر نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وترتفع معدلات الرطوبة خلال فصل الشتاء والربيع حيث تتصل ما بين ٧٥ .. ٩٠٪ وتنخفض في أواخر الربيع وفصل الصيف ويتراوح متوسط الرطوبة العظمى في عدن ما بين ٧٨ .. ٩٢٪ في جميع الشهور [١٦] ..

ويتراوح متوسط الرطوبة النسبية في محطة الفيوش (لحج) ما بين ٥٧ .. ٧٠٪ ويصل أقصاه ٧٠٪ خلال شهر ديسمبر وربما يعود ذلك إلى قلة الأمطار الساقطة خلال هذا الشهر .. وتتأثر معدلات الرطوبة النسبية في محطة صنعاء بعامل الأمطار حيث تصل أعلى معدلاتها خلال شهري مارس وأغسطس إذ تبلغ حوالي ٥٥ – ٦٠ ٪ وتنخفض في فصل الشتاء إلى ٤٥ – ٥٠ ٪ بسبب تمركز الضغوط الجوية العالية المحلية وبسبب قدوم الهواء الجاف من وسط شبه الجزيرة العربية فضلاً عن أن فصل الشتاء يعد فصلاً جافاً بالنسبة لمدينة صنعاء . ويصل متوسط الرطوبة النسبية في سيئون ما بين ٤١ – ٥٦ ٪ ويرتفع المتوسط في فصل الشتاء والربيع حيث يبلغ ما بين ٥٠ – ٥٦ ٪ وينخفض في فصل الصيف إلى ٤١ – ٤٥ ٪ بسبب إ ارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار .

٤ – الرياح :

إن واقع اليمن المناخي يساعد على زيادة دور الرياح ومن المعروف أن أكثر أقاليم اليمن جافة أو شبه جافة وكلما زاد الجفاف برز دور الرياح . وهكذا تؤثر الرياح على انجراف التربة بشدة وتقلل من خصوبة التربة بحملها المجزئيات المعدنية والعضوية. ويمكن القول أن الرياح في اليمن تصبح مؤثرة على انجراف التربة وخاصة الفقيرة بالنباتات حيث تتراوح سرعتها في محطات الدراسة ما بين ٣٫٦ – ١٦٫٩ كم / ساعة وتشتد سرعتها في الحديدة وجنوب تعز وعموم جنوب اليمن والإقليم المجاور للبحر الأحمر ثم المناطق الواقعة شرق اليمن . أما العواصف فهي قليلة الحدوث ولا تزيد سرعتها عادة عن ٥٠ كم / ساعة [١٧] .

وتخضع الرياح لتأثير الأشكال التضاريسية التي تغير من اتجاهاتها وتؤثر على حرارتها ودرجة رطوبتها وكذلك سرعتها وعموما نجد أن سرعة الرياح تبلغ أقصاها خلال ساعات النهار بسبب تزايد نشاط تيارات الحمل ولاسيما أن اليمن بلد يتميز بارتفاع درجات الحرارة في معظم أيام السنة بينما تقل سرعة الرياح أثناء الليل حيث يكون الهواء السطحي أكثر استقرارا . وتبلغ معدلات الرياح السنوية ١٦,٩ كم / ساعة في محطة الحديدة حيث سجلت أقصى سرعة للرياح (متوسط شهري) خلال شهر مايو إذ بلغت ٥,٣ م/ثا أي ما يعادل ١٩,٤ كم / ساعة . بينما سجلت أقصى سرعة للرياح (متوسط شهري) في محطة الجوف ٧,١٨ م/ثا خلال شهر نوفمبر أو ما يعادل ٢٥,٨ كم/ ساعة.

وفي محطة مآرب ٤,٢٨ م/ثا خلال شهر سبتمبر أي ما يعادل ١٥,٤ كم/ ساعة.

تقدير قدرة الرياح على انجراف التربة :

إن قدرة الرياح على انجراف التربة (التعرية) هو مقياس لقدرة العناصر المناخية الأخرى التي تساعد الرياح على القيام بدورها في تعرية التربة [١٨] . وما يزيد من فعالية الدور السلبي للرياح في انجراف التربة هو تفوق ضغط قوة الرياح على السطح على مكونات التربة لمقاومة الانفصال والدحرجة . وتزيد سرعة الرياح دور الرياح فضلا عن ارتفاع درجات الحرارة وشدة الجفاف كلها أمور تساعد على ظهور الدور السلبي للرياح في عملية انجراف التربة .

وأعتمد الباحث على استخدام معامل Chepil (شبل) المناخي في تقدير المعدل السنوي لانجراف التربة بفعل الرياح كمقياس للظروف المناخية . ويعتمد هذا المعامل على عاملين أساسيين هما سرعة الرياح وتأثير القيمة الفعلية للأمطار (دليل ثورنثويت) في استخراج قيم قابلية التربة للانجراف بالرياح [١٩] .

هناك علاقة طر دية قوية بين قوة الرياح للتعرية مع مكعب سرعتها [٢٠] ، لذا فإن سرعة الرياح تتعرض للتغيير خاصة في الأجزاء الجنوبية والغربية لليمن بسبب الطبيعة التضاريسية التي قد تقلل من سرعة الرياح إلى درجة كبيرة في هذه المواقع مما توفر نوعا من الحماية للتربة . ويقل جهد الانجراف للرياح مع تزايد الرطوبة

حيث تتناسب قوتها عكسيا مع مربع الرطوبة في التربة[٢١] وكذلك عكسيا مع مربع التساقط أيضا[٢٢].

وتوصل Chepil (شبل) إلى تحديد درجة التعرية للرياح بالاعتماد على العاملين المناخيين المؤثرين في تعرية الرياح وهما سرعة الرياح والتساقط الفعال وعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية : [٢٣]

$$C' = 386\frac{(V)^3}{(P.E)^2}$$

حيث أن :

C = هي جهد الانجراف للرياح

V = معدل سرعة الرياح ميل / ساعة

وتستخرج قيمة P.E باستخدام المعادلة الآتية [٢٤] .

$$P.E = \frac{12}{115\sum_{A=1}}\left(\frac{P}{(T-10)}\right)^{10/9}$$

حيث أن :

P.E : التساقط الفعال (دليل ثورنثويت)

P : متوسط المطر مقاسا بالبوصة

T : متوسط درجة الحرارة مقاسا بالفهرنهايت

وبعد استخدام المعادلتين يتم مقارنة النتائج التي توصل إليها الباحث مع الجدول التالي لتحديد درجة انجراف الرياح في المحطات المختارة في منطقة الدراسة :

الجدول (٢) درجة التعرية وشدتها حسب قابلية الرياح في انجراف التربة [٢٥]

شدتها	درجة التعرية
تعرية قليلة جدا	صفر ١٧
تعرية قليلة	١٨. ٣٥
تعرية متوسطة	٣٦. ٧١
تعرية عالية	٧٢. ١٥٠
تعرية عالية جدا	أكثر من ١٥٠

نتائج البحث :

أعتمد الباحث على استخدام دليل ثنورثويت على أساس المعطيات المتاحة في الملحق ١ و ٢ للمحطات المناخية في منطقة الدراسة لاستخراج القيم الفعلية للأمطار كما يوضحها الملحق(٤) وتتراوح القيمة الفعلية للأمطار ما بين ٧٤,٤٧ في محطة إب و ٢٤,٦٥ في محطة ذمار وتتناقص في الاتجاه نحو الجنوب حيث بلغت ٠,٧٣ في محطة المخاء و ٠,٦ في محطة الفيوش في محافظة (لحج) و ٠,٨ في محطة بيحان. بسبب ارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار الساقطة وقلة تأثير عامل التضاريس في تغيير سرعة الرياح . حيث بلغت كمية الأمطار الساقطة السنوية ٢١,٤ ملم في محطة المخاء و ٤٥,٤ ملم في محطة الفيوش و٣٤,٦ ملم في محطة جعار.

كما يلاحظ ارتفاع معدلات درجات الحرارة في هذه المحطات المناخية إذ تصل إلى أعلى معدل لها في محطة المخاء ٢٩,٢ م° وتأخذ بالانخفاض بالاتجاه شمالا حيث تصل إلى أدنى حد لها في محطة ذمار ١٥,٧ م° ومحطة إب ١٧,٣ م° . يلاحظ كذلك ارتفاع قيم التبخر السنوي الذي يتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة حيث يصل إلى ما بين ٢٠٠٠ – ٣٥٠٠ ملم سنويا في الأجزاء الجنوبية ، مما يقلل من القيمة الفعلية للأمطار ، ويقل بالاتجاه نحو المرتفعات الجنوبية والغربية وبالاتجاه شمالا حيث يصل إلى أقل من ١٥٠٠ ملم سنويا [٣٦] .

ثم استخدم الباحث معادلة Chepil (شبل) بالاعتماد على الملحق ٣ و٤ وتم التوصل إلى قرائن القابلية المناخية لانجراف التربة بفعل الرياح والتي تتراوح ما بين ٧,٥٣ في محطة إب إلى ٨٤٢٣١١,٥٤ في محطة المخاء كما يوضحها الجدول (٣) . ومن خلال مقارنة تلك القرائن بالجدول (٢) تم التوصل إلى درجة انجراف التربة بفعل الرياح في كل محطة مناخية وعلى أساس ما تقدم رسمت خارطة القابلية المناخية لانجراف التربة بالرياح (خارطة ٣) .

وبالاعتماد على الجدول (٣) والخارطة (٣) بالإمكان تقسيم اليمن إلى خمسة أقاليم للتعرية الريحية ، وتختلف هذه الأقاليم فيما بينها من حيث المساحة وشدة التعرية وهي :

١. أقليم التعرية العالية جدا : ويضم هذا الإقليم أجزاء واسعة من الجزء الجنوبي من اليمن وتقع ضمن هذا الإقليم المحطات المناخية الآتية : الضحي والجوف والجديحة وخبر ومأرب والزهرة والحديدة والمخاء والكود وجعار ولحج وسيئون ومكيراس ونصاب وميفعة والفيوش وبيحان والنقب وسقطرة . وتتراوح فيها قيم قابلية انجراف التربة بفعل الرياح ما بين ١٥٥,٧٩ في محطة خبر و ٨٤٢٣١١,٥٤ في محطة المخاء .

٢. إقليم التعرية العالية : ويشمل هذا الإقليم على محطة عدن فقط حيث بلغت درجة قابلية الرياح على انجراف التربة ١٤٤,٦٨ .

٣ – إقليم التعرية المتوسطة : ويضم هذا الإقليم على محطة ذمار وتعز والعصيفرة حيث بلغت قابلية الرياح على انجراف التربة٤٣,٦٠ و٤٨,٢٩و٤١,٨١ على التوالي .

٤. إقليم التعرية القليلة : ويضم هذا الإقليم محطات حجة حيث بلغت قابلية الرياح على انجراف التربة ١٨,٤٥ .

٥. إقليم التعرية القليلة جدا : ويشمل هذا الإقليم على محطات إب وصنعاء حيث تتراوح قابلية الرياح على انجراف التربة ما بين ٧,٥٣ . ٧,٥٦ على التوالي .

الجدول (٣) درجة الانجراف بفعل الرياح في المحطات المناخية

المحطة المناخية	المعامل المناخي	درجة الانجراف	المحطة المناخية	المعامل المناخي	درجة الانجراف
صعدة	١٩٠.٠٤	تعرية عالية جدا	نصاب	١٣٤٧.٨٢	تعرية عالية جدا
حجة	١٨.٤٥	تعرية قليلة	بيحان	٢٤٤.١٣	تعرية عالية جدا
ذمار	٤٣.٦٠	تعرية متوسطة	خبر	١٥٥.٧٩	تعرية عالية جدا
إب	٧.٥٣	تعرية قليلة جدا	النقب	١٩٤٢.٨٥	تعرية عالية جدا
تعز	٤٨.٢٩	تعرية متوسطة	سيئون	٧٠٨.٧٢	تعرية عالية جدا
العصيفرة	٤١.٨١	تعرية متوسطة	صنعاء	٧.٥٦	تعرية قليلة جدا
الحديدة	٣٣٠٩.١٩	تعرية عالية جدا	سقطرة	٢٠٦٤.٩٤	تعرية عالية جدا
الضحي	١٨٦.٨٧	تعرية عالية جدا			
الزهرة	٩٧٧.٩٧	تعرية عالية جدا			
المخاء	٨٤٢٣١١.٥٤	تعرية عالية جدا			
الجديحة	٣٩٣٦.٣٧	تعرية عالية جدا			
عدن	١٤٤.٦٨	تعرية عالية			
لحج	١٧٤٤.٤٠	تعرية عالية جدا			
الفيوش	٤١٥.١٦	تعرية عالية جدا			
جعار	٢٠١٧٠.٨٢	تعرية عالية جدا			
الكود	٣٤٣٦.٧٧	تعرية عالية جدا			

المحطة المناخية	المعامل المناخي	درجة الانجراف	المحطة المناخية	المعامل المناخي	درجة الانجراف
مكيراس	٤٠١.٣٤	تعرية عالية جدا			
الجوف	٢٩٣٢١.٧٣	تعرية عالية جدا			
مأرب	١١٧٩٠.٠٧	تعرية عالية جدا			
مبفعه	١٢٠١.٧٩	تعرية عالية جدا			

الاستنتاجات والتوصيات :

أتضح من خلال البحث أن معظم مناطق اليمن تعاني من مشكلة انجراف التربة بفعل الرياح وبدرجات متباينة حيث تشترك مجموعة من العوامل الطبيعية كالبنية الجيولوجية وطبيعة سطح الأرض والعوامل المناخية وطبيعة الغطاء النباتي فضلا عن العوامل البشرية التي لعبت دورا أساسيا في تفاقم مشكلة انجراف التربة وزيادة حدتها حيث أن ممارسات الإنسان اليمني وطرق استغلاله غير الصحيحة أدت إلى تدهور النظام البيئي وبالتالي ساعد على تدمير الطبقة السطحية للتربة عن طريق تفتيتها وتفككها مما جعلها أكثر عرضة للانجراف بفعل الرياح وإزالتها من مواقعها .

وعلى أساس أقاليم التعرية التي تم التوصل إليها ومن خلال استخدام الأسلوب الكمي نجد أن هذه الأقاليم تغطي مساحات متباينة من اليمن وعلى النحو الآتي :

١. إقليم التعرية العالية جدا : ويشغل هذا الإقليم مساحة قدرها ٤٢٤٨٧١ كم^2 وبنسبة قدرها ٧٩,٣ ٪ من المساحة الإجمالية لليمن .
٢. إقليم التعرية العالية : ويشغل هذا الإقليم مساحة قدرها ٦٩٨٠ كم^2 وبنسبة قدرها ١,٣ ٪ من المساحة الإجمالية لليمن .
٣. إقليم التعرية المتوسطة : ويشغل هذا الإقليم مساحة قدرها ١٧٨٠٨ كم^2 وبنسبة قدرها ٣,٣ ٪ من المساحة الإجمالية لليمن .
٤. إقليم التعرية القليلة : ويشغل هذا الإقليم مساحة قدرها ٤١٤٢١ كم^2 وبنسبة قدرها ٧,٧ ٪ من المساحة الإجمالية لليمن .
٥. إقليم التعرية القليلة جدا : ويشغل هذا الإقليم مساحة قدرها ٤٥١٦٨ كم^2 وبنسبة قدرها ٨,٤ ٪ من المساحة الإجمالية لليمن .

إن مشكلة التعرية وانجراف التربة بفعل الرياح في اليمن من أخطر التحديات البيئية التي تواجهها خاصة وإن مشكلة التصحر تبرز بشكل أعمق في سهل تهامة في الغرب والسهول الشرقية في ميفعة وبيحان وجنوب دلتا أبين ولحج بسبب زحف الكثبان الرملية وانجراف التربة بسبب السيول . فضلا عن الاستغلال الجائر للغابات والمراعي الطبيعية والعوامل الأخرى .

وعموما فإن مساحات واسعة من اليمن تعاني من الجفاف الدائم وأجزاء أخرى تعاني من الجفاف الموسمي وذلك يرجع إلى طبيعة سقوط الأمطار الموسمية (إبريل . مايو / يوليو . سبتمبر) من كل عام فضلا عن الاختلافات القليلة من سنة إلى لأخرى حيث تحدث أمطار شتوية على غير العادة . لذا تتصف أمطار اليمن بعدم الانتظام والتذبذب في كمياتها من سنة لأخرى .

ومن هنا لابد من وضع المعالجات الضرورية لمواجهة هذه الظاهرة البيئية ، وفي هذا المجال نضع بعض التوصيات والمقترحات التي نراها أساسية للحد من الآثار السلبية الناجمة عن مشكلة انجراف التربة وهي :

١. استزراع أنواع من نباتات بيئة الرمال لتكون مصدات للرياح وتعمل كذلك على تثبيت الطبقات السطحية من الرمال وتحافظ على تماسك التربة . وهناك العديد من الأشجار المحلية المتوطنة التي يمكن استخدامها في هذا المجال كالأثل وأنواع من ألا كاسيا والكافور وبالإمكان زراعة خطوط من الأشجار والشجيرات للتخفيف من فعل الرياح وأثرها على سطح التربة وخاصة في الأقاليم ذو التعرية العالية جدا .

٢. الاهتمام ببناء المصاطب المدرجة في المناطق ذات الانحدار الواضح للحفاظ على التربة من الانجراف بفعل الرياح أو المياه وبالتالي تساعد على صيانة مياه الجريان السطحي وتوزيع المياه على إتساع الحقل .

٣. الاهتمام بالمراعي الطبيعية من خلال تنظيم الرعي بما يتعلق بعدد الحيوانات في وحدة المساحة ، ومدة بقاء الحيوانات في المراعي ، وموسم الرعي ، وهذا يتطلب العمل على تحسين المراعي الطبيعية من خلال استزراع أنواع من نباتات

العلف التي تساعد بدورها في الحفاظ على التربة ومنع تفككها وبالتالي تحد من تأثيرها بالرياح كعامل من عوامل التعرية .

٤. بناء مصدات تقلل من سرعة الرياح وتعمل على تبعثر تيار الهواء ويتوقف ذلك على سرعة الرياح واتجاه المصدات وشكلها وارتفاعها ليعطي أكبر حماية للتربة . ويجب أن تكون في اتجاه متعامد مع الرياح . ويتطلب ذلك دراسة اتجاه الرياح طول العام ، كما يجب دراسة سرعة الرياح طول العام لمعرفة المسافات الملائمة بين صفوف المصدات أو الأسيجة وبفتحات تمنع من حدوث دوامات على سطح الأرض المجاور للمصد وعلى طوله .

وفي هذا المجال تراعى بعض الأمور عند عمل المصدات منها :

أ. اختيار أشجار مستديمة الخضرة وكثيرة التفريع .

ب. أن تكون سريعة النمو وتنمو لارتفاعات كبيرة .

ج . يفضل زراعة الأشجار الخشبية والتي لها القدرة على تحمل الرياح الشديدة .

د . إن الحماية التي توفرها المصدات لا تزيد عن ١٠ أمثال إرتفاعها وهنا يجب وضع مصدات في صفوف على مسافات يحددها ارتفاع المصد.

٥. التفكير بإنشاء مشاريع إروائية زراعية في منطقة سهل تهامة والأجزاء الجنوبية من خلال بناء شبكة من السدود والقنوات لتقليل تدفق المياه السطحية الجارية إلى البحر وبالتالي سوف يحقق ذلك حماية التربة من تأيثر الرياح وتنمية الإنتاج الزراعي بنمطية النباتي والحيواني وأخيرا تطوير المراعي الطبيعية في تلك المناطق .

٦. ضرورة معالجة زحف الرمال نتيجة الانجراف بالرياح حيث تسبب مشاكل متعددة حيث تزحف الرمال خاصة في الأجزاء الجنوبية من اليمن على الأراضي الزراعية وتتلف حاصلاتها وتطمي طرقها ، لذا لابد من وضع معالجات لتثبيت هذه الكثبان بوسائل مختلفة أهمها زراعة النباتات أو إتخاذ وسائل ميكانيكية أو كمياوية وإنشاء مصدات تحد من سرعة الرياح مع إنشاء

مشاتل للنباتات وإعداد الأشخاص القادرين على ممارسة كل عملية من عمليات المقاومة .

٧. إنشاء مراكز علمية متخصصة تأخذ على عاتقها إمكانية إعادة التوازن البيئي في المناطق الجافة لتحقيق إنتاجية مستقرة . وهذا يتطلب دراسة شاملة تتضمن معرفة طبيعة المصادر المائية وطبيعة المراعي إن وجدت ومناطق أو أراضي الزراعة المروية وثم نوع الغطاء النباتي وكثافته وتوزيعه٠ لذا فإن هذه المراكز تقوم بوضع برامج لمقاومة التصحر بشكل عام وانجراف التربة بشكل خاص ويستلزم تنفيذها وجود كوادر متخصصة ومدربة وتعتمد درجة نجاحها على مدى المشاركة القوية للمتخصصين وتعبئة قدرات الدولة وتهيئة كافة الوسائل والتقنيات للحد من خطورة هذه المشكلة .

٨. ضرورة رصد وتقويم المناطق الجافة التي تتعرض فيها التربة للانجراف بفعل الرياح الجوانب المناخية والهيدرولوجية والتربة والنبات فضلا عن إعداد السكان وأنشطتهم . ويعد هذا الرصد والتقويم الأساس الذي تعتمد عليه أي خطة عمل . ويتقضي ذلك وجود أخصائيون من ذوي تخصصات مختلفة على شكل فريق متكامل متعاون حيث يؤدي ذلك إلى النتائج المرجوة .

٩. وضع برامج للتعليم والتدريب والإرشاد بمستوياتها المختلفة في مجال إدارة التربة وصيانتها . ونشر المعلومات المتعلقة بإنجراف التربة وطرق مقاومته عبر وسائل الإعلام المتعددة .

١٠. إجراء البحوث والدراسات الميدانية التي توفر معلومات علمية تتعلق بطرق تحسين استخدام التربة وصيانتها ويجب أن تأخذ بنظر الاعتبار كافة الظروف الطبيعية والبشرية فضلا عن إيجاد نظاما للحوافز وتشجيع الجامعات والمؤسسات ذات العلاقة.

هوامش البحث

(١) وزارة التخطيط ، الجهاز المركزي للإحصاء ، كتاب الإحصاء السنوي، ١٩٩٤ ، ص ٢٠ .

(٢) وزارة الزراعة والموارد المائية ، الإدارة العامة للغابات ومكافحة التصحر ، الندوة الوطنية لمكافحة التصحر ، صنعاء، ١٩٩٦ ، ص ٩ .

(٣) عبد الملك أحمد الوكيل، التصحر والأمن الغذائي، مجلة البيئة، العدد ٦، فبراير ، ١٩٩٧ .

(٤) مجلة البيئة ، الندوة الوطنية لمكافحة التصحر ، العدد ٥ ، نوفمبر ، ١٩٩٦ .

(٥) مجلة البيئة ، الندوة الوطنية لمكافحة التصحر ، العدد ٦ فبراير ، ١٩٩٧ .

(٦) شاهر جمال آغا ، جغرافية اليمن الطبيعية (الشطر الشمالي) ، دمشق ، ١٩٨٣ ، ص ٢٤٣-٢٤٤ .

(٧) المصدر نفسه ، ص ٢٤٩ .

(٨) عيدروس علوي بلفقيه ، جغرافية الجمهورية اليمنية ، عدن ، ١٩٩٦ ، ص ٨٥ .

(٩) محمد متولي ، شبه جزيرة العرب(اليمن) الجزء الثالث ، ١٩٧٨ ، ص ٢٧ .

(١٠) شاهر جمال آغا ، مصدر سابق ، ص ٢٤٩ .

(١١) عيدروس علوي بلفقيه ، مصدر سابق ، ص ٨٥ .

(١٢) علي مصطفى القيسي ، الوضع الهيدرولوجي في اليمن ، ١٩٩٦ ، ص ٥ (بحث غير منشور) .

(١٣) عبد القادر عساج ، مناخ اليمن ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الأنبار - العراق - كلية التربية ، ١٩٩٦ .

(١٤) شاهر جمال آغا ، مصدر سابق ، ص ٢٤٩ .

(15) Ministry of oil and mineral, General Department of ydrology, The Water Resorces in Yemen , 1995,P.17

(16) Republic of Yemen , Civil aviation meteorological and authority (unpublished data).

(17) Ibid , OP . , CIT, Skidmore, E.L. Wind Erosion, Climatic Erosivity, Climatic Change, 1986, P.195

(18) Chepil, W.S., and etal., Climatic Factor For Estimating Wind Erodibility of Farm Fields , J. Soil and Water Conservation, 1962,PP.162-165. Ibid,OP,Cit,P.449.

(19) Chepil , W.S. , Influences of Moisture on Erodibility of soil by wind , Soil. Sci , 1956 , P. 288 .

(20) Thornthwaite , C.W. , climates of North America According to a new classification, Geographical Review , 21 , 1931 , PP . 633 – 655.

(21) hepil , W.S. , etal , OP . Cit , P . 163 .

(22) Thornthwaite , C.W., OP. Cit ., P . 163 .

(23) Chepil , W.S., et al , OP . Cit ., P . 164

(24) Ministry of oil and mineral , OP. Cit., P.35